



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONYA VE ÇEVRESİNDE DAĞILIŞ
GÖSTEREN BAZI BALIK TÜRLERİNİN
(LEUCISCIDAE, CYPRINIDAE, COBITIDAE)
SİTOGENETİK ÖZELLİKLERİ**

Ahmed Sadeq Jaber DOORİ

DOKTORA TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalını

Ekim-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmed Sadeq Jaber DOORİ tarafından hazırlanan “**Konya ve Çevresinde Dağılış Gösteren Bazı Balık Türlerinin (Leuciscidae, Cyprinidae, Cobitidae) Sitogenetik Özellikleri**” adlı tez çalışması 03/10/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK

.....

Danışman

Prof. Dr. Atilla ARSLAN

.....

Üye

Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK

.....

Üye

Prof. Dr. Musa DİKMENLİ

.....

Üye

Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ömer Faruk Yüksel
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 21211009 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Ahmed Sadeq Jaber DOORI

Tarih:

ÖZET
DOKTORA TEZİ

**KONYA VE ÇEVRESİNDE DAĞILIŞ GÖSTEREN BAZI BALIK TÜRLERİNİN
(LEUCISCIDAE, CYPRINIDAE, COBITIDAE) SİTOGENETİK ÖZELLİKLERİ**

Ahmed Sadeq Jaber DOORI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2024, 101 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Atilla ARSLAN
Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK
Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK
Prof. Dr. Musa DİKMENLİ
Prof. Dr. Gökalep Özmen GÜLER

Bu çalışmada, Türkiye iç sularında endemik *Capoeta pestai*, *Capoeta tinca*, *Pseudophoxinus anatolicus*, *Squalius cappadocicus* ve *Cobitis bilseli*'nin kromozomal özellikleri standart giemsa boyama, C-bantlama ve Ag-NOR tekniği kullanılarak araştırıldı. *C. pestai* ve *C. bilseli* örnekleri Beyşehir'deki Eylükler Deresinden, *C. tinca* örnekleri Doğançı Barajı'nın alt kısmındaki Nilüfer Çayı'ndan, *P. anatolicus* örnekleri Beyşehir Gölü'nün Çiftlikköy kıyısından ve *S. cappadocicus* örnekleri Aksaray'daki Melendiz Çayı'ndan yakalandı.

C. pestai ve *C. tinca*'nın diploid kromozom sayısı (2n) 150'dir. *C. pestai*'nin karyotipi 17 çift metasentrik, 32 çift submetasentrik ve 26 çift subtelosentrik/akrosentrik (NF=248) kromozomdan oluşmaktadır. *C. tinca*'nin karyotipi 19 çift metasentrik, 30 çift submetasentrik, ve 26 çift subtelosentrik/akrosentrik (NF=248) kromozomdan oluşmaktadır. Sentromerik ve perisentromerik C-bantlar, bazı kromozomlar hariç her iki türün kromozomlarında koyu ya da hafif olarak gözlemlendi. Hem *C. pestai* hem de *C. tinca*'daki aktif Ag-NOR sayısı altıdır. NOR'lar *C. pestai*'de homolog submetasentrik kromozom çiftlerinin kısa kollarının telomerinde tespit edilirken *C. tinca*'da homolog olmayan metasentrik ve submetasentrik kromozomların kısa kollarının telomerinde tespit edildi. *C. pestai* ve *C. tinca*, Anadolu'daki diğer hekzaploid *Capoeta* türlerindeki korunmuş karyotipik yapıyı temsil etmektedir. *P. anatolicus*'un kromozom sayısı 2n=50 ve kromozom seti 12 metasentrik, sekiz submetasentrik, iki subtelosentrik ve üç akrosentrik kromozom çiftinden oluşmaktadır. Temel otozomal kol sayısı 94'tür. Bazı kromozomlarda, hafif ve koyu sentromerik C-bantlar gözlemlendi. Aktif Ag-NOR'lar, üç submetasentrik kromozomda tespit edildi. Bu NOR'lardan ikisi homozigot birisi heterozigottur. Bazı farklılıklar dışında *P. anatolicus*'un kromozomal özellikleri, Anadolu'daki diğer *Pseudophoxinus* türlerindeki korunmuş karyotipik yapıyı temsil etmektedir. *S. cappadocicus*'un kromozom sayısı 2n=50'dir. Karyotip 14 çift metasentrik, 16 çift submetasentrik, 10 çift subtelosentrik ve 10 çift akrosentrik kromozom (NF=90) içermektedir. Hem C-bantlı hem de CB-DAPI boyalı karyotipte sentromerik ve perisentromerik heterokromatin bantlar tespit edildi. Sentromerik koyu bantlar, bazı çift kollu ve akrosentrik kromozomlarda gözlenirken perisentromerik ve sentromerik hafif bantlar bazı kromozomlarda gözlemlendi. Tespit edilen aktif Ag-NOR'ların üçüde hemizigottur. NOR'lardan ikisi submetasentrik kromozomların kısa kollarında gözlenirken birisi akrosentrik kromozomun kısa kolunda gözlemlendi. Bu NOR sayısı, *S. cappadocicus*'u Türkiye'deki diğer *Squalius* türlerinden ayıran kromozomal bir özellik olarak değerlendirilebilir. *C. bilseli*'nin kromozom sayısı (2n) 50'dir. Karyotipi 4 çift

metasentrik, 3 çift submetasentrik, 3 çift subtelosentrik ve 15 çift akrosentrik (NF=70) kromozomdan oluşmaktadır. En büyük metasentrik kromozom çiftinin kısa kolunun telomerik bölgesinde sekonder bir daralma gözlenmiştir. Aynı kromozom üzerinde Ag boyama ile aktif nükleolar organizatör bölge (NOR) tespit edilmiştir. Bir kromozom çifti hariç bütün kromozomlarda sentromerik Konstitütif heterokromatin bantlar (C-bantlar) tespit edildi. CB-DAPI boyama sentromerik bölgelerde pozitif. *C. bilseli*'nin sitogenetik özellikleri Türkiye'deki *Cobitis* türlerinden farklıdır.

Sonuç olarak, bu çalışmada geleneksel sitogenetik yöntemler kullanıldı. Türlerin ayrıntılı sitogenetik analizi için moleküler tekniklerden olan Floresan *In Situ* Hibridizasyon (FISH) tekniği kullanılabilir. Ayrıca bu çalışmada tespit edilemeyen heteromorfik cinsiyet kromozomlarının tespitinde Karşılaştırmalı Genomik *in situ* Hibridizasyon (CGH) tekniğinden yararlanılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Capoeta*, *Cobitis*, Karyotip, Kromozom bantlama, *Pseudophoxinus*, *Squalius*

ABSTRACT
Ph.D THESIS

**CYTOGENETIC PROPERTIES OF SOME FISH SPECIES (LEUCISCIDAE,
CYPRINIDAE, COBITIDAE) DISTRIBUTED IN KONYA AND IT'S VICINITY**

Ahmed Sadeq Jaber DOORİ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN BIOLOGY**

Advisor: Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2024, 101 Pages

Jury

Prof. Dr. Atilla ARSLAN
Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK
Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK
Prof. Dr. Musa DİKMENLİ
Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

In this study, chromosomal characteristics of endemic *Capoeta pestai*, *Capoeta tinca*, *Pseudophoxinus anatolicus*, *Squalius cappadocicus* and *Cobitis bilseli* from Turkish inland waters were investigated using standard Giemsa staining, C-banding and Ag-NOR technique. *C. pestai* and *C. bilseli* samples were obtained from Eylikler Stream in Beyşehir, *C. tinca* samples from Nilüfer Stream below Doğancı Dam, *P. anatolicus* samples from Çiftlikköy shore of Beyşehir Lake and *S. cappadocicus* samples from Melendiz Stream in Aksaray.

The diploid chromosome number (2n) of *C. pestai* and *C. tinca* is 150. The karyotype of *C. pestai* consists of 17 pairs of metacentric, 32 pairs of submetacentric, and 26 pairs of subtelocentric/acrocentric (NF=248) chromosomes. The karyotype of *C. tinca* consists of 19 pairs of metacentric, 30 pairs of submetacentric, and 26 pairs of subtelocentric/acrocentric (NF=248) chromosomes. Centromeric and pericentromeric C-bands were observed as dark or slightly dark on the chromosomes of both species except for some chromosomes. The number of active Ag-NORs in both *C. pestai* and *C. tinca* are six. NORs were detected in the telomeres of the short arms of homologous submetacentric chromosome pairs in *C. pestai*, while they were detected in the telomeres of the short arms of nonhomologous metacentric and submetacentric chromosomes in *C. tinca*. *C. pestai* and *C. tinca* represent the conserved karyotypic structure in other hexaploid *Capoeta* species from Anatolia. The chromosome number of *P. anatolicus* is 2n=50 and the chromosome set consists of 12 metacentric, 8 submetacentric, two subtelocentric and three acrocentric chromosome pairs. The basic autosomal arm number is 94. Dark and slightly dark centromeric C-bands were observed on some chromosomes. Active Ag-NORs were detected on 3 submetacentric chromosomes. Two of these NORs were homozygous and one was heterozygous. Except for some differences, the chromosomal features of *P. anatolicus* represent the conserved karyotypic structure in other *Pseudophoxinus* species in Anatolia. The chromosome number of *S. cappadocicus* is 2n=50. The karyotype contains 14 pairs of metacentric, 16 pairs of submetacentric, 10 pairs of subtelocentric and 10 pairs of acrocentric chromosomes (NF=90). Centromeric and pericentromeric heterochromatin bands were detected in both C-banded and CB-DAPI stained karyotypes. Centromeric dark bands were observed in some double-armed and acrocentric chromosomes, while pericentromeric and centromeric light bands were observed in some chromosomes. All three of the active Ag-NORs detected were hemizygous. Two of the NORs were observed in the short arms of the submetacentric chromosomes, while one was observed in the short arm of the acrocentric chromosome. This NOR number can be considered as a chromosomal feature distinguishing *S.*

cappadocicus from other *Squalius* species in Türkiye. The chromosome number ($2n$) of *C. bilseli* is 50. Its karyotype consists of four pairs of metacentric, three pairs of submetacentric, three pairs of subtelocentric and 15 pairs of acrocentric ($NF=70$) chromosomes. A secondary constriction was observed in the telomeric region of the short arm of the largest metacentric chromosome pair. An active nucleolar organizer region (NOR) was detected on the same chromosome by Ag staining. Centromeric Constitutive heterochromatin bands (C-bands) were detected on all chromosomes except one chromosome pair. CB-DAPI staining was positive in centromeric regions. The cytogenetic features of *C. bilseli* are different from *Cobitis* species in Türkiye.

As a result, traditional cytogenetic methods were used in this study. For detailed cytogenetic analysis of species, the molecular technique Fluorescence *In Situ* Hybridization (FISH) can be used. In addition, Comparative Genomic *in situ* Hybridization (CGH) technique can be used to detect heteromorphic sex chromosomes that could not be detected in this study.

Keywords: *Capoeta*, Chromosome banding, *Cobitis*, Karyotype, *Pseudophoxinus*, *Squalius*



ÖNSÖZ

Öncelikle bana başarıyı nasip eden Allah'a şükrediyorum. Hayattaki rol modelim sevgili babama, Akademik yolculuğumda en büyük destekçim bilgi ve tecrübesinden faydalandığım her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışmanım Prof. Dr. Atilla ARSLAN hocama, yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Emine ARSLAN'a teşekkür ederim.

Dostum ve yoldaşım Zafer ALPASLAN'a, değerli arkadaşlarım Büşra ÖZÇAY, Güldane GÖZEN TAVŞAN ve Mehmed İZZO 'ya en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak tüm hayatım boyunca benim yanımda olan, aldığım kararları her zaman destekleyen, sadece bu çalışma sürecinde değil tüm hayatım boyunca beni cesaretlendiren ve bana moral veren değerli aileme şükranlarımı sunar ve teşekkür ederim.

Ahmed Sadeq Jaber DOORİ
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER.....	xi
ÇİZELGELER	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. DNA Yapısı ve Organizasyonu	5
2.2. Kromozom Morfolojisi	10
2.3. Karyotip	12
2.4. Hücre Bölünmesi	13
2.5. Kromozom Boyama ve Bantlama Yöntemleri.....	15
2.5.1. Giemsa boyama.....	16
2.5.2. Konstitütif heterokromatin bantlama (C-bantlama).....	17
2.5.3. Gümüş nitrat (Ag-NOR) boyama	17
2.5.4. DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole) floresan boyama.....	18
2.6. Araştırma Konusu Familya, Cins ve Tür Bilgileri.....	18
2.6.1. Cyprinidae Rafinesque 1815.....	19
2.6.1.1. <i>Capoeta</i> Valenciennes 1842.....	19
2.6.1.1.1. <i>Capoeta pestai</i> (Pietschmann, 1933)	21
2.6.1.1.2. <i>Capoeta tinca</i> (Heckel, 1843)	22
2.7.1. Leuciscidae Bonaparte 1835	22
2.7.1.1. <i>Pseudophoxinus</i> Bleeker, 1860	23
2.7.1.1.1. <i>Pseudophoxinus anaticus</i> (Hankó, 1925)	25
2.7.1.1.2. <i>Squalius</i> Bonaparte, 1837	25
2.7.1.1.2.1. <i>Squalius cappadocicus</i> Özulug & Freyhof, 2011	27
2.8.1. Cobitidae Swainson 1838	27
2.8.1.1. <i>Cobitis</i> Linnaeus, 1758	27
2.8.1.1.1. <i>Cobitis bilseli</i> Battalgil, 1942.....	29
2.9. Araştırma Konusu Cinslere Ait Mevcut Karyolojik Çalışmalar.....	30
2.9.1. <i>Capoeta</i>	30
2.9.2. <i>Pseudophoxinus</i>	31
2.9.3. <i>Squalius</i>	33
2.9.4. <i>Cobitis</i>	36
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	39

3.1. Materyal	39
3.2. Metot	46
3.2.1. Karyolojik preparasyon.....	47
3.2.2. Konstitütif heterokromatin bantlama	47
3.2.3. Gümüş nitrat boyama.....	48
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	49
4.1. <i>Capoeta pestai</i>	49
4.1.1. Karyotip	49
4.1.2. C-bantlama.....	50
4.1.3. Ag-NOR boyama	51
4.2. <i>Capoeta tinca</i>	52
4.2.1. Karyotip	52
4.2.2. C-bantlama.....	53
4.2.3. Ag-NOR boyama	54
4.3. <i>Pseudophoxinus anaticus</i>	59
4.3.1. Karyotip	59
4.3.2. C-bantlama.....	60
4.3.3. Ag-NOR boyama	61
4.4. <i>Squalius cappadocicus</i>	64
4.4.1. Karyotip	64
4.4.2. C-bantlama.....	65
4.4.3. Ag-NOR boyama	67
4.5. <i>Cobitis bilseli</i>	72
4.5.1. Karyotip	72
4.5.2. C-bantlama.....	73
4.5.3. Ag-NOR boyama	75
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	80
5.1 Sonuçlar	80
5.2 Öneriler	81
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ	100

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. DNA'daki azotlu bazların kimyasal yapıları ve DNA'nın üç ana bileşimi	6
Şekil 2.2. DNA'nın çift sarmal (A) ve sarmalın antiparalel yapısı (B) ile çift sarmalın boşluklu diyagramı (C)	7
Şekil 2.3. Kromatin kondensasyonu	8
Şekil 2.4. Nükleozom yapısı.....	9
Şekil 2.5. Kromozom yapısı ve morfolojisi.....	11
Şekil 2.6. Kromozomların sentromer pozisyonlarına göre sınıflandırılması.....	12
Şekil 2.7. Mitoz bölünmenin aşamaları	15
Şekil 3.1. Hedef türlerin elde edildiği genel lokasyon haritası.....	40
Şekil 3.2. <i>Capoeta pestai</i> , <i>Cobitis bilseli</i> ve <i>Pseudophoxinus anatolicus</i> örneklerinin toplandığı lokaliteler	40
Şekil 3.3. Akvaryum içerisindeki <i>Capoeta pestai</i> bireyi.....	41
Şekil 3.4. <i>Cobitis bilseli</i> 'nin genel görünümü	41
Şekil 3.5. <i>Capoeta pestai</i> örneklerinin yakalandığı Sarıöz Çayı üzerindeki Koca Köprü (Eylükler).....	42
Şekil 3.6. <i>Cobitis bilseli</i> bireylerinin yakalandığı yumuşak zeminli habitat.....	42
Şekil 3.7. Akvaryum içerisindeki <i>Pseudophoxinus anatolicus</i> bireyi	43
Şekil 3.8. <i>Pseudophoxinus anatolicus</i> örnekleme (Çiftlikköy)	43
Şekil 3.9. <i>Capoeta tinca</i> örneklemesinin yapıldığı çalışma alanı.....	44
Şekil 3.10. Akvaryum içerisindeki <i>Capoeta tinca</i> bireyi	44
Şekil 3.11. <i>Capoeta tinca</i> örneklerinin yakalandığı Nilüfer Çayı	45
Şekil 3.12. <i>Squalius cappadocicus</i> örneklemesinin yapıldığı çalışma alanı	45
Şekil 3.13. Akvaryum içerisindeki <i>Squalius cappadocicus</i> bireyleri	46
Şekil 3.14. <i>Squalius cappadocicus</i> örneklerinin yakalandığı Melendiz Çayı	46
Şekil 4.1. <i>Capoeta pestai</i> 'nin standart karyotipi	49
Şekil 4.2. <i>Capoeta pestai</i> 'nin C-bantlı (CBG) karyotipi.....	50
Şekil 4.3. <i>Capoeta pestai</i> 'nin gümüş boyalı karyotipi	51
Şekil 4.4. <i>Capoeta tinca</i> 'nin standart karyotipi.....	52
Şekil 4.5. <i>Capoeta tinca</i> 'nin C-bantlı (CBG) karyotipi	53
Şekil 4.6. <i>Capoeta tinca</i> 'nin gümüş boyalı karyotipi	54
Şekil 4.7. <i>Pseudophoxinus anatolicus</i> 'un standart karyotipi	59
Şekil 4.8. <i>Pseudophoxinus anatolicus</i> 'un C-bantlı (CBG) karyotipi	60
Şekil 4.9. <i>Pseudophoxinus anatolicus</i> 'un gümüş boyalı karyotipi	61
Şekil 4.10. <i>Squalius cappadocicus</i> 'un standart karyotipi	64
Şekil 4.11. <i>Squalius cappadocicus</i> 'un C-bantlı (CBG) karyotipi	65
Şekil 4.12. <i>Squalius cappadocicus</i> 'un C-bantlı (CB-DAPI) karyotipi	66
Şekil 4.13. <i>Squalius cappadocicus</i> 'un gümüş boyalı karyotipi	67
Şekil 4.14. <i>Cobitis bilseli</i> 'nin standart Giemsa boyama karyotipi.....	72
Şekil 4.15. <i>Cobitis bilseli</i> 'nin C-bantlı (CBG) karyotipi	73
Şekil 4.16. <i>Cobitis bilseli</i> 'nin C-bantlı (CB-DAPI) karyotipi.....	74
Şekil 4.17. <i>Cobitis bilseli</i> 'nin gümüş lekeli karyotipi.....	75

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Türkiye tatlı sularındaki <i>Capoeta</i> türleri	20
Çizelge 2.2. Türkiye tatlı sularındaki <i>Pseudophoxinus</i> türleri	24
Çizelge 2.3. Türkiye tatlı sularındaki <i>Squalius</i> türleri	26
Çizelge 2.4. Türkiye tatlı sularındaki <i>Cobitis</i> türleri	28
Çizelge 3.1. Örnekleme yapılan hedef türlerin sayısal ve lokasyon verileri	39
Çizelge 4.1. <i>Capoeta</i> türlerinin kromozomal kayıtları	56
Çizelge 4.2. <i>Pseudophoxinus</i> türlerinin kromozom kayıtları	62
Çizelge 4.3. <i>Squalius</i> türlerinin kromozomal kayıtları	68
Çizelge 4.4. <i>Cobitis</i> türlerinin kromozomal kayıtları	77



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

AgNO ₃ :	Gümüş nitrat
Ag-NOR:	Gümüş NOR boyama
Ba(OH) ₂ :	Baryum hidroksit
HCl:	Hidroklorik asit
H ₂ O:	Su
HPO ₄ :	Hidrojen fosfat
KCl:	Potasyum klorür
2XSSC:	Sodyum sitrat
KH ₂ HPO ₄ :	Potasyum dihidrojen fosfat
Na ₂ HPO ₄ :	Disodyum fosfat
NF:	Kromozom kol sayısı
NH ₃ :	Amonyak
a:	Akrosentrik
m:	Metasentrik
sm:	Submetasentrik
st:	Subtelosentrik
pH:	Çözeltinin asitlik-bazlık derecesi (Hidrojen gücü)
t:	Telosentrik
°C:	Santigrat derece
n:	Haploid kromozom sayısı
2n:	Diploid kromozom sayısı
%:	Yüzde
N:	Mol sayısı
Å:	Angström

Kısaltmalar

A:	Adenin bazı
T:	Timin bazı
bp:	Baz çifti
DNA:	Deoksiribonükleik asit
RNA:	Ribonükleik asit
CMA ₃ :	Chromomycin A3
DAPI:	4',6-diamidino-2-phenylindole
NF:	Temel kromozom kol sayısı
NFa:	Otozomal kromozom kol sayısı
g:	Gram
m:	Metre
km:	Kilometre
ml:	Mililitre
µm:	Mikrometre
µl:	Mikrolitre
mtDNA:	Mitokondriyal DNA
nm:	Nanometre
rpm:	Dakikadaki devir sayısı

rRNA:	Ribozomal RNA
rDNA:	Ribozomal DNA
CBG:	C-bantlama giemsa
CB-DAPI:	C-bantlama DAPI
FISH:	Floresan In Situ Hibridizasyon
CGH:	Karşılaştırmalı genomik hibridizasyon



1. GİRİŞ

Hücre yapılarını çoğaltmaya yönelik bilgi, genetik yapıda yani kromozomlar içerisinde saklanır. Nihayetinde hücre, kromozomlar sayesinde, kendi yaşamı için ihtiyaç duyduğu üretimi ve gerektiğinde genetik hasarı onarma konusundaki ihtiyaçlarını sağlar (Barch ve Lawce, 2017).

Gregor Mendel, modern genetiğin de temeli olarak kabul edilen ve “Mendel Kanunları” olarak bilinen yasalarında, kromozomlar içerisinde saklanan kalıtsal materyalin nesilden nesile aktarıldığını açıklayan ilk bilim insanıdır (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Kromozomlar, mitoz ve mayoz bölünmenin metafaz safhasında belirgin ve net olarak ayır edilir. Mayoza göre mitotik kromozomların eldesi çok daha kolay ve pratiktir. Çünkü mitotik kromozomlar, nükleer genomu mikroskobik yollarla gözlemlemek için benzersiz bir fırsat sunar ve kromozomların tek tek incelenmesine imkân sağladığı gibi kromozomların şekil, büyüklük ve sayı bakımından sıralanmasına yani karyotip yapılarak incelenmesine olanak sağlar.

Sitogenetik ya da hücre genetiği, iki ayrı bilim dalı olan sitoloji ve genetiğin birleşmesi ile ortaya çıkmıştır. Sitogenetiğin ilgi alanı, sitolojik ve genetik yöntemleri kullanarak hücre kalıtımının incelenmesidir. Bilim, kromozomların sayısal ve yapısal değişiklikleri ve bu değişikliklere etki eden faktörlerin (hem kalıtsal hem de kalıtsal olmayan) yanı sıra genlerin iletimi, rekombinasyonu ve ekspresyonu ile ilgili sayısız varyasyonları ile ilgilenir (Schulz-Schaeffer, 1980). Sitogenetiğin bir alt dalı olan sitotaksonomi de ise sistematik ve evrimsel amaçlar için karyolojik özellikler karşılaştırmalı olarak incelenir (Peruzzi ve Eroğlu, 2013). Sitotaksonomi veya karyosistemik olarak adlandırılan taksonomide karyolojik verilerin kullanılması, türler veya popülasyonlar arasındaki genetik ilişkinin değerlendirilmesine imkân tanır ve hem türlerin hem de popülasyonların nasıl ayrıştığının anlaşılmasına katkı sağlar (Guerra, 2008).

Balıklar, faringeal keseler veya kemerler üzerinde taşınan kalıcı solungaçları, kıkırdaklı veya kemikli ışınlarla desteklenen ve genellikle çift yüzgeçleri olan ancak parmak taşıyan uzuvları olmayan suda yaşayan kraniat hayvanları ifade eder (Gill ve Mooi, 2002). Basit ve genel bir ifade ile balıklar, sucul habitatlarda yaşayan, solungaç solunumu yapan ve yüzgeçleri ile hareket eden omurgalı hayvanlardır (Nelson ve ark., 2016).

Türkiye, coğrafi özellikleri (Asya ve Avrupa kıtaları arasında köprü konumundadır ve hem bitkiler hem de hayvanlar için eşsiz bir geçiş koridoru teşkil eder) ve iklimsel koşulları (Akdeniz, Kafkasya ve İran-Anatolian iklimi etkisi altında ve üç biyoçeşitlilik sıcak noktası içerisinde) sebebiyle zengin bir biyolojik çeşitliliğe ev sahipliği yapmaktadır (Giannetto ve Innal, 2021; Akbulut ve ark., 2022). Türkiye, zengin bir ihtiyofauna çeşitliliğine sahiptir ve 215'i endemik olmak üzere 427 türe ev sahipliği yapmaktadır (Çiçek ve ark., 2023). Cypriformes takımı, Türkiye ihtiyofaunasının yaklaşık %70'lik kısmını oluşturmakta ve en fazla türe sahip familyalar sırasıyla Leuciscidae, Cyprinidae, Nemacheliidae, Cobitidae, Aphaniidae, Gobiidae ve Salmonidae'dir (Çiçek ve ark., 2023).

Capoeta (Cyprinidae) türlerinin dağılımı, geniş bir coğrafi alanı kapsayan Anadolu dahil olmak üzere Doğu Avrupa'dan Batı Asya'ya kadar uzanmaktadır (Bănărescu ve Coad, 1991). *Capoeta* türleri genellikle hızlı akan dere ve akarsularda yayılış gösterir ve bazı türlere göllerde de rastlanılmaktadır. Dünya'da, 22 *Capoeta* türü tanımlanmış fakat bazı türlerin sinonim olması ve bazı yerel popülasyonların alt tür olarak tanımlanmasından dolayı taksonomik tutarsızlıklar vardır (Bektas ve ark., 2017). Türkiye'de dağılış gösteren 7'si endemik 13 *Capoeta* türü; *C. aydinensis*, *C. antalyensis*, *C. banarescui*, *C. bergamae*, *C. caelestis*, *C. capoeta*, *C. damascina*, *C. oguzeli*, *C. pestai*, *C. sieboldii*, *C. tinca*, *C. trutta*, *C. umbla*'dır (Çiçek ve ark., 2023).

Pseudophoxinus cinsinin üyeleri, genellikle Orta Anadolu ve Levant'ta (Lübnan, Suriye, Balkan Yarımadası, İsrail, Ürdün, İran ve Azerbaycan) izole edilmiş kaynak havuzları ve akarsuları ile sınırlı olan 30 tür ile temsil edilir (Küçük ve ark., 2016). *Pseudophoxinus* (Leuciscidae), son yıllarda tanımlanan yeni türlerle birlikte iç sularımızda 24 türle temsil edilmektedir (Çiçek ve ark., 2023). İç sularımızda dağılış gösteren *Pseudophoxinus* türleri; *P. alii*, *P. anatolicus*, *P. antalyae*, *P. battalgilae*, *P. burduricus*, *P. caralis*, *P. cilicicus*, *P. crassus*, *P. elizavetae*, *P. evliyaevae*, *P. fahrettini*, *P. firati*, *P. handlirschi*, *P. hittitorum*, *P. iconii*, *P. kervillei*, *P. libani*, *P. maeandri*, *P. maeandricus*, *P. mehmeti*, *P. ninae*, *P. Turani*, *P. zekayi* ve *P. zeregi*'dir (Çiçek ve ark., 2023). Türlerin Anadolu iç sularındaki dağılımı ise ülkenin güneybatı bölümünde yoğunlaşmıştır. Söz konusu türlerin hemen hemen tamamı sadece Anadolu iç sularında endemiktir (Çiçek ve ark., 2018; Çiçek ve ark., 2020; Çiçek ve ark., 2023).

Tatlı su kefallerinin de dahil edildiği *Squalius* (Leuciscidae) türleri, Avrupa ve Batı Asya'da 45 tür ile temsil edilir (Durand ve ark., 2000; Özuluğ ve Freyhof, 2011; Sülün, 2014). *Squalius* cinsi, morfolojik ve moleküler bilgileri netlik kazanıncaya kadar

sistematikte *Leuciscus* cinsi içerisinde kabul edilmiştir (Perea ve ark., 2010). Orta ve Batı Anadolu, Akdeniz, Marmara, Güneydoğu ve Doğu Anadolu gibi ülkemizin akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında *Squalius* türleri dağılım göstermektedir (Becer ve Sarı, 2017). Türkiye'deki, 14'i endemik olan 23 *Squalius* türü; *S. adanensis*, *S. aglamicus*, *S. anatolicus*, *S. aristoteles*, *S. berak*, *S. cappadocicus*, *S. carinus*, *S. cephalus*, *S. cii*, *S. fellowesii*, *S. irideus*, *S. kosswigi*, *S. kottelati*, *S. lepidus*, *S. orientalis*, *S. orpheus*, *S. pursakensis*, *S. recurvirostris*, *S. semae*, *S. seyhanensis*, *S. spurius*, *S. turcicus* ve *S. verepi*'dir (Çiçek ve ark., 2023).

Cobitidae familyası üyeleri Asya, Avrupa ve Afrika'ya kadar geniş bir dağılım gösterir (Seçer, 2018). Türkiye iç sularında 27 tür ile temsil edilen *Cobitis* üyeleri; *C. affifae*, *C. aliyeae*, *C. anabelae*, *C. battalgilae*, *C. bilseli*, *C. dorademiri*, *C. elazigensis*, *C. emrei*, *C. erkakanae*, *C. evreni*, *C. fahirae*, *C. indus*, *C. joergbohleri*, *C. kellei*, *C. phrygica*, *C. pirii*, *C. pontica*, *C. puncticulata*, *C. saniae*, *C. satunini*, *C. simplicispina*, *C. sipahilerae*, *C. splendens*, *C. strumicae*, *C. taenia*, *C. troasensis* ve *C. turcica*'dır (Çiçek ve ark., 2023).

Metrik (vücut, çene ve kafa uzunluğu, vücut derinliği, göz çapı) ve meristik karakterler (yüzgeç ışını, pul, dişler, solungaç tırmığı ve yanal çizgi sayıları), tür tanımlamaların da kullanılan yaygın ölçütlerdir. Fakat günümüzde bu yöntemin tek başına yetersiz kaldığı ve balıkların tanımlanması ve sınıflandırılmasında moleküler parametreler başta olmak üzere karyolojik, biyokimyasal ve fizyolojik özelliklerden de faydalanılmaktadır (Solak ve ark., 2009). Kromozomal çalışmalar sayesinde tür içi ve/veya türler arası varyasyonlar, kromozomal düzeyde tespit edilebilmektedir.

Türkiye'deki balık sitogenetiği çalışmaları, Avrupa ülkeleri başta olmak üzere dünyanın çeşitli ülkelerinde yürütülen çalışmalarla kıyaslandığında son derece kısıtlıdır. Türkiye iç sularındaki 89 türün karyolojisi çalışılırken, sadece 14 denizel türün karyolojisi çalışılmıştır (Saygun, 2021).

Türkiye iç sularında dağılım gösteren *Capoeta* türlerinden: *C. aydinensis*, *C. bergamae*, *C. erhani*, *C. capoeta*, *C. pestai*, *C. umbla*, *C. trutta*, *C. damascina*, *C. antalyensis* ve *C. baliki*'nin karyolojisi çalışılmıştır (Safar ve ark., 2000; Kılıç Demirok ve Ünlü, 2001; Gorshkova ve ark., 2002; Dorafshan ve Roozdar, 2016; Ayata ve ark., 2017; Unal-Karakus ve ark., 2023).

Türkiye'ye endemik olan ve yağ balığı olarak isimlendirilen karyolojisi çalışılan *Pseudophoxinus* türleri: *P. antalyae*, *P. firati*, *P. elizavetae*, *P. crassus*, *P. hittitorum*, *P. zekayi*, *P. battalgilae*, *P. burduricus*, *P. egridiri*, *P. evliya*, *P. fahrettini* ve *P.*

maeandri'dir (Ergene ve ark., 2010; Karasu ve ark., 2011; Gaffaroğlu ve ark., 2014; Ünal ve ark., 2014; Ayata ve ark., 2016; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016).

Dünyada, *Squalius* türleri üzerine yapılan karyolojik çalışmaların sayısı oldukça azdır. *S. cephalus*'un sitogenetik özellikleri hem Avrupa'da hem de Türkiye'de farklı araştırmacılar tarafından araştırılmıştır (Wolf ve ark., 1969; Cataudella ve ark., 1977; Sofradzija, 1977; Bianco ve ark., 2004; Boroń ve ark., 2009; Pekol ve Arslan, 2014; Kılıç ve Şişman, 2016). Avrupa'daki dört *Squalius* türünün (*S. lucumonis*, *S. squalus*, *S. aradensis* ve *S. torgalensis*) karyolojik özellikleri rapor edilmiştir (Rossi ve ark., 2012; Nabais ve ark., 2013). Türkiye'deki altı endemik türün: *S. orientalis*, *S. seyhanensis*, *S. carinus*, *S. fellowesii*, *S. anatolicus* ve *S. recurvirostris*'in kromozom yapıları farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Kılıç Demirok, 2000; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016; Karasu-Ayata, 2020; Ünal Karakuş, 2021; Doori ve Arslan, 2022).

Taş yiyen ya da taş emen olarak bilinen 19 *Cobitis* türünün kromozomal verileri mevcuttur. Bu türler; *C. elazigensis*, *C. phrygica*, *C. simplicispina*, *C. elangatooides*, *C. taenia*, *C. lutheri*, *C. choii*, *C. melanoleuca*, *C. longicarpus*, *C. koreensis*, *C. sinensis*, *C. tetralineata*, *C. rotundicaudata*, *C. striata*, *C. biwae*, *C. takatsuensis*, *C. delicata*, *C. tanaitica* ve *C. taurica*'dır (Ojima ve Hitotsumachi, 1969; Ueno, 1980; Kimizuka ve ark., 1982; Ueno ve ark., 1985; Kim ve Lee, 1986; Lee ve ark., 1986; Boroń, 1999; Kim, 1999; Ráb ve ark., 2000; Boroń, 2003; Boroń ve ark., 2003; Janko ve ark., 2007; Vasil'ev ve Vasil'eva, 2008; Değer, 2011; Ayata ve ark., 2018).

Şu ana kadar Türkiye iç sularında endemik olan *Capoeta pestai*, *Capoeta tinca* (Cyprinidae), *Pseudophoxinus anatolicus* (Leuciscidae), *Squalius cappadocicus* (Leuciscidae) ve *Cobitis bilseli* (Cobitidae) üzerinde herhangi bir karyolojik çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, standart karyolojik metodun yanı sıra C-bantlama tekniği ve Ag-NOR boyama metodu kullanılarak üç familyaya ait beş endemik türün kromozomal özelliklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

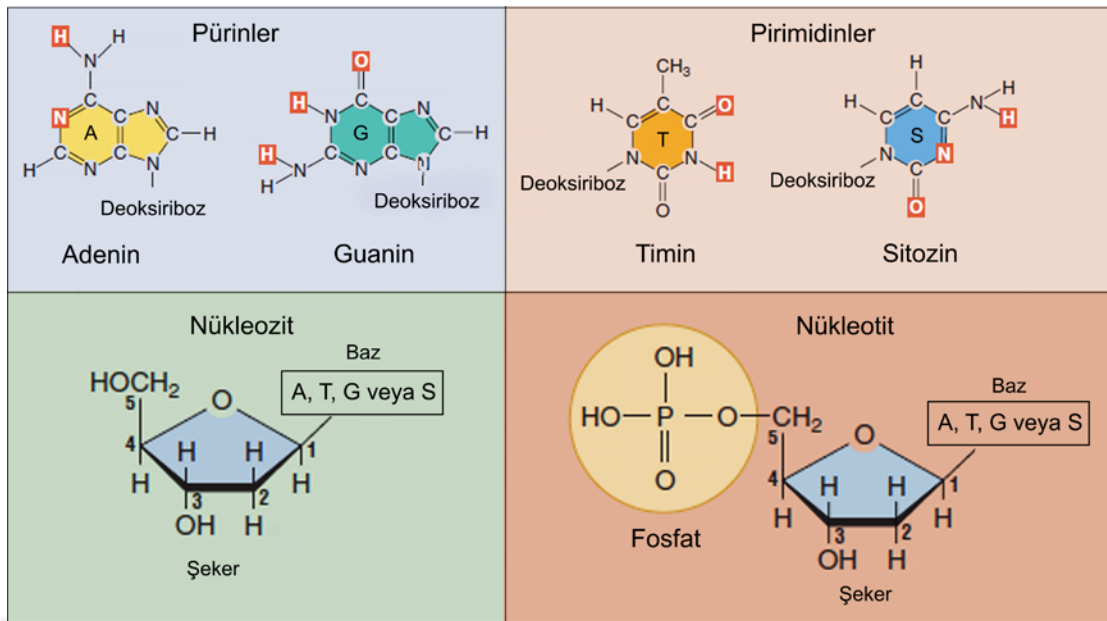
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. DNA Yapısı ve Organizasyonu

Hücre çekirdeği içerisinde DNA olarak adlandırılan ve bugün polimer yapıda olduğu bilinen madde, 1869 yılında İsviçreli biyokimyacı Friedrich Miescher tarafından keşfedildi. Lökositlerin kimyasal içeriğini belirlemek amacıyla hastanedeki taze cerrahi bandajlardaki irinleri kaynak olarak kullanan Miescher, hücre içeriğindeki bileşenlerden ziyade asit ile muamele edildiğinde hücre içerisinde oluşan çökeltiye odaklandı (Minchin ve Lodge, 2019). Miescher, gözlemlemiş olduğu çökeltiye bugün DNA olarak bilinen “nüklein” ismini vermiştir. Miescher, bu maddenin hücre çekirdeğine kıyasla çok yüksek fosfor (P) içerdiğini ve protein sindirimine oldukça dirençli farklı bir maddeyi keşettiğini fark etmiştir (Dahm, 2008).

Yirminci yüzyılın ortalarında (1930-1960’lı yıllar arasında) çeşit araştırmacılar, DNA araştırmalarına odaklanmıştır (Dahm, 2008). Avery ve ark. (1944) genetik bilginin proteinler ile değil DNA ile taşındığını ileri sürmüşlerdir. Chargaff (1951) belirli bir türden DNA moleküllerinin her zaman aynı miktarda Sitozin (S) ve Guanin (G); aynı miktarda Adenin (A) ve Timin (T) içerdiğini tespit etmiştir. Hershey ve Chase (1952) DNA’yı genetik materyal olarak kabul ettiler. 1953 yılına gelindiğinde DNA’nın çift sarmal yapıda olduğunu iddia eden Rosalind Franklin ve Maurice Wilkins, DNA’nın üç boyutlu yapısını X-ışını analizleri ile ortaya çıkardı (Minchin ve Lodge, 2019). Watson ve Crick (1953) Chargaff’ın kimyasal verilerinden ve x-ışını deneylerinden yola çıkarak günümüzde sağ el çift sarmalı olarak adlandırılan DNA molekülünün çift sarmal yapı modelini oluşturmuşlardır (Travers ve Muskhelishvili, 2015).

Deoksiribonükleik Asit (DNA); beş karbonlu bir şeker (deoksiriboz), fosforik asit ve azotlu bazlardan oluşan polimerdir. DNA’da Adenin (A), Timin (T), Guanin (G) ve Sitozin (S) olmak üzere dört farklı azotlu baz bulunur. Bu bazlardan A ve G pürin bazlarıdır ve çift halkalı yapıdadır T ve S ise tek halkalı pirimidin bazlarıdır (Şekil 2.1). İki polinükleotid zincirden oluşan çift sarmal DNA molekülünde, A ile T ve G ile S eşleşir. Beş karbonlu deoksiriboz ve azotlu bazlar nükleoziti, nükleozite fosforik asitin bağlanması ile de nükleotit oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. DNA'daki azotlu bazların kimyasal yapıları ve DNA'nın üç ana bileşimi (Hartl (2018)'e göre düzenlendi)

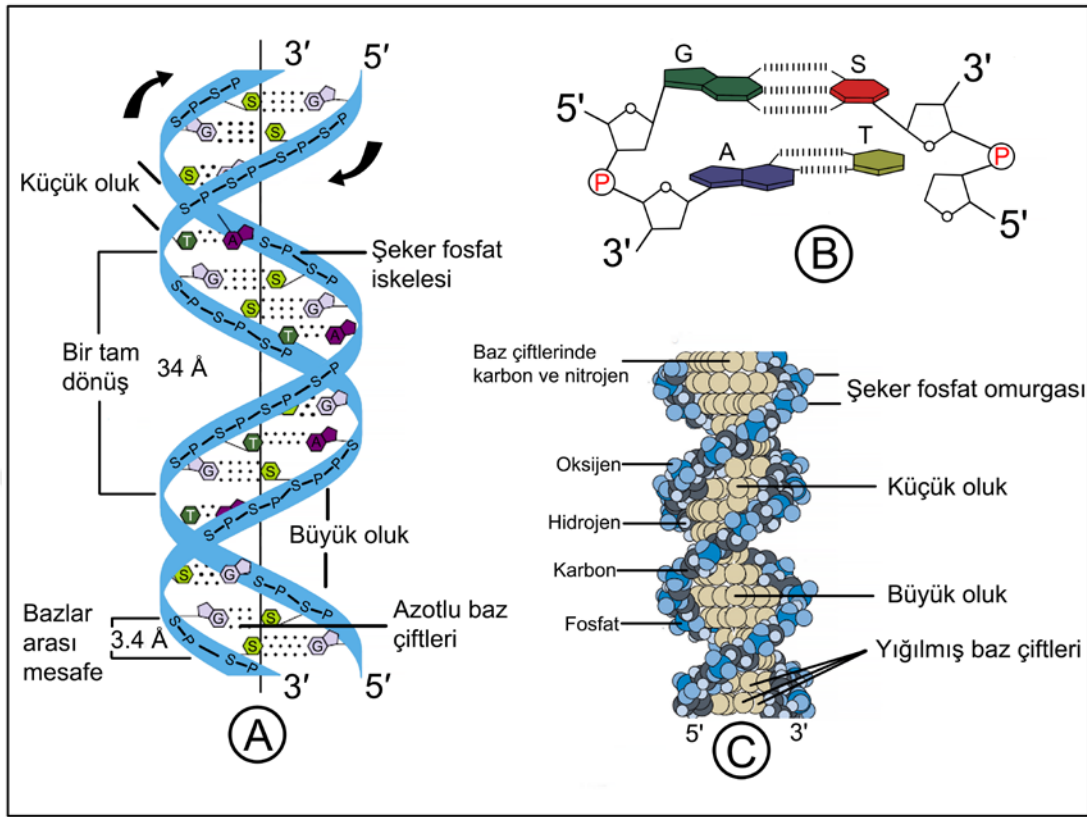
Watson ve Crick tarafından 1953 yılında ortaya konan DNA çift sarmal modelinin genel özellikleri şu şekildedir (Watson ve Crick, 1953; Snustad ve Simmons, 2011; Hartl, 2018; Minchin ve Lodge, 2019):

1-İki polinükleotit zincir, birbirine zıt yönlere uzanır. Eşleştirilmiş zincirler antiparaleldir ve iki zincirin 5'-3' yönü birbirine ters uzanır. Zıt zincirlerdeki bazlar arasındaki hidrojen bağları, eşleştirilmiş bazlar sarmal eksenine dik düzlemlerde yer alacak şekilde sarmalın hizalamasını belirler. DNA'nın X-ışını kırınım modeli, DNA'nın sarmal yapıda olduğunu ve baz eşleşme sonucunda bu yapının korunduğunu ortaya çıkardı. Baz eşleşmesinde daima A ile T, G ile S eşleşmektedir. A ile T arasında ikili, G ile S arasında üçlü hidrojen bağları vardır. Çift sarmaldaki iki polinükleotit zincirinin her biri, bitişik deoksiriboz kısımlarını birleştiren, fosfodiester bağları ile birbirine bağlanan bir nükleotit dizisinden oluşur (Şekil 2.2).

2-Her iki zincirdeki bazlar düzleme diktir ve bazlar arasında 3.4 Ångstrom (Å) (0.34 nm) mesafe vardır. Sarmalın dış çapı 20 Å (2 nm) ve sarmalın eksenini boyunca bir tam dönüşünün uzunluğu 34 Å (3,4 nm) olup 10 baz çifti içerir. Çift sarmalın dışında büyük ve küçük oluk olarak isimlendirilen iki oluk bulunur. Çift sarmallı DNA ile etkileşime giren proteinler, bu oluklara yerleşerek çift sarmaldeki baz çiftleriyle temas kurabilmektedir (Şekil 2.2).

3-Çift zincirli DNA'da; Adenin (A) ile Timin (T) sayısı ve Guanin (G) ile Sitozin (S) sayısı birbirine eşittir ($A + G = T + S$). Amino gruplu bazların miktarı ile

keto gruplu bazlar birbirine eşittir ($A + S = T + G$). Fakat farklı türlerin DNA'sında ($A + T$): ($G + C$) farklıdır.

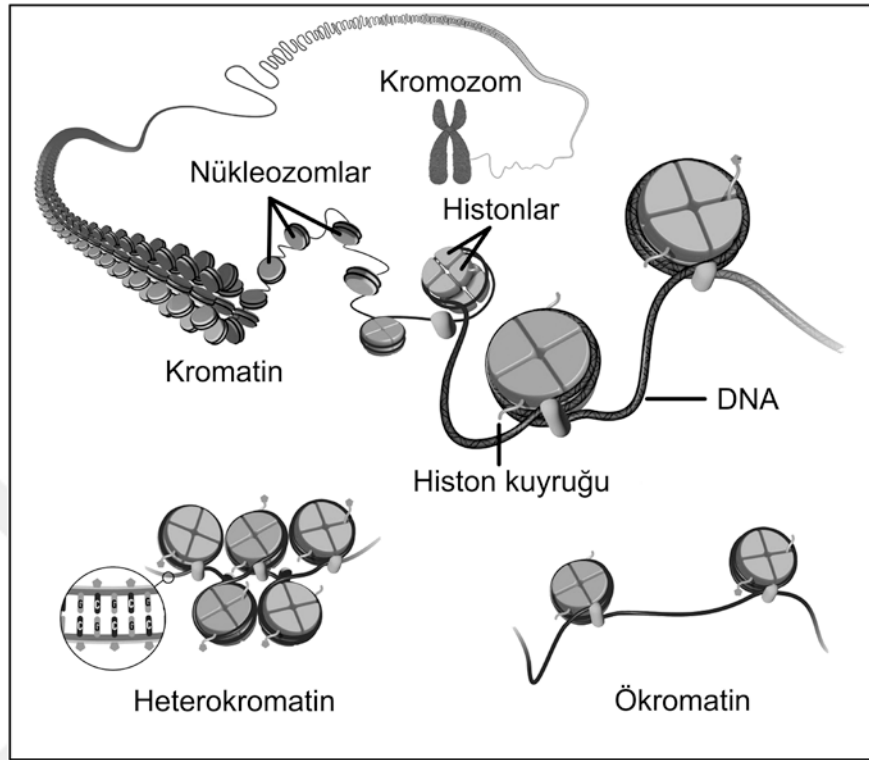


Şekil 2.2. DNA'nın çift sarmal (A) ve sarmalın antiparalel yapısı (B) ile çift sarmalın boşluklu diyagramı (C) (Snustad ve Simmons (2011)'den uyarlanmıştır)

DNA, farklı izolasyon koşullarında farklı formlar sergilemektedir. Düşük tuz konsantrasyonunda, doğada oluşan ve ana form olarak bilin form B-DNA'dır (Zimmerman, 1982). Watson ve Crick'in analizleri ve Franklin'in X-ışını deneyleri B-DNA üzerinde gerçekleştirilmiştir. B formu dışında DNA'nın A, C, D, E, P ve Z olmak üzere çeşitli formları yer almaktadır (Rich, 1993; Klug ve Cummings, 2003). A-DNA, yüksek tuz konsantrasyonunda; C-DNA, yüksek dehidrasyon koşullarında; D-DNA ve E-DNA, baz içeriğinde guaninin yer almadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. P-DNA, B-DNA'dan farklı olarak ince uzun yapıda ve fosfat grupları iç kısımdadır. Z-DNA, sol sarmal yapıda ve zigzag şeklindedir (Klug ve Cummings, 2003).

Gelişmiş organizmaların kromozomları çok büyük miktarlarda DNA içerir. Örneğin, 2 m'den daha uzun olan insan diploid hücre DNA'sı, 200 μm 'den daha kısa metafaz kromozomları halinde organize olur (Babu ve Verma, 1987; McGinty ve Tan, 2015). Bu nedenle DNA'nın, bakteri hücresine veya ökaryotik çekirdeğe sığması için yüksek oranda yoğunlaşması ve uygun bir şekilde sıkıştırılması gerekir (Minchin ve

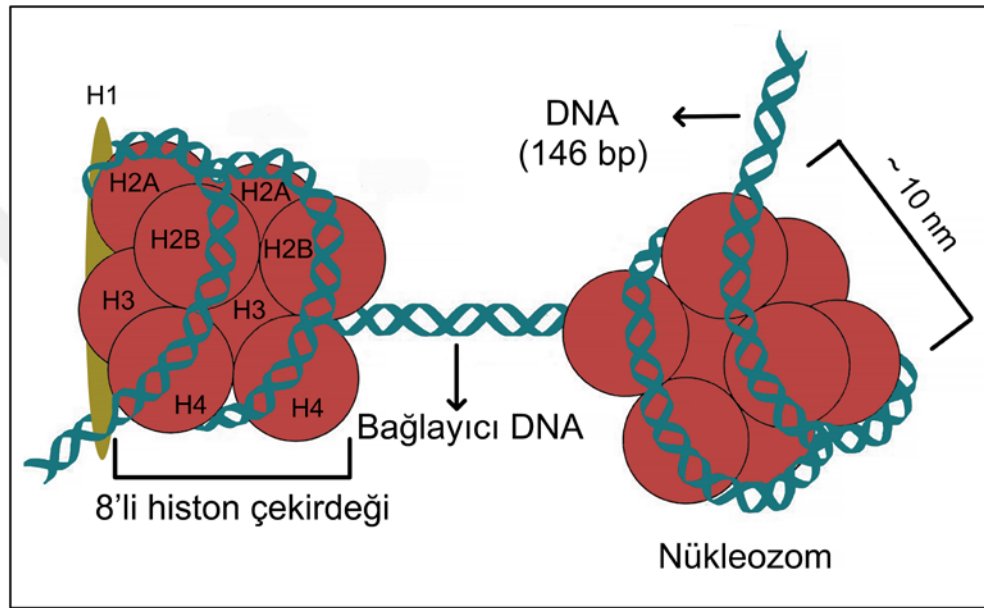
Lodge, 2019) (Şekil 2.3). DNA paketlenmesi, nükleozom oluşumu, 30 nm iplik yapısındaki solenoid yapı ve 300 nm iplik yapısındaki ilmek şeklinde katlanması aşamalarını içerir.



Şekil 2.3. Kromatin kondensasyonu (Caputi ve ark. (2017)'dan uyarlanmıştır)

DNA ve histon proteinlerin birlikteliği kromatini oluşturur. Daha özel ifade ile kromatin terimi, nükleozom liflerinin (histonların etrafına sarılmış DNA) 30 nm genişliğinde solenoid liflere sarıldığı daha düşük katlanma seviyelerini belirtmek için kullanılmıştır (Manuelidis, 1990; Alberts ve ark., 2002). DNA paketlenmesindeki ilk aşama nükleozom oluşumudur. Nükleozomlar, kromatinin tekrar eden temel alt birimidir. Her nükleozomun, her birinden ikişer tane olan toplamda 8 adet H2A, H2B, H3 ve H4 histonlarından oluşan bir nükleozom "çekirdeği", bağlayıcı DNA ve çoğu durumda bir bağlayıcı histondan (H1) oluşur (Maeshima ve Eltsov, 2008; Cutter ve Hayes, 2015) (Şekil 2.4). Her histon proteininin iki kopyası (H2A, H2B, H3 ve H4), bir nükleozom çekirdeği (nispi moleküler kütle 206K) oluşturmak üzere etrafına sarılmış 146 baz çifti (bp) DNA'ya sahip bir oktamere birleştirilir (Luger ve ark., 1997). Kromatin yapısında DNA, H1 dışındaki tüm histon tiplerine sıkıca bağlıdır. H1 histonları, gelişmiş ökaryotlardaki nükleozomların birincil bileşenidir. DNA'nın nükleozom etrafına sarılması, stabilize edilmesi ve nükleozomlar arası bağlantıyı sağlama, kromatindeki ileri derece katlanmaları ve bu katlanmaların birleşimin teşvik

edilmesi gibi önemli işlevleri bulunmaktadır (Hatch ve ark., 1984; Hansen, 2002). Nükleozom sonrasındaki ikinci aşamada, bağlayıcı DNA aracılığıyla nükleozomlar arasında etkileşimler meydana gelir ve 30 nm çaplı solenoid yapı meydana gelir. H1 histonlarının devreye girdiği ve kromatinin interfaz çekirdeğinde yaygın olarak bulunduğu aşamadır. Sonraki aşamada 300 nm iplikli süper solenoid yapı meydana gelir ve kromatinin yapısı 700 nm'lik metafaz kromozomları ile karakterize edilir (Reece ve ark., 2013).



Şekil 2.4. Nükleozom yapısı (Caputi ve ark., 2017)'den uyarlanmıştır

Kromatin kondensasyonu sonucunda kromozomların, ökromatin ve heterokromatin olmak üzere yapısal ve işlevsel olarak ayırt edilebilir iki bölgesi ortaya çıkar. Ökaryotik hücre döngüsünde, kromozomların yoğunlaşmadığı ve aktif genleri içeren bölgeler ökromatin; yoğunlaşan bölgeler ise heterokromatin olarak adlandırılır.

Heterokromatin, sıkı bir şekilde paketlenen ya da yoğunlaştırılmış DNA'yı ifade eder. Heterokromatin, ökromatinden farklı olarak S fazının sonuna doğru replike edilir (Eissenberg ve Elgin, 2001). Transkripsiyonel olarak aktif, gen miktarı fazla ve az yoğun haldeki ökromatinin aksine heterokromatin, oldukça yoğun, gen miktarı son derece az ve transkripsiyonel olarak sessizdir (Huisinga ve ark., 2006). Birçok türün heterokromatinin DNA parçası, düşük kopyalı ve benzersiz dizilerle karıştırılmış genetik olarak aktif olmayan uydu dizilerinden ve yer değiştirebilen öğelerden oluşur (Avramova, 2002; Allshire ve Madhani, 2018).

Heterokromatin; konstitütif (yapısal) heterokromatin ve fakültatif heterokromatin olarak ikiye ayrılır. Kromozomların sentromer ve telomer bölgelerinde tekrar eden dizilerden oluşan kromatin, konstitütif heterokromatin olarak adlandırılır. Fakat, hücrel sinyallere ve gen aktivitesinde farklı aktivitelere yanıt olarak kromatin durumunun değişkenlik gösterdiği bölgelerde kromatin, fakültatif heterokromatin adını alır (Mello, 1983; Grewal ve Jia, 2007). Fakültatif heterokromatinin ökromatine dönüşebilme potansiyeli vardır. X kromozomlarından birinin inaktivasyonu için gerekli olan memeli X kromozomu, fakültatif heterokromatin örneğidir. Heterokromatin, gen düzenlemesinden kromozom bütünlüğünün korunmasına kadar çeşitli süreçlerle ilişkilendirilmiştir (Grewal ve Jia, 2007).

2.2. Kromozom Morfolojisi

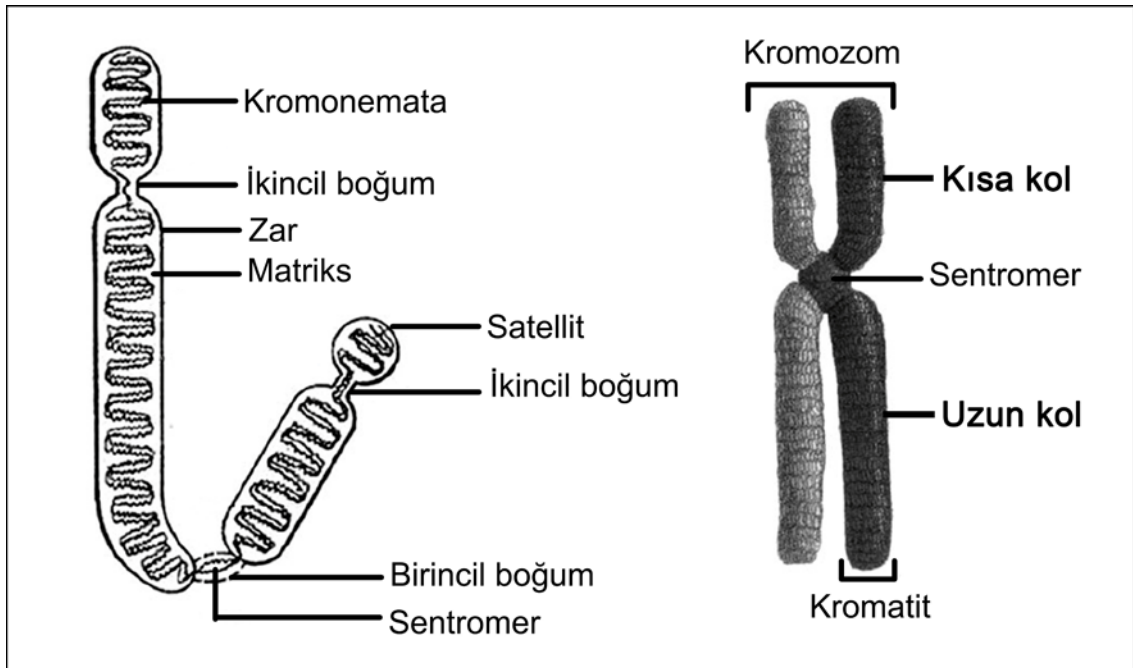
Kromozomlar, bir organizmadaki genetik materyalin bir kısmını veya tamamını hücreden hücreye taşımaya yarayan, protein ve uzun bir DNA molekülünden oluşan iplik benzeri yapılardır. İlkel ve gelişmiş ökaryotik hücrelerin çekirdeğinde bulunurlar. Bakteri ve virüslerde, temel kromozom bileşeni deoksiribonükleik asit (DNA)'tır. Gelişmiş organizmalarda ise kromozomların yaklaşık %50'si proteinden oluşmaktadır. Kromozomların moleküler yapısını oluşturan DNA ve histon proteinlerinin birlikteliğidir (Schulz-Schaeffer, 1980).

Kromozomun temel yapısal birimi olan kromatit, bölünme öncesi mitotik metafazda olduğu gibi iki kromatide sahiptir (yüzlerce kromatite sahip politen kromozomlar hariç). Kromomerler, kromozomal DNA'nın neredeyse tamamını içerir. Kromomerler, lamba fırçası veya politen kromozom uzunluğunun 1/200'ü oranında sıkışmış olduğundan mitotik safhada çok nadir olarak görülürler (Thomas, 1971).

Tipik olarak bir metafaz kromozomunda (mikroskop altında bakıldığında); kromatit, birincil boğum olarak bilinen sentromer, ikincil boğum ve telomer olmak üzere farklı kısımlar bulunur (Şekil 2.5). Metafaz'daki her bir kromozom, kromatit olarak adlandırılan özdeş iki parçadan oluşur. Kromatitler, kromozomların yapısal ve işlevsel birimidir ve sentromer ile birbirine bağlanır. Kromatitler, hücre bölünmesinin S evresinde kendini eşler ve her bir kromatit, kardeş kromatit olarak isimlendirilir. Kromatit, kromozom yoğunlaşmasının erken fazlarında ince filamentli yapıdaki kromonemata olarak adlandırılır. Kromatit ve kromonemata, aynı yapının iki farklı ismidir.

Sentromer, kromozom üzerindeki kardeş kromatitleri bir arada tutan birincil daralma (primer boğum) bölgesidir. Sentromer, hücrenin iç ipliklerinin bağlandığı bölgedir. Bölünme esnasında, iki özdeş kardeş kromatiti zıt kutuplara çeker. Bu şekilde hücre DNA'sı, bölünme sonucunda oluşacak yeni kromozomlara aynı şekilde aktarılır. Sentromeri bulunmayan kromozomlar bölünemez. Sentromer, kardeş kromatitleri enine böler. Genellikle bir kromatit diğerinden daha uzun olduğu için uzun ve kısa kol olarak isimlendirilir. Uzun kol genellikle q ile temsil edilirken, kısa kol genellikle p ile gösterilir (Şekil 2.5).

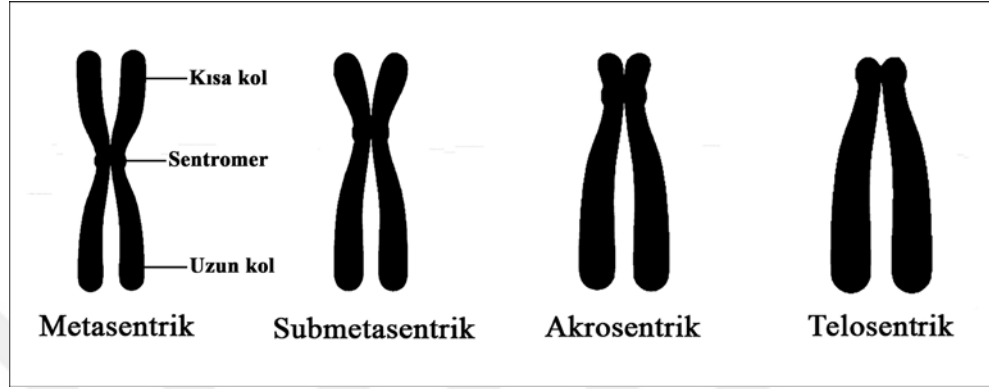
Bazı kromozomlarda, sentromerin bulunduğu birincil daralmadan başka ikincil bir daralma (sekonder boğum) bölgesi bulunur (Şekil 2.5). İkincil daralma ile en yakın telomer arasındaki bölge uydu olarak bilinir. İkincil yapıya sahip kromozomlara uydu kromozomları veya sat kromozomu denir. İkincil boğum ile kromozomun uç kısmı arasında kalan bölge satellit olarak isimlendirilir (Emiroğlu ve Bürün, 2017). İkincil daralma, nükleus oluşumuyla ilgilidir ve genellikle nükleolar organizasyon bölgesi (NOR) bu daralmada bulunur. Fakat her ikincil daralma NOR içermez (Heitz, 1931). NOR'a sahip kromozomlar, nükleolar kromozomlar olarak bilinir. Genellikle bir diploid hücrede iki nükleolar kromozom bulunsa da NOR'ların sayısı farklı türler arasında hatta tür içerisinde bile değişkenlik gösterebilmektedir.



Şekil 2.5. Kromozom yapısı ve morfolojisi (Shakoori (2017)'e göre düzenlenmiştir)

Kromozomlar, sentromer pozisyonlarına göre metasentrik, submetasentrik, telosentrik ve akrosentrik olmak üzere sınıflandırılır (Şekil 2.6). Metasentrik

kromozomda, sentromer ortadadır ve kısa ve uzun kollar yaklaşık olarak birbirine eşittir. Submetasentrik kromozomda, sentromer bir kromozoma daha yakındır ve kollardan birisi göreceli olarak daha uzun diğeri daha kısadır. Akrosentrik kromozomda, sentromer bir kollardan birisinin ucuna çok yakındır. Telosentrik kromozom da ise sentromer bir uçtadır (Abraham ve Prasad, 1983).



Şekil 2.6. Kromozomların sentromer pozisyonlarına göre sınıflandırılması

Telomer, ökaryotların doğrusal kromozomlarının uçlarında meydana gelen, tekrarlayan, kodlamayan DNA dizileridir (Monaghan, 2010). Genom bütünlüğünün korunması (kanseri gelişimi ve yaşlanma sırasında), kromozom uçlarındaki rastgele kırılmaların ve istenmeyen uç birleştirme olaylarının önlenmesi gibi önemli görevleri bulunmaktadır (Erdem ve ark., 2021). Ayrıca ökaryotik telomerlerin, kromatin organizasyonu, kromozom replikasyonu ve hücre çoğalması gibi çeşitli hücresel olaylar da rol aldığı bilinmektedir (Wong ve Collins, 2003).

2.3. Karyotip

“Homolog kromozom” terimi, biri anneden diğeri babadan gelen kromozom çiftini ifade eder. Bu kromozomlar, aynı lokuslara karşılık gelen genler için yaklaşık aynı uzunlukta ve aynı sentromer konumundadır. Karyotip, bir organizmanın homolog haldeki kromozom çiftlerinin eşleştirilmesi ve sıralanmasıdır. Diğeri bir tanımla, bir hücrenin tam kromozom setinin yorumlanması, karakterizasyonu ve tanımlanması işlemidir. Tıbbi genetik alanında çeşitli kromozom anormalliklerinin keşfi, karakterizasyonu ve bunların hastalıklarla ilişkilendirilmesinde karyotip analizinden faydalanılmaktadır (Heng ve ark., 2013). Sitogenetik olarak her tür, kendine özgü kromozom sayısı ve morfolojisi ile karakterize edilir. Ancak aynı türün farklı bireylerinde bile karyotipik varyasyonlar görülmektedir. Türlerin sistematik tanımında,

karyosistematik bilgiler doğrudan filogenetik ilişkiler hakkında bilgi vermese de taksonomik verileri destekleyen özelliklerden birisidir (Sola ve ark., 1981).

Kromozomlar sıralanırken, genellikle kromozomların sentromer pozisyonları dikkate alınır. Fakat kromozom seti içerisindeki kromozomlar büyükten küçüğe doğru da sıralanabilir. Karyotipler, her bir kromozom için karakteristik yapısal özellikleri ortaya çıkaran standart boyama prosedürleri kullanılarak hazırlanır. Periferik kan'dan lenfosit kültürü başta olmak üzere kemik iliği, amniyon sıvısı, plasenta ve böbrek dokusu gibi çeşitli kaynaklardan kromozom eldesi yapılabilmektedir.

Mikroskop altında, elde edilen metafaz kromozomlarının fotoğrafları çekilerek, çeşitli programlar aracılığı ile karyotip yapılır. Karyotipin görsel sunumu çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Kromozomlar çiftler halinde eşleştirildikten sonra kâğıt üzerinde gruplandırılarak belirli bir sıraya konabilir (karyogram olarak bilinir) ya da ölçülü şematik çizimlerle gösterilebilir (ideogram olarak bilinir) (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Karyotip işlemi tamamlandıktan sonra bilgisayar programları üzerinden çeşitli parametreler kullanılarak kromozomların ölçümleri yapılır. Sentromer indeksi ve kol oranı ölçümü en sık kullanılan parametre olup kromozomlar metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik gruplar halinde sınıflandırılarak sıralama yapılır. Ayrıca kromozomların kol sayıları hesaplanır. Temel kromozom kol sayısı (NF) ve otozomal kol sayısı (NFa) şeklinde iki ayrı hesaplama yapılır. Her iki hesaplamada da kromozom seti içerisindeki akrosentrik kromozomlar tek kollu, metasentrik, submetasentrik ve subtelosentrik kromozomlar çift kollu olarak hesaplanır ve toplam kol sayısı değeri NF olarak kabul edilir. Herhangi bir türün kromozom seti içerisinde eşey kromozomları tespit edilmiş ise NFa değeri hesaplanır.

2.4. Hücre Bölünmesi

Hücre bölünmesi, ilkel ya da gelişmiş tüm canlılarda gerçekleşen hayati bir olaydır. Hücre bölünmesindeki amaç; var olan hücrelerin bölünerek neslini devam ettirmesi (ilkel canlılarda), yenilenmenin ve büyümenin sağlanması ve ileri organizasyonlu canlılarda ise eşey ana hücrelerini oluşturulmasıdır (Emiroğlu ve Bürün, 2017). Hücreler bölünürken, kromozomların yavru hücrelere kusursuz bir şekilde aktarılması gerekir. Prokaryot hücrelerde bölünme, hücre miktarının iki katına çıktığı ve sonucunda hücrenin ikiye bölünerek kalıtsal materyalin iki yavru hücreye aktarıldığı oldukça basit bir bölünme şekli olan ikiye bölünme (binary fizyon) şeklindedir (Angert,

2005). Fakat ökaryotik hücrelerdeki bölünme prokaryotlara göre daha kompleks ve ayrıntılıdır

Canlılarda, mitoz ve mayoz olmak üzere iki tip hücre bölünmesi görülür. Her iki bölünmede ökaryotik canlılara özgüdür. Mitoz bölünme, somatik hücrelerin yenilenmesinde rol oynarken, mayoz bölünme yeni bireylerin oluşmasını sağlayan eşey hücrelerinin oluşumunda görev alır (Emiroğlu ve Bürün, 2017).

Mitoz bölünmede, genetik olarak özdeş iki yavru hücre meydana gelir ve en yaygın hücre bölünmesi türüdür. Mitoz, aynı organizmalardaki aynı genetik bilginin korunması açısından önemlidir. Hücre bölünmesi, karyokinez (nükleer bölünme) ve sitokinez (sitoplazmik bölünme) olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Mitozun ana aşamaları profaz, metafaz, anafaz ve telofazdır (Schulz-Schaeffer, 1980; Klug ve Cummings, 2003)

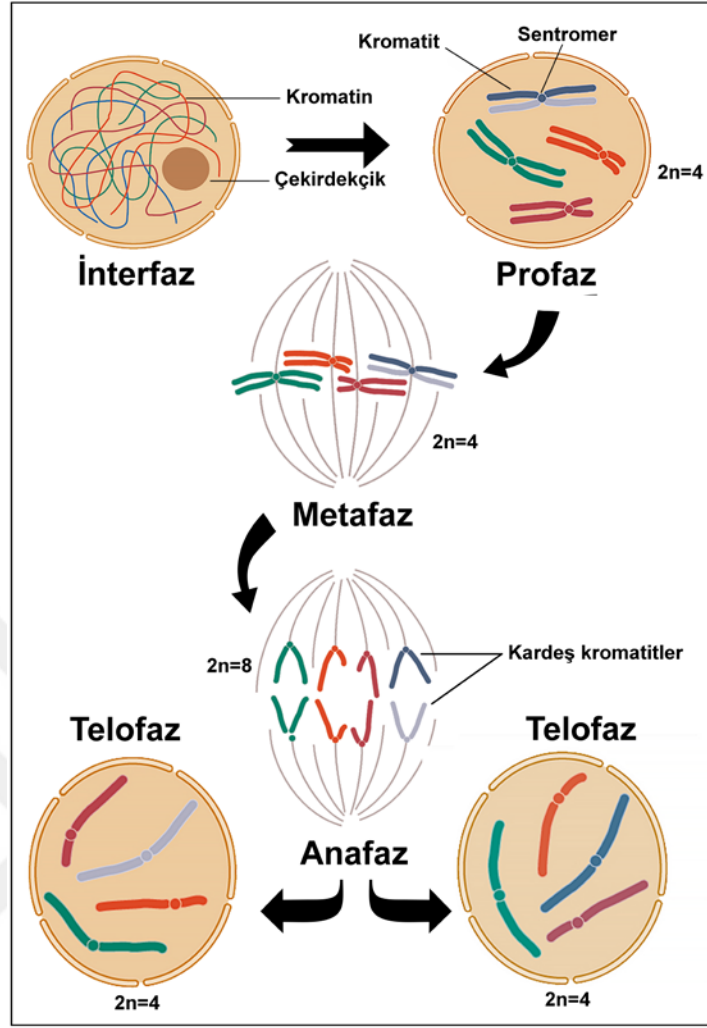
İnterfaz: Hücre bölünmesinden önceki hazırlık evresidir ve ara evre olarakta isimlendirilir. G1, S ve G2 olmak üzere interfazın üç ara evresi bulunmaktadır. S evresi, DNA sentezinin yapıldığı evredir. G1 ve G2 evrelerinde; büyüme, gelişme gibi metabolik aktiviteler artarken hücre hacmi de iki katına çıkar. İnterfazda, çekirdek zarı bozulmaz ve kromozomlar görünebilecek şekilde dağınık, ince, uzun ve kromatin haldedir. İnterfaz sonunda, hücre DNA miktarı iki katına çıkarak mitozu hazır hale gelir.

Profaz: Çekirdek zarı ve çekirdekçik kaybolur. Kromatitler kendini eşler. Kromozomlar ince uzun iplikler şeklinde belirgin hale gelir. Sentriyoller, iğ ipliklerini oluşturur.

Metafaz: Kromozomlar, sentromer bölgelerinden iğ iplikleri ile metafaz plağı olarak isimlendirilen düzlemde sıralanırlar.

Anafaz: Kardeş kromatitler ayrılır ve her bir kromatit kromozom haline gelir.

Telofaz: Çekirdek zarı oluşur ve kromozomlar kaybolarak kromatin hale döner. Profaz safhasındaki olayların tersi gerçekleşir. Mitoz bölünme, karyokinezin devamındaki sitokinez aşaması ile tamamlanır. Sitokinez, sitoplazmanın ikiye bölünmesi olayıdır ve anafaz evresinin sonlarına doğru başlayıp telofaz evresi ile sona erer. Şekil 2.7’de mitoz bölünmenin aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Mitoz bölünmenin aşamaları (Hartl (2018)'den uyarlanmıştır)

2.5. Kromozom Boyama ve Bantlama Yöntemleri

Işık mikroskobu altında kromozomlar morfolojisine göre incelenebilir ve gruplandırılabilir. Kromozomların yapısal olarak incelenebilmesi için çeşitli boyama ve bantlama tekniklerinin uygulanması gerekir.

Kromozom bantlaması, kromozomların alkol bazlı (giemsa gibi) ya da florokrom (DAPI, Kinakrin, Kromomisin gibi) boyalarla boyanması sonucunda kromozomun uzunluğu boyunca açık ve koyu bölgelerin ortaya çıkarılması işlemidir. Bu açık ve koyu olarak ayırt edilebilen kromozom üzerindeki bölgeler “bant” olarak adlandırılır. Kromozom boyama ve bantlama teknikleri, kromozomların tanımlanmasına, karyotiplerin oluşturulmasına, kromozomal veya yapısal düzenlemelerin tanımlanmasına, tür içerisindeki ya da yakın veya uzak akraba türler arasındaki kromozomal karşılaştırmaların yapılmasına olanak tanır (Hayes, 2000).

Caspersson ve ark. (1970) bilinen ilk bantlama tekniği olan Kinakrin bantlama (Q-bantlama) tekniği uygulamıştır. Araştırmacılar, DNA'yı alkilleyen ve zamanla sönmeye maruz kalan floresan boya kinakrinin, kromozomlar için karakteristik ve tekrarlanabilir bantlama desenleri ortaya çıkardığını gözlemlemişlerdir. Sonraki çalışmalarda; G-, R- ve C- bantlama başta olmak üzere çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Ayrıca kromozomlar üzerinde çekirdekçik oluşumu ile ilişkili olan ve rRNA genlerini bulunduran ribozomal DNA (rDNA) bölgelerin ortaya çıkarılmasında gümüş boyama (Ag-NOR) tekniğinden faydalanılmaktadır (Howell ve Black, 1980).

G-bantlama yönteminde, kromozomlar tripsin ile muamele edilir ve daha sonra giemsa ile boyanır. Tripsin, bazı kromozomal proteinleri kısmen sindirerek kromatin yapısının gevşemesini sağlayarak giemsa boyasının DNA'yı boyamasını sağlar. G-bantlama da kromozomlar üzerinde koyu ve açık olmak üzere bant desenleri gözükür. Koyu bölgeler, AT açısından zengin DNA ve gen açısından fakir heterokromatin bölgeleri ifade eder. Açık bölgeler ise GC yönünden zengin ve transkripsiyonel olarak aktif bölgeleri yansıtır (O'Connor, 2008).

G-bantlama dışında R-bantlama ve C-bantlama kromozomlar üzerindeki karakteristik bant desenlerini ortaya çıkaran bantlama teknikleri mevcuttur. R-bantlama, G-bantlama ile benzerlik gösterir. Fakat bu teknikte kromozomlar ısıtılarak sonrasında giemsa ile boyanır. Isı işleminin AT açısından zengin DNA bölgelerini erittiği ve GC açısından zengin DNA bölgeleri boyadığı düşünülmektedir. Kromozomlar üzerindeki yapısal heterokromatinin ortaya çıkarılmasında ise C-bantlama tekniği kullanılmaktadır (Holmquist, 1992).

2.5.1. Giemsa boyama

Giemsa boyası, ilk olarak Gustavo Giemsa tarafından sıtma parazitinin tespiti amacıyla kullanılan, çeşitli hücresel yapıları farklılaştıran ve kan yaymalarındaki bakterileri tespit eden çeşitli hematolojik boyalardan biridir (Barcia, 2007). Giemsa boyama, sıtma başta olmak üzere çeşitli parazitlerin histopatolojik teşhisinde ve karyolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Woods ve Walker, 1996). Sindirim sisteminde çoğalan ve kansere neden olabilen *Helicobacter pylori* bakterisinin tespitinde de kullanılmaktadır (Lee ve Kim, 2015). Doku ya da çeşitli kültürlerden elde edilen kromozomal preparatların boyanmasında Giemsa boyası sıklıkla tercih edilen

boyalardan bir tanesidir. Giemsa içeriğinde; metilen mavisi, eosin ve Azur (Tiyazin bileşikleri) boyar maddeleri yer alır.

2.5.2. Konstitütif heterokromatin bantlama (C-bantlama)

Konstitütif heterokromatin bantlama ya da C-bantlama, kromozomlar üzerindeki yapısal heterokromatin bölgelerin açığa çıkarılmasında yaygın olarak kullanılan evrensel bir tekniktir. C-bantlama tekniğinde, metafaz kromozomları hidroklorik asit (HCl) ile muamele edildikten sonra baryum hidroksit ($Ba(OH)_2$) gibi sıcak alkali bir solüsyonda inkübe edilir. Daha sonra sıcak haldeki tuz çözeltisinde (2XSSC) yıkanır. Bu işlemler sonucunda, kromozom üzerindeki ökromatin bölgeler ekstrakte olmakta ve giemsa boyaması sonucunda heterokromatin bölgeler koyu olarak ortaya çıkmaktadır (Sumner, 1972; Babu ve Verma, 1987).

C-bantlama sonrası giemsa boyalı preparatlar ışık mikroskobu altında incelenecek olursa interfaz çekirdeklerinde koyu boyanmış heterokromatin bölgeler ayırt edilir. Metafaz kromozomlarında ise genellikle kromozomların sentromerinde, bazen de kromozomların terminalinde veya interstitial bölgelerde tespit edilir (Dimitri ve ark., 2009). Bu bölgeler, transkripsiyonel olarak sessizdir ve interfaz hücrelerinin çoğunda S fazında çok geç replike olur. C bantları neredeyse tamamen kodlamayan, art arda tekrarlanan uydu DNA dizileri tarafından işgal edilmiştir (Manuelidis, 1990).

Yüksek derecede korunmuş, sürekli tekrar eden DNA bölgelerini içermesi ve transkripsiyonel olarak inaktif olması sebebiyle bitki ve omurgalı karyotipinin karakterizasyonuna katkı sağlayıcı olarak C-bantlama tekniği kullanılmaktadır (Arslan ve Arslan, 2007).

2.5.3. Gümüş nitrat (Ag-NOR) boyama

Nükleolus Organizatör Bölgeler (NOR'lar), ribozomal RNA genlerini içerir ve çekirdekçik oluşumu ile ilişkilidir. Bu bölgeler, giemsa gibi geleneksel boyama yöntemlerinde daha az boyanan ikincil daralma bölgeleri olarak görünse de gümüş nitrat boyama (Ag-NOR) tekniği ile ortaya çıkarılır (McClintock, 1934; Spinner, 2013). Ribozomal genlerin aktif transkripsiyonel durumu ile gümüşün boyanabilirliği arasında pozitif bir ilişki vardır ve Ag-NOR boyama tekniği ile hücre döngüsünün önceki interfazında transkripsiyonel olarak aktif olan NOR'lar saptanmaktadır (Jiménez ve ark., 1988). FISH tekniği ise hem 18S majör rDNA'ların (aktif ve aktif olmayan) hem

de 5S minör rDNA'ların tespitine olanak sağlamaktadır (Phillips ve ark., 1986). NOR büyüklüğü ve varlığı kalıtsal olduğundan, her bir kromozomda bulunan gümüş leke miktarı ve NOR sayısı bireyler arasında farklılık göstermektedir (Lawce, 2017). Ag-NOR polimorfizmleri, (sayı, konum ve boyut dahil) sitogenetik çalışmalarda türe özgü yararlı kromozomal belirteçlerdir (Cross ve ark., 2005).

2.5.4. DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole) floresan boyama

DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole), floresan mikroskobu, akış sitometrisi ve kromozom boyamada yaygın olarak nükleer karşıt boya olarak kullanılmaktadır. İlk olarak 1971 yılında tripanositlerin araştırılması esnasında diamidin bileşikler olarak laboratuvar ortamında sentezlenmiştir (Dann ve ark., 1971; Tarnowski ve ark., 1991; Kapuscinski, 1995). Williamson ve Fennell (1975) ise sezyum gradyanında mitokondriyal DNA izolasyonunda DAPI'nin DNA'ya bağlandığını ve floresansının arttığını gözlemlemiştir.

DAPI, canlı ve cansız hücrelerdeki çekirdek DNA'sının görselleştirilmesinde, kromatin yapısının araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kanser çalışmalarında ve kanser teşhisi için insan kromozom sapmalarının araştırılmasında da DAPI'den faydalanılmaktadır (Suto ve ark., 2021; Huth ve ark., 2023). DAPI'nin Adenin ve Timin yönünden zengin DNA'ya affinitesi daha yüksektir (Trotta ve ark., 2003). DNA'daki 3-4 AT baz çiftinden oluşan dizilerle küçük oluğa bağlanarak floresan kompleksi oluşturur (Kapuściński ve Skoczylas, 1978; Barros e Silva ve Guerra, 2010). Bu nedenle, GC açısından zengin ökromatinin DAPI boyama yoğunluğu, DNA içeriğiyle karşılaştırıldığında çok zayıfken, heterokromatik bölgelerin boyama yoğunluğu çok daha yüksektir (Zink ve ark., 2003). Konstitüif heterokromatin bantlama (C-bantlama) sonrasında kromozomlar DAPI ile muamele edilirse floresan ışığı altında heterokromatin bölgeler (çoğunlukla sentromerler) parlak bir şekilde ayırt edilebilmektedir.

2.6. Araştırma Konusu Familya, Cins ve Tür Bilgileri

Actinopterygii ya da ışın yüzgeçli balıklar, denizel ve karasal sularda yaşayan ve omurgalı çeşitliliğinin yaklaşık yarısını temsil eden (tanımlanmış 30.000'den fazla türle) balıkların büyük çoğunluğunu içerir (Arthington ve ark., 2016; Nelson ve ark., 2016). Cypriniformes (Teleostei: Ostariophysii), Kuzey Amerika, Afrika ve Avrasya'nın

tatlı sularında 4000'den fazla türle yayılış gösteren en büyük kemikli balık gruplarından biridir (Tan ve Armbruster, 2018) ve tatlı su balık türlerinin yaklaşık üçte birini içerir (Stout ve ark., 2016). Cypriniformların çoğu besinsel değer taşır. Akvaryum balıkçılığı ve süs hayvanı ticaretinde önem taşımaktadır. *Danio rerio* (Zebra balığı) gibi bazı türler bilimsel çalışmalarda model organizmalar olarak kullanılmaktadır (Tao ve ark., 2019).

Cypriniformes, Türkiye ihtiyofaunasında 297 tür ile en fazla türe sahip takımdır ve Türkiye'de Cobitoidei, Nemacheilidae, Cyprinidae, Danionidae, Xenocyprididae, Tincidae, Acheilognathidae, Gobionidae ve Leuciscidae olmak üzere 9 familya ile temsil edilir (Çiçek ve ark., 2023).

2.6.1. Cyprinidae Rafinesque 1815

Cyprinidae, 160 cins ve 1789 tür ile tatlı su balıklarının en spesifik ailesidir (Fricke ve ark., 2024). Afrika, Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'da yayılış gösteriler (Nelson ve ark., 2016). Genellikle tatlısular da yaşayan türler, nadiren de olsa acı sularda ve kıyı bölgelerdeki tuzlu ekstrem ortamlara da uyum sağlamışlardır (Gidmark ve Simons, 2014; Yang ve ark., 2019). Sıra, sayı ve şekil bakımından farklılıklar gösteren yutaktaki farinks dişlerin varlığı familya içerisindeki türlerin karakteristik özelliğidir (Geldiay ve Balık, 2009). Baş, boyun ve kuyruk bölgesi belirgindir ve vücut sikloid pullarla kaplıdır. Beslenme şekillerine göre farklı ağız tipleri (terminal, alt ve üst konumlu) mevcuttur ve bazı türlerde tek ya da çift bıyık bulunur. Bütün türlerde tek bir dorsal yüzgeç bulunur ve ventral yüzgeç abdominal tiptedir (Geldiay ve Balık, 2009). Çift hava kesesi bulunur ve karın boşluğunun üst kısmında çift halde gonadlar yer alır. Üreme dönemleri Nisan-Temmuz ayları arasındadır. Sazan (*Cyprinus carpio*) gibi ticari ve besinsel değeri yüksek türler çiftliklerde üretilmektedir. Cyprinidae, Türkiye iç sularında 10 cins ve 59 tür ile temsil edilmektedir (Çiçek ve ark., 2023).

2.6.1.1. *Capoeta Valenciennes 1842*

Siraz olarak isimlendirilen *Capoeta* türleri, Levant, Mezopotamya, Türkiye ve İran dahil olmak üzere Akdeniz, Orta Doğu, Kafkasya ve Güney Batı Asya da yayılış göstermektedir (Bănărescu, 1999; Levin ve ark., 2012; Zareian ve ark., 2018; Kaya, 2019). Dünya'da, 29 *Capoeta* türü bulunmaktadır (Eschmeyer ve ark., 2024) ve Türkiye iç sularında 7'si endemik olmak üzere 13 tür yayılış gösterir (Çiçek ve ark., 2023) (Çizelge 2.1). Orta ve büyük boydaki bu cyprinid türler, genellikle tabanı kayalık hızlı

akan nehir ve akarsuları tercih etmekle birlikte durgun göl sularında da yaşamaktadır (Kaya, 2019). İnce, uzun ve silindirik gövdeye ve ventral konumlu ağız yapısına sahip olan *Capoeta* türleri, taş ve kayalardaki perifitonlarla beslenirler (Levin ve ark., 2012; Zareian ve ark., 2018). Genellikle ağız da bir çift bıyık bulunur iken Türkiye'deki *C. tinca*, *C. baliki*, *C. banarescui* ve *C. antalyensis* türlerin de olduğu gibi bazı türler de çift bıyık bulunur (Turan ve ark., 2008; Levin ve ark., 2012; Bektas ve ark., 2017).

Çizelge 2.1. Türkiye tatlı sularındaki *Capoeta* türleri (Çiçek ve ark., 2023)

Tür	Dağılım
<i>Capoeta antalyensis</i> (Battalgil, 1944)	Endemik
<i>Capoeta aydinensis</i> Turan, Küçük, Kaya, Güçlü & Bektaş, 2017	Endemik
<i>Capoeta banarescui</i> Turan, Kottelat, Ekmekçi & Imamoglu, 2006	Yaygın
<i>Capoeta bergamae</i> Karaman, 1969	Endemik
<i>Capoeta caelestis</i> Schöter, Özuluğ & Freyhof, 2009	Endemik
<i>Capoeta capoeta</i> (Güldenstädt, 1773)	Yaygın
<i>Capoeta damascina</i> (Valenciennes, 1842)	Yaygın
<i>Capoeta kaput</i> Levin, Prokofiev & Roubenyan, 2019	Yaygın
<i>Capoeta oguzelii</i> Elp, Osmanoğlu, Kadak & Turan, 2018	Endemik
<i>Capoeta pestai</i> (Pietschmann, 1933)	Endemik
<i>Capoeta sieboldii</i> (Steindachner, 1864)	Yaygın
<i>Capoeta tinca</i> (Heckel, 1843)	Endemik
<i>Capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)	Yaygın

Van der Laan (2020)'e göre *Capoeta* cinsinin sistematığı aşağıda gösterilmiştir:

Regnum: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Craniata (Vertebrata)

Infraphylum: Gnathostomata

Megaclass: Osteichthyes

Class: Actinopteri

Infraclass: Teleostei

Superordo: Ostariophysi

Ordo: Cypriniformes

Familia: Cyprinidae

Genus: *Capoeta* Valenciennes 1842

Species: *Capoeta pestai* (Pietschmann, 1933)

Capoeta tinca (Heckel, 1843)

2.6.1.1.1. *Capoeta pestai* (Pietschmann, 1933)

Tip lokalitesi: Eğirdir Gölü (Isparta)

Sinonim: *Schizothorax prophylax* Pietschmann, 1933; *Varicorhinus pestai* Pietschmann, 1933; *Capoeta mauricii* Küçük, Turan, Şahin & Gülle, 2009

Yayılış alanı: Orta Anadolu'daki Eğirdir Gölü ve Beyşehir Gölü Havzası

Yerel isim: Siraz, Eğirdir sirazı

Yaygın isim: Longsnout Scraper, Eğirdir scraper

IUCN korunma statüsü: Kritik tehlike altında (CR)

Capoeta pestai Pietschmann (1933) tarafından Eğirdir Gölü'nden tanımlanmıştır (Özeren ve ark., 2019). Türün yayılış alanı ve taksonomik özellikleri çeşitli araştırmacılar tarafından araştırılmıştır (Ladiges, 1960; Karaman, 1969; Erdemli, 1982; Küçük ve ark., 2007; Özeren ve ark., 2019; Çiçek ve ark., 2021a). *C. pestai*'nin Beyşehir Gölü popülasyonu Küçük ve ark. (2009) tarafından *C. mauricii* olarak tanımlanmıştır. Özeren ve ark. (2019) Orta Anadolu'daki İbrala deresi (Yeşildere/Karaman), Melendiz Çayı (Aksaray), Beyşehir Gölü Havzası ve Eğirdir Gölü Havzası'ndaki *C. pestai* türlerinin ölçülebilir karakteristik özelliklerinin geniş bir varyasyona sahip olduğunu ve Beyşehir Gölü'ndeki *C. mauricii*'nin, *C. pestai*'nin sinonimi olduğunu belirtmiştir. Çiçek ve ark. (2021a) Beyşehir Gölü'ndeki *C. mauricii* ile Eğirdir Gölü'nde *Schizothorax profilaksi*'nin *C. pestai*'nin sinonimi olduğunu ifade etmiştir. Farklı araştırmalarda da *C. mauricii* ile *C. pestai*'nin mitokondriyal COI ve Cyt b gen dizilerinin aynı olduğu ortaya konmuştur (Özdemir, 2013; Geiger ve ark., 2014; Bektas ve ark., 2017; Bektaş ve ark., 2019).

Yapılan bu çalışmalar ışığında *C. pestai*, Eğirdir Gölü'nden Beyşehir Gölü'ne ve Orta Anadolu'daki Melendiz Nehri'ne kadar çeşitli habitatlarda yayılış göstermektedir (Çiçek ve ark., 2023). *C. pestai*'nin morfolojik özellikleri şu şekildedir (Özdemir, 2013; Kaya, 2019); İnce pullarla örtülü yassı ve ince uzun bir vücuda sahiptir. Sivri burunlu yuvarlak bir kafaya sahiptir. Ağızda bir çift bıyık bulunur. Ağız hilal şeklinde ve alt dudak dışbükey şekildedir. Dorsal yüzgecin basit ışını nispeten kısa olup kemiksi yapıdadır. Karın bölgesi dışında vücudun her tarafında siyah benekler bulunmaktadır. Canlı bireylerde karın bölgesi kirli beyaz renkte iken genel vücut rengi sarıdır.

2.6.1.1.2. *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)

Tip lokalitesi: Nilüfer Çayı (Bursa)

Sinonim: *Scaphiodon tinca* Heckel,1843; *Varicorhinus tinca* (Heckel,1843); *Capoeta baliki* Turan, Kottelat, Ekmekçi & Imamoglu, 2006

Yayılış alanı: Türkiye'nin kuzey havzaları (Marmara, Susurluk, Sakarya, Batı Karadeniz, Yeşilırmak ve Kızılırmak)

Yerel isim: Siraz, Dörtbıyıklı batı sirazı

Yaygın isim: Anatolian khramulya, Fourbarbel scraper

IUCN korunma statüsü: Düşük riskli (LC)

Capoeta tinca Heckel (1843) ilk olarak Susurluk Nehri Havzası'ndaki Nilüfer Çayı'ndan (Bursa) Heckel tarafından *Scaphiodon tinca* olarak tanımlanmış ve sonraki çalışmalarda Steindachner (1897), Derjugin (1899), Leidenfrost (1912) ve Berg (1949) tarafından *Varicorhinus tinca* olarak rapor edilmiştir (Özdemir, 2015). Sakarya ve Kızılırmak Nehri'ndeki *C. tinca* popülasyonu Turan ve ark. (2006) tarafından *C. baliki* olarak tanımlanmış fakat Küçük ve ark. (2008) her iki türün osteolojik özelliklerinin ayırt edilebilecek derecede farklılaşmadığını rapor etmiştir. Sonraki çalışmalarda *C. baliki*'nin *C. tinca*'nın sinonimi olduğu ileri sürülmüştür (Özdemir, 2013; 2015; Kaya, 2019; Çiçek ve ark., 2021b). Son olarak Çiçek ve ark. (2021b) *C. tinca* ve *C. baliki*'nin metrik, meristik ve moleküler karakterlerinin anlamlı derecede farklılık göstermediğini ve *C. baliki*'nin *C. tinca*'nın sinonimi olduğunu belirtmiştir.

C. tinca'nın Türkiye'deki yayılış alanı, Sakarya ve Kızılırmak nehirlerinin yanı sıra Marmara ve Karadeniz havzalarıdır (Çiçek ve ark., 2021b; Çiçek ve ark., 2023). Yakalanan bireylerin gözlemlenen morfolojik özellikleri şu şekildedir (Kaya, 2019); vücut ince, uzun ve hem dorsal hem de ventral dış bükeydir. Ağız da iki çift bıyık bulunmakta ve ventral konumlu kazıyıcı tiptedir. Karın bölgesi, pelvik ve anal yüzgeçler sarı renkte iken gövde ve dorsal bölge gümüşü renktedir. Vücut üzerinde koyu kahverengi küçük boyutlu pigmentler görülür.

2.7.1. Leuciscidae Bonaparte 1835

Cypriniformes takımı içerisindeki Leuciscidae familyası, Holarktik tatlı su ekosistemlerinde geniş bir yayılış alanına sahiptir (Schönhuth ve ark., 2018; Küçük ve ark., 2023). Farklı araştırmacılar, Cyprinidae içerisinde sınıflandırılan Avrupa ve Kuzey Amerika lösüslerini ve phoxininlerini Leuciscidae familyası içerisinde

sınıflandırmışlardır (Chen ve Mayden, 2009; Bufalino ve Mayden, 2010; Stout ve ark., 2016; Schönhuth ve ark., 2018). Osteolojik özelliklere ve moleküler karakterlere göre 6 alt familya içerisinde sınıflandırılmaktadır: Pogonichthyinae, Leuciscinae, Plagopterinae, Laviniinae, Phoxininae ve Pseudaspininae (Schönhuth ve ark., 2018; Küçük ve ark., 2023).

Leucisdae, Türkiye iç suları'nda 19 cins (*Abramis*, *Acanthobrama*, *Alburnoides*, *Alburnus*, *Blicca*, *Chondrostoma*, *Egirdira*, *Ladigesocypris*, *Leucalburnus*, *Leucaspius*, *Leuciscus*, *Petroleuciscus*, *Pseudophoxinus*, *Rutilus*, *Scardinius*, *Squalius*, *Turcichondrostoma*, *Vimba*, *Phoxinus*) ve 126 tür ile temsil edilmektedir (Çiçek ve ark., 2023).

2.7.1.1. *Pseudophoxinus* Bleeker, 1860

Pseudophoxinus Bleeker, 1860 mevcut literatürde 30 tür ile temsil edilir ve taksonomik çalışmalar ve revizyonlar sonucunda Anadolu'da 21'i endemik olmak üzere toplam 24 tür rapor edilmiştir (Çiçek ve ark., 2023) (Çizelge 2.2). Eğirdir Gölü'nde tanımlanan *P. handlirschi*'nin 1955 yılında göle bırakılan *Sander lucioperca*'nın yırtıcı etkisinden dolayı neslinin tükendiği bilinmektedir (Küçük ve ark., 2012; Güçlü ve ark., 2023). “Yağ balığı”, “Ot balığı”, “Çiçek” gibi farklı isimlendirilen *Pseudophoxinus* türleri, genellikle suyun yavaş hareket eden veya durgun alanlarındaki taşların ve bitki örtüsünün etrafında yaşamayı tercih ederler (Saç ve Özuluğ, 2018) ve ülkemizde Orta ve Güneybatı Anadolu'daki göl ve nehirlerde yayılış gösterirler (Küçük ve ark., 2016).

Moleküler çalışmalar, Yukarı Fırat Nehri'nden ve Ürdün Nehri'nin kuzeybatısından Seyhan Nehri'ne kadar Levant'tan *Pseudophoxinus* türlerinin tek bir filogenetik grup oluşturduğunu, ikinci tür grubunun ise Seyhan'ın batısındaki tüm Anadolu iç sularında bulunduğunu ortaya koymuştur (Küçük ve ark., 2012; Geiger ve ark., 2014; Saç ve ark., 2019). Perea ve ark. (2010) Akdeniz'de *Pseudophoxinus*'un 14 farklı soyunun bulunduğunu belirtmiş ve Anadolu'daki *Pseudophoxinus* türlerini çok karmaşık morfolojik yapıya sahip Orta Anadolu türleri ve daha az karmaşık morfolojik yapıya sahip Doğu Akdeniz türleri olarak ayırmışlardır.

Çizelge 2.2. Türkiye tatlı sularındaki *Pseudophoxinus* türleri (Çiçek ve ark., 2023) (*: Soy tükenmiş)

Tür	Dağılım
<i>Pseudophoxinus alii</i> Küçük, 2007	Endemik
<i>Pseudophoxinus anatolicus</i> (Hankó, 1925)	Endemik
<i>Pseudophoxinus antalyae</i> Bogutskaya, 1992	Endemik
<i>Pseudophoxinus battalgilae</i> Bogutskaya, 1997	Endemik
<i>Pseudophoxinus burduricus</i> Küçük, Güllü, Güçlü, Çiftçi & Erdoğan, 2013	Endemik
<i>Pseudophoxinus caralis</i> (Battalgil, 1942)	Endemik
<i>Pseudophoxinus cilicicus</i> Saç, Özuluğ, Geiger & Freyhof, 2019	Endemik
<i>Pseudophoxinus crassus</i> (Ladiges, 1960)	Endemik
<i>Pseudophoxinus elizavetae</i> Bogutskaya, Küçük & Atalay, 2006	Endemik
<i>Pseudophoxinus evliyae</i> Freyhof & Özuluğ, 2010	Endemik
<i>Pseudophoxinus fahrettini</i> Freyhof & Özuluğ, 2010	Endemik
<i>Pseudophoxinus firati</i> Bogutskaya, Küçük & Atalay, 2006	Endemik
<i>Pseudophoxinus handlirschi</i> (Pietschmann, 1933)	Endemik*
<i>Pseudophoxinus hittitorum</i> Freyhof & Özuluğ, 2010	Endemik
<i>Pseudophoxinus iconii</i> Küçük, Güllü & Güçlü, 2016	Endemik
<i>Pseudophoxinus kervillei</i> (Pellegrin, 1911)	Yaygın
<i>Pseudophoxinus libani</i> (Lortet, 1883)	Yaygın
<i>Pseudophoxinus maeandri</i> (Ladiges, 1960)	Endemik
<i>Pseudophoxinus maeandricus</i> (Ladiges, 1960)	Endemik
<i>Pseudophoxinus mehmeti</i> Ekmekçi, Atalay, Yogurtcuoglu, Turan & Küçük, 2015	Endemik
<i>Pseudophoxinus ninae</i> Freyhof & Özuluğ, 2006	Endemik
<i>Pseudophoxinus turani</i> Küçük & Güçlü, 2014	Endemik
<i>Pseudophoxinus zekayi</i> Bogutskaya, Küçük & Atalay, 2006	Endemik
<i>Pseudophoxinus zeregi</i> (Heckel, 1843)	Yaygın

Van der Laan (2020)'e göre *Pseudophoxinus* cinsinin sistematigi aşağıda gösterilmiştir:

Regnum: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Craniata (Vertebrata)

Infraphylum: Gnathostomata

Megaclass: Osteichthyes

Class: Actinopteri

Infraclass: Teleostei

Superordo: Ostariophysi

Ordo: Cypriniformes

Familia: Leuciscidae

Genus: *Pseudophoxinus* Bleeker, 1860

Species: *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó, 1925)

2.7.1.1.1. *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó, 1925)

Tip lokalitesi: Akgöl (Ereğli-Konya)

Sinonim: *Acanthorutilus anatolicus* Hankó, 1925; *Phoxinellus anatolicus* (Hankó, 1925)

Yayılış alanı: İç Anadolu (Beyşehir, Suğla ve Akgöl Gölü havzaları)

Yerel isim: Anadolu Yağ balığı, Yağ balığı

Yaygın isim: Anatolian minnow, Giant Spring Minnow

IUCN korunma statüsü: Tehlike altında (EN)

Pseudophoxinus anatolicus (Hankó, 1925) yerel adıyla Anadolu Yağ balığı, ilk olarak Ereğli'deki Akgöl'den bildirilmiştir (Güçlü ve ark., 2023). İç Anadolu bölgesindeki Akgöl, Beyşehir, Çavuşçu, Saz, Akkaya Barajı ve Ereğli bataklıklarında yayılış göstermektedir (Özuluğ ve Oğuz Öztürk, 2008; Küçük ve ark., 2013; Küçük ve ark., 2016). Anadolu Yağ balığı, yoğun bitki örtüsüne sahip durgun veya yavaş akan akarsularda ve göllerde yaşamaktadır (Çiçek ve ark., 2023). Anadolu'daki diğer *Pseudophoxinus* türlerinin aksine bu tür yerel halk tarafından tüketilmektedir (Çiçek ve ark., 2023; Güçlü ve ark., 2023). Eysel ya da endüstriyel atık su kirliliği, *Sander lucioperca* baskısı, aşırı avlanma ve su kıtlığı gibi çeşitli etmenlerden dolayı tür tehdit altındadır (Özuluğ ve Oğuz Öztürk, 2008; Bayçelebi ve ark., 2020). Anadolu Yağ balığı, Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN)'ne göre Nesli Tehlike Altındaki Tür (EN) kategorisinde sınıflandırılmaktadır.

2.7.1.2. *Squalius* Bonaparte, 1837

Squalius Bonaparte, 1837 cinsi, Avrupa ve Batı Asya'da yayılış gösteren 40'tan fazla tür içeren Leuciscidae familyası içerisinde sınıflandırılan tatlı su balıklarını içerir (Stout ve ark., 2016; Schönhuth ve ark., 2018; Turan, 2022). Morfolojik ve moleküler çalışmalar ortaya konuncaya kadar *Squalius* türleri *Leuciscus* cinsi içerisinde sınıflandırılmıştır (Perea ve ark., 2010; Turan ve ark., 2013; Vatandoust ve ark., 2016). Türkiye'nin farklı bölgelerindeki nehir, göl ve barajlarında 14'ü endemik olmak üzere 23 *Squalius* türü yayılış göstermektedir (Çiçek ve ark., 2023) (Çizelge 2.3). Türkiye'deki *Squalius* türleri morfolojik olarak *S. cephalus* ve *S. lepidus* olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (Turan, 2022).

Van der Laan (2020)'e göre *Squalius* cinsinin sistematığı aşağıda gösterilmiştir:

Regnum: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Craniata (Vertebrata)

Infraphylum: Gnathostomata

Megaclass: Osteichthyes

Class: Actinopteri

Infraclass: Teleostei

Superordo: Ostariophysi

Ordo: Cypriniformes

Familia: Leuciscidae

Genus: *Squalius* Bonaparte, 1837

Species: *Squalius cappadocicus* Özuluğ & Freyhof, 2011

Çizelge 2.3. Türkiye tatlı sularındaki *Squalius* türleri (Çiçek ve ark., 2023)

Tür	Dağılım
<i>Squalius adanaensis</i> Turan, Kottelat & Doğan, 2013	Endemik
<i>Squalius agdamicus</i> Kamensky, 1901	Yaygın
<i>Squalius anatolicus</i> (Bogutskaya, 1997)	Endemik
<i>Squalius aristotelis</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Endemik
<i>Squalius berak</i> Heckel, 1843	Yaygın
<i>Squalius cappadocicus</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Endemik
<i>Squalius carinus</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Endemik
<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Yaygın
<i>Squalius cii</i> (Richardson, 1857)	Yaygın
<i>Squalius fellowesii</i> (Günther, 1868)	Endemik
<i>Squalius irideus</i> (Ladiges, 1960)	Endemik
<i>Squalius kosswigi</i> (Karaman, 1972)	Endemik
<i>Squalius kottelati</i> Turan, Yılmaz & Kaya, 2009	Endemik
<i>Squalius lepidus</i> Heckel, 1843	Yaygın
<i>Squalius orientalis</i> (Nordmann, 1840)	Yaygın
<i>Squalius orpheus</i> Kottelat & Economidis, 2006	Yaygın
<i>Squalius pursakensis</i> (Hankó, 1925)	Endemik
<i>Squalius recurvirostris</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Endemik
<i>Squalius semae</i> Turan, Kottelat & Bayçelebi, 2017	Endemik
<i>Squalius seyhanensis</i> Turan, Kottelat & Doğan, 2013	Endemik
<i>Squalius spurius</i> Heckel, 1843	Yaygın
<i>Squalius turcicus</i> De Filippi, 1865	Yaygın
<i>Squalius verepi</i> Turan, 2022	Endemik

2.7.1.2.1. *Squalius cappadocicus* Özuluğ & Freyhof, 2011

Tip lokalitesi: Melendiz Çayı

Sinonim: -

Yayılış alanı: Tuz Gölü Havzası

Yerel isim: Kapadokya Tatlısu Kefali

Yaygın isim: Cappadocian chub

IUCN korunma statüsü: Kritik tehlike altında (CR)

Kapadokya kefali *Squalius cappadocicus* ilk kez Özuluğ ve Freyhof (2011) tarafından tip lokalitesi olan Tuz Gölü havzasındaki Melendiz Çayı'nda tanımlanmıştır (Özuluğ ve Freyhof, 2011; Turan ve ark., 2017). *S. cappadocicus* yalnızca Orta Anadolu'daki Tuz Gölü'nün güneydoğu kolu olan Melendiz drenajında yayılış göstermektedir (Özuluğ ve Freyhof, 2011). Birçok tatlı su kefali gibi bu tür de halk tarafından besin olarak tüketilmekte fakat ticari bir öneme sahip değildir (Çiçek ve ark., 2023). Özuluğ ve Freyhof (2011)'a göre türün morfolojik özellikleri şu şekildedir: Vücut uzamış, orta derecede basıktır. Dorsal ve ventral gövde profili hafif dışbükeydir. Üst kafa profili düzdür. Burun konik ve sivri uçludur. Baş uzunluğu vücut derinliğinden biraz daha fazladır. Ağız terminalli, bıyık yok ve alt dudak çıkıntılıdır. Anüs ile pelvik yüzgeç tabanının arka ucu arasındaki ventral gövde yuvarlak veya çok hafif basıktır. Sırt yüzgecinin kökeni pelvik yüzgecin üzerindedir.

2.8.1. Cobitidae Swainson 1838

Cypriniformes takımı içerisindeki Cobitidae familyası, Doğu ve Güneydoğu Asya'da en fazla çeşitliliğe sahip olan bir grup uzun bentik tatlı su balığını temsil eder (Vasil'eva ve ark., 2022). Cobitidae familyası 18 cins ve 352 tür içermektedir (Eschmeyer ve ark., 2024) ve Asya, Avrupa ve Afrika'ya kadar geniş bir alanda yayılış gösterir (Seçer, 2018). Cobitidae, Türkiye iç sularında *Cobitis* ve *Sabanejewia* cinsleri ile temsil edilmektedir (Çiçek ve ark., 2023).

2.8.1.1. *Cobitis* Linnaeus, 1758

Cobitis L., 1758 çoğunluğu Avrasya ve Kuzey Afrika'daki tatlı sularda yayılış gösteren ve tür çeşitliliği yüksek (yaklaşık 96 türle) tatlı su balıklarını içeren cinstir (Doadrio ve ark., 2024). Dikenli çopra balıkları ya da taşemenler ince uzun renkli

desenlere sahip vücudu, emici tipte üç çift bıyıklı ağız, hareketli suborbital omurgaları ve yetişkin erkeklerde göğüs yüzgecinin tabanında bulunan lamina sirkularis ile karakterize edilir (Kim, 2009; Nakajima ve Suzawa, 2016; Nasren ve ark., 2023).

Orta, Batı ve Güneydoğu Anadolu'da olmak üzere Türkiye iç sularında 22'si endemik 27 *Cobitis* türünün yayılış gösterdiği bilinmektedir (Çiçek ve ark., 2023) (Çizelge 2.4.).

Çizelge 2.4. Türkiye tatlı sularındaki *Cobitis* türleri (Çiçek ve ark., 2023)

Tür	Dağılım
<i>Cobitis afifeae</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Endemik
<i>Cobitis aliyeae</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Endemik
<i>Cobitis anabelae</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Yaygın
<i>Cobitis battalgilae</i> Băcescu, 1962	Endemik
<i>Cobitis bilseli</i> Battalgil, 1942	Endemik
<i>Cobitis dorademiri</i> Erk'akan, Özdemir & Özeren, 2017	Endemik
<i>Cobitis elazigensis</i> Coad & Sariyyüpoğlu, 1988	Yaygın
<i>Cobitis emrei</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Endemik
<i>Cobitis erkakanae</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Endemik
<i>Cobitis evreni</i> Erk'akan, Özeren & Nalbant, 2008	Endemik
<i>Cobitis fahireae</i> Erk'akan, Atalay-Ekmekçi & Nalbant, 1998	Endemik
<i>Cobitis indus</i> Eagderi, Seçer & Freyhof, 2022	Endemik
<i>Cobitis joergbohleri</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Endemik
<i>Cobitis kellei</i> Erk'akan, Atalay-Ekmekçi & Nalbant, 1998	Endemik
<i>Cobitis phrygica</i> Battalgil, 1944	Endemik
<i>Cobitis pirii</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Endemik
<i>Cobitis pontica</i> Vasil'eva & Vasil'ev, 2006	Yaygın
<i>Cobitis puncticulata</i> Erk'akan, Atalay-Ekmekçi & Nalbant, 1998	Yaygın
<i>Cobitis saniae</i> Eagderi, Jouladeh-Roudbar, Jalili, Sayyadzadeh & Esmaeili, 2017	Yaygın
<i>Cobitis satunini</i> Gladkov, 1935	Yaygın
<i>Cobitis simplicispina</i> Hankó, 1925	Endemik
<i>Cobitis sipahilerae</i> Erk'akan, Özdemir & Özeren, 2017	Endemik
<i>Cobitis splendens</i> Erk'akan, Atalay-Ekmekçi & Nalbant, 1998	Endemik
<i>Cobitis strumicae</i> Karaman, 1955	Yaygın
<i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	Yaygın
<i>Cobitis troasensis</i> Freyhof, Bayçelebi & Geiger, 2018	Endemik
<i>Cobitis turcica</i> Hankó, 1925	Endemik

Van der Laan (2020)'e göre *Cobitis* cinsinin sistematığı aşağıda gösterilmiştir:

Regnum: Animalia

Phylum: Chordata

Subphylum: Craniata (Vertebrata)

Infraphylum: Gnathostomata

Megaclass: Osteichthyes

Class: Actinopteri

Infraclass: Teleostei

Superordo: Ostariophysii

Ordo: Cypriniformes

Familia: Cobitidae

Genus: *Cobitis* Linnaeus, 1758

Species: *Cobitis bilseli* Battalgil, 1942

2.8.1.1.1. *Cobitis bilseli* Battalgil, 1942

Tip lokalitesi: Beyşehir Gölü

Sinonim: -

Yayılış alanı: Beyşehir Gölü ve havzası

Yerel isim: Koca taşıyıcı balığı, Koca taşıyıcı

Yaygın isim: Beyşehir spined loach

IUCN korunma statüsü: Tehlike altında (EN)

Cobitis bilseli, ilk kez Beyşehir Gölü'nde tespit edilmiştir. Beyşehir Gölü ve havzasındaki Sarıöz ve Sarıçay derelerinde ve Beyşehir Gölü'nden Suğla Gölü'ne akan nehirde yayılış göstermektedir (Freyhof ve ark., 2018; Bayçelebi ve ark., 2020). Ayrıca Seydişehir'deki Akçay ve Kuşulu derelerinden bildirilmiştir (Bayçelebi ve ark., 2020). Su kirliliği (evsel ve tarımsal) ve habitat kayıpları Manavgat Nehri nüfusu için tehdit oluşturmaktadır (Freyhof ve ark., 2018).

Cobitis bilseli, uzunluğu 195 mm'ye ulaşan ve *Cobitis* cinsinin en büyük türüdür ve erkek bireylerdeki göğüs yüzgecindeki bir lamina sirkularis'in (diğer türlerde iki tane) ve genital papilladan önce kısa bir deri kanadının varlığı bakımından *C. simplicispina* tür grubundan (*C. battalgilae*, *C. dorademiri*, *C. joergbohleni*, *C. phrygica*, *C. pirii*, *C. simplicispina*, *C. sipahilerae* ve *C. turcica*) ayırt edilir (Freyhof ve ark., 2018). Erk'akan ve ark. (1998) ilk dallanmamış pektoral ışının, diğer türlerin ikinci lamina sirkularis'e sahip olduğu yerde kalınlaştığını ve *C. simplicispina* tür grubundaki gibi sert kemiksi yapıda olduğunu belirtmişler ve *C. bilseli*'yi *Beyshehiria* alt cinsi içerisinde sınıflandırmışlardır. Fakat Bohlen ve ark. (2006) DNA barkodlamasına dayalı olarak *C. bilseli*'nin diğer Orta Anadolu'daki *Cobitis* türleri ile ortak bir atadan evrimleştiği olasılığını öne sürmüşlerdir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde *C. bilseli* güncel literatürde geçerli tür olarak kabul edilmektedir.

2.9. Araştırma Konusu Cinslere Ait Mevcut Karyolojik Çalışmalar

2.9.1. *Capoeta*

Capoeta antalyensis, *C. aydinensis*, *C. baliki*, *C. barroisi*, *C. bergamae*, *C. capoeta*, *C. damascina*, *C. erhani*, *C. pestai*, *C. trutta* ve *C. umbla* olmak üzere 11 *Capoeta* türünün kromozomal verileri mevcuttur (Safar ve ark., 2000; Kılıç Demirok ve Ünlü, 2001; Gorshkova ve ark., 2002; Dorafshan ve Roozdar, 2016; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016; Ayata ve ark., 2017; Unal-Karakus ve ark., 2023). Hekzaploid ($2n=6x$) olarak kabul edilen bu türlerin diploid kromozom sayısı ($2n$) 150 olarak bildirilmiştir.

Unal-Karakus ve ark. (2023) Türkiye’de endemik dört *Capoeta* türü; *C. aydinensis*, *C. bergamae*, *C. erhani* ve *C. pestai*’nin geleneksel yöntemlerle sitogenetik özelliklerini araştırmışlardır. Türlerin benzer morfolojiye sahip $2n=150$ kromozoma sahip olduğunu ve karyotip seti içerisinde iki kollu kromozomların sayısal fazlalığını ifade etmişlerdir. *C. aydinensis*, *C. bergamae*, *C. erhani* ve *C. pestai*’nin karyotip formülleri sırasıyla $2n=54m+42sm+54st-a$ (NF=246), $2n=56m+30sm+64st-a$ (NF=236), $2n=50m+42sm+58st-a$ (NF=242) ve $2n=44m+40sm+66st-a$ (NF=234) şeklindedir. Konstitüf heterokromatin bantların (C-bantlar), bütün türlerde kromozomların perisentromerik bölgelerinde gözlemlendiği belirtilmiştir. Türlerin hepsinde 3 çift NOR gözlemlendiği ve *C. bergamae*, *C. erhani* ve *C. pestai*’de Ag-NOR sayısı polimorfizmlerinin tespit edildiği ifade edilmiştir.

Ayata ve ark. (2017) Boğa Çayı’ndaki *Capoeta antalyensis* ve Kızılırmak Nehri’ndeki *C. baliki*’nin diploid kromozom sayısını ($2n$) 150 olarak bildirmişlerdir. *C. antalyensis* ve *C. baliki*’nin karyotip formülleri sırasıyla $2n=84m-sm+66st-a$ (NF=234) ve $2n=88m-sm+62st-a$ (NF=238) olarak tespit edilmiştir. Her iki türde de cinsiyet kromozomlarının gözlemlenmediği rapor edilmiştir.

Capoeta damascina’nın kromozomal verileri Ürdün, İran ve Türkiye’deki araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Gorshkova ve ark. (2002) Ürdün’deki Wadi Karak Çayı’ndaki hekzaploid *C. damascina*’nın kromozom sayısını $2n=150$ olarak bildirmiştir. Dorafshan ve Roozdar (2016) İran’daki Monj ve Karon Nehir’lerindeki *C. damascina*’nın $2n=150$ sayıda kromozoma sahip olduğunu ve karyotip formülünü $2n=18m+60sm+44st+28a$ (NF=228) olarak rapor etmiştir. Ünal ve Gaffaroğlu (2016) Ceyhan ve Seyhan Nehri’ndeki *C. damascina*’nın $2n=6x=150$ kromozomlu hekzaploid

olduğunu ve eşey kromozomlarının gözlemlenmediğini bildirmişlerdir. C-bantlı metafazlarda kromozomların çoğunun sentromerik C-bantlar içerdiğini ve bazı kromozomların uzun kollarında da heterokromatin bloklarının varlığından söz etmişlerdir. Dört submetasentrik kromozomun kısa kollarında ve bir çift submetasentrik kromozomunda uzun kollarında NOR'ların lokalize olduğu bildirilmiştir.

Safar ve ark. (2000) İran'daki Goudbar'daki Sefidroud ve Shahroud nehirlerindeki ve Golestan Milli Parkı'ndaki (GNP) Madarsou nehrindeki iki farklı *Capoeta capoeta* popülasyonunun diploid kromozom sayısını ($2n$) 150 olarak tespit etmişlerdir. İlk ve ikinci popülasyonlar için karyotip formülü sırasıyla; $2n=24m+60sm+14st+52t$ (NF=234) ve $2n=24m+56sm+14st+56t$ (NF=230) olarak hesaplanmıştır.

Kılıç Demirok ve Ünlü (2001) Dicle Nehri'ndeki *Capoeta trutta* ($2n=70m-sm+80st-a$; NF=220) ve *C. umbla* ($2n=86m-sm+64st-a$; NF=236)'nın $2n=150$ kromozoma sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Türlerin eşey kromozomlarının saptanamadığı belirtilmiştir.

2.9.2. *Pseudophoxinus*

Türkiye'deki *Pseudophoxinus* türlerinin yarıdan fazlasının karyolojik özellikleri rapor edilmiştir; *P. alii*, *P. elizavetae*, *P. battalgilae*, *P. burduricus*, *P. egridiri*, *P. evliyaie*, *P. fahrettini*, *P. maeandri*, *P. zekayi*, *P. crassus*, *P. hittitorum*, *P. firati* ve *P. antalyae*'dir (Ergene ve ark., 2010; Karasu ve ark., 2011; Ünal ve ark., 2014; Ayata ve ark., 2016; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016; Gaffaroğlu ve ark., 2022). Bu çalışmalarda, türlerin diploid kromozom sayısı ($2n$) 50 olarak tespit edilmiştir.

Gaffaroğlu ve ark. (2022) *Pseudophoxinus alii* ve *P. elizavetae*'nin karyotiplerinin geleneksel sitogenetik yöntemler kullanılarak incelemişlerdir. Karyotip formülü; *P. alii*'de $2n=18m+24sm+8st-a$ (NF=92), *P. elizavetae*'de $2n=8m+34sm+8st-a$ (NF=92) olarak bulunmuştur. Eşey kromozomları her iki türde de gözlemlenmemiştir. Her iki türün karyotip seti içerisindeki en büyük kromozom çifti subtelosentrik/akrosentrik (st/a)'tir. Heterokromatin bantlar, *P. alii*'de kromozomların çoğunun perisentromerik bölgelerinde gözlemlenirken *P. elizavetae*'de bazı kromozomların perisentromer bölgelerinde gözlemlenmiştir. Hem *P. alii* hem de *P. elizavetae*'de birden fazla Ag-NOR bölgeleri tespit edilmiş ve iki tür içinde metafazların çoğunluğunda dört kromozomun NOR taşıdığı belirtilmiştir.

Ayata ve ark. (2016) *P. battalgilae*, *P. burduricus*, *P. egridiri*, *P. evliya*, *P. fahrettini* ve *P. maeandri*'nin karyolojisini analiz etmiştir. Analiz edilen türlerin diploid kromozom sayısı $2n=50$ olarak tespit etmişlerdir. Eşey kromozomlarının tespit edilemediği ve tüm türlerin karyotipindeki en büyük kromozom çiftinin subtelo-akrosentrik olduğu ifade edilmiştir. Konstitütif heterokromatin blokların çalışılan türlerin sentromer bölgelerinde gözlemlenmiştir. Ayrıca *P. egridiri* ve *P. fahrettini*'de perisentromerik heterokromatin blokların varlığından bahsedilmiştir. Ag-NOR'lar; *P. burduricus*, *P. egridiri* ve *P. fahrettini*'de bir çift orta boy submetasentrik (sm) kromozomunun kısa kollarının telomerlerinde ve *P. battalgilae*, *P. evliya* ve *P. maeandri*'deki iki çift orta boy sm kromozomunun kısa kollarının telomerlerinde gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, *P. battalgilae*, *P. burduricus*, *P. evliya* ve *P. fahrettini*'nin bazı örneklerinde sayı, lokasyon ve boyut açısından NOR polimorfizmlerinin olduğu ifade etmişlerdir.

Ünal ve Gaffaroğlu (2016) Ceyhan Nehri'ndeki *Pseudophoxinus zekayi*'nin kromozomal özelliklerini analiz etmişlerdir ve türün karyotip formülünü $2n=16m+26sm+8st-a$ (NF=92) olarak hesaplamışlardır. *P. zekayi*'nin C-bantlı karyotiplerinde sentromerik, perisentromerik ve parasentromerik C- bantların tespit edildiğini belirtmişlerdir. Ag-NOR boyalı metafazlarda iki ile dört arasında değişen NOR sayısı polimorfizmlerinden bahsedilmiştir. *P. zekayi*'nin karyotipinde farklılaşmış cinsiyet kromozomlarının gözlemlenmediği belirtilmiştir.

Ünal ve ark. (2014) Orta Anadolu'daki iki endemik tür; *Pseudophoxinus crassus* ve *P. hittitorum*'un karyolojisini çalışmışlardır. $2n=50$ kromozom sayısına sahip her iki türde de cinsiyet kromozomlarının tespit edilemediği açıklanmıştır. *P. crassus* ve *P. hittitorum*'un karyotip formülleri sırasıyla; $2n=12m+30sm+8st-a$ (NF=92) ve $2n=14m+26sm+10st-a$ (NF=90) şeklinde verilmiştir. NOR'ların her iki türde de bir çift homolog submetasentrik (sm) kromozomun kısa kollarında lokalize olduğu ifade edilmiştir. C-bantlama sonucunda çoğu kromozom çiftinin perisentromerik bölgelerinde yapısal heterokromatin blokların tespit edildiği gözlemlenmiştir.

Karasu ve ark. (2011) Tohma Çayı'ndaki *Pseudophoxinus firati*'nin karyolojisini analiz etmişlerdir. *P. firati*'nin diploid kromozom sayısı ($2n$) 50 ve karyotip formülü $2n=38m-sm+12st$ (NF=88) olarak verilmiştir. Cinsiyet kromozomu farklılaşmasının olmadığı ifade edilmiştir. Altı çift kromozomda perisentromerik C-bantlar'ın tespit edildiği belirtilmiştir. Orta büyüklükteki iki çift subtelosentrik (st) kromozomda NOR tespit edildiği rapor edilmiştir.

Ergene ve ark. (2010) *Pseudophoxinus antalyae*'nin standart, C-bantlı ve Ag-NOR boyalı kromozomal analizini gerçekleştirmişlerdir. $2n=50$ kromozomlu *P. antalyae*'nin karyotip formülünü $2n=16m+14sm+12st+8a$ (NF=92) olarak hesaplanmıştır. C-pozitif bantların çoğu kromozomun sentromer bölgesinde bulunduğu belirtilmiştir. Subtelosentrik (st) kromozom çiftinin kısa kollarında bir çift NOR tespit edildiği rapor edilmiştir.

2.9.3. *Squalius*

Squalius recurvirostris, *S. anatolicus*, *S. fellowesii*, *S. carinus*, *S. seyhanensis*, *S. orientalis*, *S. torgalensis*, *S. aradensis*, *S. squalus*, *S. lucumonis* ve *S. cephalus* olmak üzere Avrupa'daki 11 *Squalius* türünün sitogenetik özellikleri araştırılmıştır (Wolf ve ark., 1969; Cataudella ve ark., 1977; Sofradzija, 1977; Kılıç Demirok, 2000; Bianco ve ark., 2004; Boroń ve ark., 2009; Rossi ve ark., 2012; Nabais ve ark., 2013; Pekol ve Arslan, 2014; Kılıç ve Şişman, 2016; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016; Karasu-Ayata, 2020; Karakuş Ünal ve Gaffaroğlu, 2021; Doori ve Arslan, 2022). Bu çalışmalarda, *Squalius* türlerinin diploid kromozom sayısı ($2n$) 50 olarak bulunmuştur.

Doori ve Arslan (2022) endemik Akşehir tatlısu kefali *S. recurvirostris*'in sitogenetik özelliklerini araştırmışlardır. Karyotip içerisinde dişi bireylerde heteromorf Z (akrosentrik) ve W (submetasentrik-subtelosentrik), erkek bireylerde homomorf ZZ (metasentrik) eşey kromozomlarını tespit etmişlerdir. Karyotip formülünü dişi birey için $2n=12m+18sm+10st+8a$ (NFa=88/NF=90) olarak hesaplamışlardır. Bazı kromozomlarda sentromerik, hafif perisentromerik veya parasentromerik C-bantlar tespit etmişlerdir. Bir çift C-heterokromatin ile ilişkili heteromorfik NOR tespit edildiği belirtilmiştir. Bu NOR'lardan biri submetasentrik kromozom çiftinin uzun kolunun tamamında, diğeri ise başka bir submetasentrik kromozom çiftinin kısa kolunun tamamında gözlemlenmiştir.

Karakuş Ünal ve Gaffaroğlu (2021) Beyşehir Gölü'ndeki *Squalius anatolicus*'un standart, C-bantlı ve Ag-NOR boyalı karyotiplerini rapor etmişlerdir. Analiz edilen tüm *S. anatolicus* örneklerinin $2n=50$ sayıda kromozoma sahip olduğunu ve karyotipin 7 çift metasentrik (m), 13 çift submetasentrik (sm), 5 çift subtelosentrik/akrosentrik (st/a) kromozomdan oluştuğunu belirtmişlerdir. Morfolojik olarak farklılaşmış cinsiyet kromozomlarının gözlemlenmediği bildirilmiştir. C-bantlı karyotipte çoğu kromozomun perisentromerik bantlar ve bazı kromozomların da interkalar veya terminal C bantlara

sahip olduğu vurgulanmıştır. NOR'ların, bir sm kromozom çiftinin kısa kollarında lokalize olduğunu ve bu NOR'ların boyut heteromorfizmi gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Karasu-Ayata (2020) *Squalius carinus* ve *S. fellowesii*'nin kromozom sayısını $2n=50$ olarak bildirmiştir. Karyotipin, *S. carinus*'ta 12 metasentrik, 10 submetasentrik ve 3 subtelo-akrosentrik kromozom çiftinden; *S. fellowesii*'de ise 10 metasentrik, 10 submetasentrik ve 5 subtelo-akrosentrik kromozom çiftinden oluştuğunu rapor etmiştir. Türlerin karyotipinde heteromorfik cinsiyet kromozomunun tespit edilemediği ve karyotiplerdeki en büyük kromozom çiftinin subtelo-akrosentrik (st-a) olduğu belirtilmiştir. *S. carinus* ve *S. fellowesii* kromozomlarının çoğunda perisentromerik C-bantların gözlemlendiği ve nükleolus düzenleyici bölgelerin, her iki türde de bir submetasentrik (sm) kromozom çiftinin kısa (p) kollarının terminalinde tespit edildiği ifade edilmiştir.

Ünal ve Gaffaroğlu (2016) *Squalius seyhanensis*'in karyotipinin 16 metasentrik (m), 28 submetasentrik (sm) ve 6 subtelo-akrosentrik (st-a) kromozomdan oluştuğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılara göre *S. seyhanensis*'te sentromerik, perisentromerik ve parasentromerik C-bantlar tespit edilmiş ve bir çift sm kromozomun kısa kolunun uç noktalarında NOR gözlemlenmiştir. Eşey kromozomları bildirilmemiştir.

Kılıç Demirok (2000) Dicle Nehri'ndeki *Squalius orientalis*'in 50 kromozomlu olduğunu ve karyotipin 7 çift metasentrik, 10 çift submetasentrik ve 8 çift subtelo-akrosentrik kromozomdan oluştuğunu rapor etmiştir.

Nabais ve ark. (2013) *Squalius torgalensis* ve *S. aradensis*'in sitogenetik analizini geleneksel (Giemsa boyama, Kromomisin A₃ (CMA₃)-floresan, Gümüş boyama (Ag-NOR)) ve moleküler teknikler (18S rDNA) probu ile floresan in situ hibridizasyon (FISH) kullanarak araştırmışlardır. Allopatrik fakat bitişik bir dağılım gösterdiği belirtilen türlerin $2n=50$ sayıda kromozom içerdiği ve her iki türünde aynı karyotip formüle ($2n=10m+36sm+4st-a$) sahip olduğu bildirilmiştir. CMA₃ ve Ag-NOR boyama ve 18rDNA FISH sonucunda her iki türde de homolog submetasentrik (sm) kromozom çiftinde aynı sinyallerin gözlemlendiği belirtilmiştir.

Rossi ve ark. (2012) *Squalius lucumonis* ve *S. squalus*'un karyotipini ve diğer kromozomal özelliklerini geleneksel bantlama ve FISH tekniği kullanarak analiz etmişlerdir. Her iki türünde $2n=50$ sayıda kromozom taşıdığı ve *S. lucumonis*'in karyotipinin azalan büyüklükte 8 metasentrik (m), 13 submetasentrik (sm) ve 4 subtelo/akrosentrik (st/a) kromozom çiftinden oluştuğu belirtilmiştir. Cinsiyete bağlı kromozomal farklılığın tespit edilmediği ve tüm metafazlarda lösisinler için

karakteristik olan st kromozomunun açıkça ayırt edildiği ifade edilmiştir. Cinsiyete bağlı kromozomal farklılığın gözlemlenmediği ve en büyük st/a ve orta büyüklükteki sm kromozom çiftleri haricindeki tüm kromozomların perisentromerik C-bantlar taşıdığı rapor edilmiştir. Birbiriyle tutarlı olan Ag-NOR ve CMA₃ boyama sonucunda NOR'ların (çoğunlukla heteromorfik boyutta olan iki NOR) orta büyüklükteki bir sm kromozom çiftinin kısa kollarında lokalize olduğu ve bu NOR bölgelerinin C-pozitif bölgelerle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. NOR'ların sayısının ve konumunun 45 rDNA probu ile doğrulandığı ifade edilmiştir. *S. squalus*'taki 5S rDNA sinyallerinin en büyük st kromozom çifti üzerinde lokalize iken *S. lucumonis*'te her iki rDNA lokus sınıfının da 12 numaralı kromozom çiftinin kısa kolları üzerinde tandem olarak sıralandığı belirtilmiştir.

Squalius cephalus'un kromozomal özellikleri Almanya (Wolf ve ark., 1969), İtalya (Cataudella ve ark., 1977; Bianco ve ark., 2004), Çekya (Sofradzija, 1977), Polonya (Boroń ve ark., 2009) ve Türkiye'den (Pekol ve Arslan, 2014; Kılıç ve Şişman, 2016) rapor edilmiştir. Cataudella ve ark. (1977) *S. cephalus*'un karyotip formülünü $2n=16m+12sm+12st+10a$ olarak hesaplamışlar ve karyotip seti içerisindeki en büyük kromozomun çiftinin akrosentrik olduğunu ifade etmişlerdir. Bianco ve ark. (2004) *S. cephalus*'un karyotipinin 8 çift metasentrik, 13 çift submetasentrik ve 4 çift subtelo/akrosentrik kromozomdan oluştuğu rapor etmişlerdir. Kromozomların çoğunda sentromerik C-bantlar tespit edildiğini ve Ag-NOR ve CMA₃ boyama, NOR'ların submetasentrik bir çiftin kısa kollarında lokalize olduğunu belirtmişler. Boroń ve ark. (2009) *S. cephalus*'un karyolojisini geleneksel (standart, C-, Ag-NOR, CMA₃) ve moleküler yöntemler (58.S ve 28S rDNA proları ile FISH analizi) kullanarak araştırmışlardır. $2n=50$ kromozomlu *S. cephalus*'un karyotip formülünü $2n=10m+22sm+10st+8a$ (NF=82) şeklinde bildirmişlerdir. En büyük kromozom çiftinin akrosentrik olduğu belirtilmiştir. Tüm kromozomlarda C-pozitif sentromerik heterokromatin bantların bulunduğu belirtilmiştir. CMA₃ boyama ile tutarlı küçük st kromozom çiftinin kısa kollarında NOR'ların varlığı bildirilmiştir. rDNA FISH sinyallerinin st kromozom çifti üzerindeki telomerik AgNOR bölgelerinde tespit edildiği ifade edilmiştir. Pekol ve Arslan (2014) *S. cephalus*'un NOR fenotipini araştırmışlardır. *S. cephalus* için genom başına düşen NOR sayısının 2 olduğunu ve NOR'ların genellikle subtelo/akrosentrik kromozomlarda gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Kılıç ve Şişman (2016) Karasu Nehri'ndeki *S. cephalus*'un diploid kromozom sayısını 50 bulmuşlardır. Karyotipin 10 metasentrik, 22 submetasentrik, 10

subtelosentrik ve 8 akrosentrik kromozomdan oluştuğunu ve temel kromozom kol sayısını (NF) 92 olarak bildirmişlerdir. Türün cinsiyet kromozomlarının tespit edilemediği belirtilmiştir.

2.9.4. *Cobitis*

Mevcut literatüre göre şu ana kadar 20 *Cobitis* türünün; *C. taenia*, *C. elongatoides*, *C. vardarensis*, *C. taurica*, *C. pontica*, *C. tanaitica*, *C. lutheri*, *C. choii*, *C. melanoleuca*, *C. calderoni*, *C. maroccana*, *C. longicarpus*, *C. koreensis*, *C. tetralineata*, *C. rotundicaudata*, *C. striata*, *C. takatsuensis*, *C. linea*, *C. phrygica* ve *C. simplicispina*'nın kromozomal verileri rapor edilmiştir (Kimizuka ve ark., 1982; Ueno ve ark., 1985; Kim ve Lee, 1986; Madeira ve ark., 1992; Vasil'eva ve Vasil'ev, 1998; Boroń, 1999; Kim ve ark., 1999; Ráb ve ark., 2000; Rábová ve ark., 2001; Boroń, 2003; Boroń ve ark., 2003; Janko ve ark., 2005; Vasil'eva ve Vasil'ev, 2006; Janko ve ark., 2007; Vasil'ev ve ark., 2007; Vasil'ev ve Vasil'eva, 2008; Esmaeili ve ark., 2015; Ayata ve ark., 2018). Bu çalışmalarda, *C. taenia* ($2n=48$) ve *C. tanaitica* ($2n=49$) dışındaki *Cobitis* türlerinin diploid kromozom sayısı ($2n$) 50 olarak tespit edilmiştir. Fakat çeşitli çalışmalarda *Cobitis* türlerinde poliploid hibrit formlar bildirilmiştir. Bazı *Cobitis* türleri arasında dikkate değer hibridizasyonun meydana geldiği ve bu melezleşmenin ardından sadece dişilere özgü birkaç jinogenetik soyun ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Bohlen ve Ráb, 2001). Ebeveynler arasındaki karyotip ve kromozom yapısındaki farklılıklar, bu melezlerde jinogenetik üremenin nedenleri olarak öne sürülmüş ve *Cobitis* türlerinin karyotipleri ve kromozomal belirteçlerinde büyük farklılıklar gözlenmiştir (Janko ve ark., 2007).

Madeira ve ark. (1992)'na göre Cobitidae familyası içerisinde diploid ve tetraploid bireyler bulunmaktadır. $2n=50$ 'nin yaygın olduğu $2n=40$ ila $2n=62$ arasında değişkenlik gösteren ilk grup ve $2n=98-100$ arasında değişen ikincil grubun varlığı bildirilmiştir. $2n=98-100$ kromozomlu bireyler *Cobitis*, *Botia* ve *Misgurnus* türleridir (Madeira ve ark., 1992). Oysaki Vasil'ev ve Vasil'eva (2008) *Misgurnus* ve *Cobitis* cinsi Uzak Doğu ve Japon türlerinin ezici çoğunluğunun diploid sette 50 kromozoma sahip olduğunu vurgulamıştır.

Rusya, Çek Cumhuriyeti ve Polonya'da farklı biseksüel *Cobitis* balık türleri ve poliploid hibrit formlar tanımlanmıştır (Boroń ve ark., 2006). Polonya'daki Vistula Nehri havzasındaki *Cobitis* popülasyonları, *C. taenia*'nın erkek ve dişilerini ve *C. taenia*

ile muhtemelen *C. tanaitica* arasındaki triploid ve tetraploid hibritleri içermektedir (Boroń ve ark., 2006). Odra Nehri'ndeki *Cobitis* popülasyonları ise *C. taenia* ve/veya *C. elongatoides* ile her iki tür arasındaki diploid, triploid ve tetraploid hibritleri içermektedir (Boroń, 1995; Boroń ve Danilkiewicz, 1998; Boroń, 1999; Boroń ve Kotusz, 2000; Boroń, 2001; Boroń, 2003).

Bug Nehri'ndeki *Cobitis* türlerinin triploid ve tetraploid hibrit formları ile diploid *C. taenia* ($2n=48$) bireylerinin bir arada dağılışı gösterdiği rapor edilmiştir (Boroń, 1999; Boroń, 2001; Boroń ve ark., 2003). Boroń ve ark. (2003) İngiltere'deki üç farklı habitatta poliploid *C. taenia* bireylerinin varlığından bahsetmiştir.

Üç farklı *Cobitis* türü; *C. taenia*, *C. biwae* ve *C. sinensis*'te hibritleşme ve tek eşeylilik olguları bildirilmiştir (Ueno ve Ojima, 1976; Sofradžija ve Berberovic, 1978; Vasil'ev ve ark., 1989). Vasil'ev ve ark. (1989) *Cobitis* cinsindeki diploid-poliploid kompleksinin, *C. taenia* ve *C. granoiei* olmak üzere iki diploid biseksüel tür, bir triploid ginogenetik form ve iki tetraploid ginogenetik form içerdiğini belirtmiştir.

Vasil'ev ve Vasil'eva (2022) Rusya'daki Batı Dvina (182 birey) ve Yukarı Dinyeper (91 birey) olmak üzere iki farklı nehirdeki *Cobitis* bireylerinin kromozomal özelliklerini araştırmıştır. Batı Dvina Nehri'ndeki 121 bireyin $3n=74$; Yukarı Dinyeper Nehri'ndeki 42 bireyin ise $3n=74$ kromozomlu triploid dişiler olduğu bildirilmiştir. Triploid dişiler dışındaki geriye kalan bireylerin $2n=48$ kromozomlu *C. taenia* olarak rapor edilmiştir. Batı Dvina'daki triploid formun, büyük olasılıkla *C. tanaitica* ve *C. taenia*'nin hibritleşmesi sonucunda meydana geldiği düşünülmüştür. Dinyeper triploidlerinin ise *C. elongatoides*, *C. tanaitica* ve *Cobitis sp.*'nin, ilk türün ana form olarak hibridizasyonu yoluyla oluştuğunu önermişlerdir. Batı Dvina havzasında triploid formun karyotipinin 50 kromozomlu haploid ve 48 kromozomlu haploid setten oluştuğunu ve 48 kromozoma sahip tek *Cobitis* türünün *C. taenia* olduğu ifade edilmiştir. *C. taenia*, *C. elongatoides* ve bilinmeyen türler *Cobitis sp.* daha önce Volga Nehri havzasında yaygın olan triploid formun ebeveyn türü olduğu varsayılmıştır ((Vasil'ev ve ark., 2011). Tuna nehrindeki dikenli çoprabalıklarının temel olarak triploidler ($3n = 75$), az sayıda tetraploidler ($4n = 100$) ve $2n = 50$ ile diploid erkek ve dişilerle temsil edilen *C. elongatoides* bireyleri tanımlanmıştır (Vasil'ev ve Vasil'eva, 2022).

Rusya ve Çek Cumhuriyeti'ndeki birkaç *Cobitis taenia* popülasyonun farklı diploid ve poliploid formlardan oluştuğu bildirilmiştir (Vasil'ev ve ark., 1989; Ráb ve Slavík, 1996). Polonya'da ise $3n=74$ kromozomlu triploid jinogenetik dişiler, $4n=96$

kromozomlu bir ototetraploid dişinin ve $4n=98$ kromozomlu bir allotetraploid dişinin bulunduğu tespit edilmiştir (Boroń, 1999).

Janko ve ark. (2007) *Cobitis strumicae* ve *C. elongata* dışındaki Akdeniz dışı türlerin birbirleriyle melezleşerek birkaç melez biyotipe yol açtığını ve diploid, triploid ve tetraploid *C. elongatoides-taenia* ile triploid ve tetraploid *C. elongatoides-tanaítica*'nın en yaygın hibrit formlar olduğunu ifade etmiştir.

Karyolojisi çalışılan mevcut *Cobitis* türlerinden; *C. elazigensis*, *C. phrygica*, *C. simplicispina*, *C. taenia* ve *C. vardarensis*'in C-bantlı karyotipleri mevcuttur. *C. elazigensis* (Değer, 2011), *C. phrygica* (Ayata ve ark., 2018) ve *C. simplicispina*'da (Ayata ve ark., 2018) çoğu kromozomların sentromerik bölgelerinde C-bantların varlığı rapor edilmiştir. *C. elazigensis*'ten farklı olarak *C. phrygica* ve *C. simplicispina*'nın tüm kromozomlarında perisentromerik C-bantları bildirilmiştir. Ayrıca, *C. phrygica*'ta 2 çift kromozomda ve *C. simplicispina*'da ise 1 çift kromozomda interstitial bantlar gözlemlenmiştir. *C. taenia*'da, neredeyse tüm kromozomların sentromerlerinde ve birkaç metasentrik ve submetasentrik kromozomun perisentromerik bölgelerinde C-pozitif heterokromatin bantların varlığı bildirilmiştir (Boroń, 1999). *C. taenia*'da olduğu gibi *C. vardarensis*'in tüm kromozom çiftlerinin perisentromerik bölgelerinde C-pozitif bantların olduğu ifade edilmiştir (Rábová ve ark., 2001).

Cobitis phrygica, *C. simplicispina*, *C. taenia*, *C. elongatoides*, *C. vardarensis*, *C. calderoni*, *C. maroccana*'nın NOR fenotipleri bildirilmiştir. *Cobitis* türlerinde, NOR'ların sayısı ve konumu oldukça değişkenlik göstermektedir (Ráb ve Slavík, 1996; Boroń, 1999; Ráb ve ark., 2000). Diploid ($2n$) formlardaki *Cobitis phrygica* (Ayata ve ark., 2018), *C. simplicispina* (Ayata ve ark., 2018), *C. elazigensis* (Değer, 2011), *C. taenia* (Boroń, 1999), *C. calderoni* (Madeira ve ark., 1992) ve *C. maroccana*'da (Madeira ve ark., 1992) NOR'ların 1 çift kromozom üzerinde lokalize olduğu rapor edilmiştir. NOR sayısı ve konumu bakımından *C. vardarensis* ve *C. elongatoides*'te, 3 ila 5 arasında değişen ve 10 farklı sitotipte NOR polimorfizmi ortaya konmuştur (Rábová ve ark., 2001). Boroń (1999) $3n=74$ kromozomlu triploid hibrit *C. taenia* dişilerinde 2 çift NOR taşıyan kromozomun bulunduğunu ve NOR bölgelerinin iki çift kollu ve iki tek kollu kromozomlar üzerinde tespit edildiğini vurgulamıştır. $2n=48$ kromozomlu diploid erkekte ise NOR'ların 1 çift subtelosentrik kromozomun kısa kolunda tespit edildiğini ifade etmiştir.

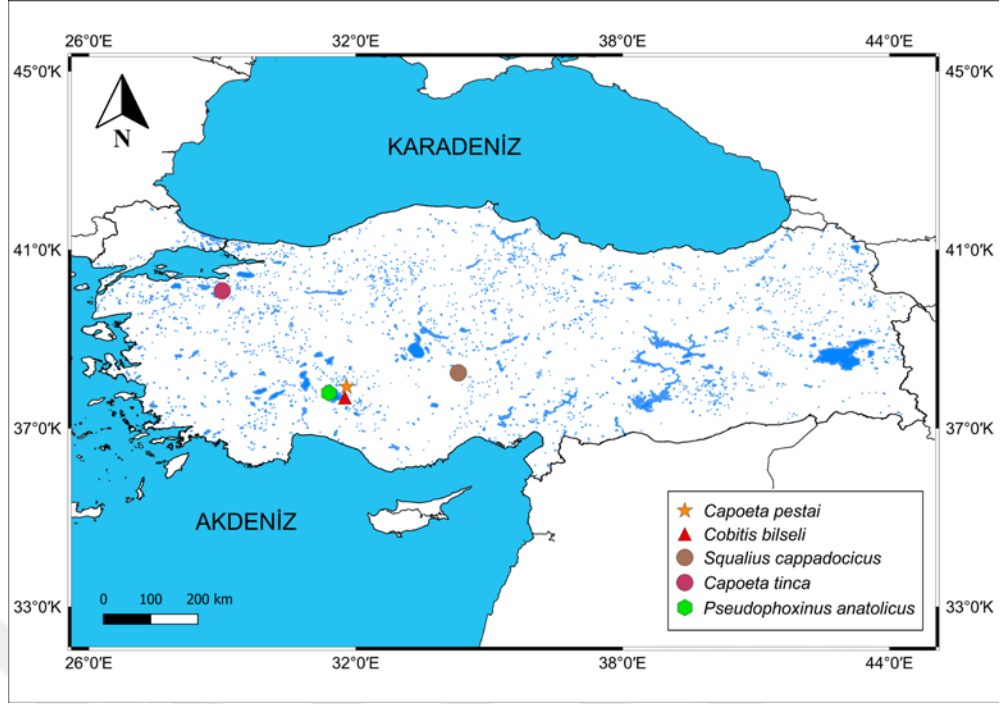
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Arazi çalışmaları, Kasım 2021-Ekim 2023 tarihleri arasında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün E-21264211-288.04-1370180 sayılı izni ile belirtilen lokalitelerde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.1). Örnekleme işlemi “Samus Rich P 2000” marka elektroşoker cihazı ile yapıldı. Yakalanan balık örnekleri, pilli hava motoru ile havalandırılan plastik kaplar içerisinde canlı olarak Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'ndeki Omurgalı Hayvanlar Araştırma Laboratuvarı'na getirildi. Balıklar, adaptasyon süresince ve karyolojik analiz öncesinde sürekli havalandırılan cam akvaryum içerisinde bekletildi. Arazi çalışmaları sonucunda hedef türlerin elde edildiği lokaliteler Şekil 3.1'deki Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir. Lokasyon haritaları “QGIS 3.34.4 LTR” ile oluşturuldu.

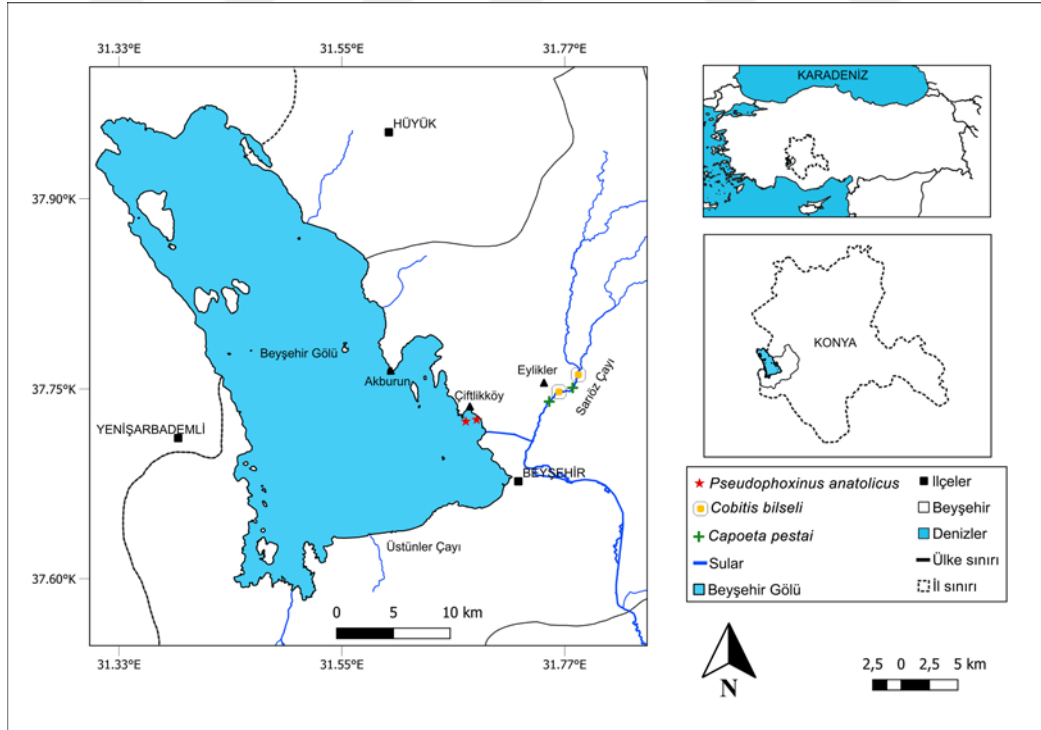
Çizelge 3.1. Örnekleme yapılan hedef türlerin sayısal ve lokasyon verileri

Tür	Örnek Sayısı		Lokalte	Kooordinat
	Erkek	Dişi		
<i>Capoeta pestai</i>	2♀	2♂	Sarıöz Çayı-Beyşehir/KONYA	37°44' K, 31°45' D
<i>Capoeta tinca</i>	2♀	2♂	Nilüfer Çayı-Osmangazi/BURSA	40°05' K, 28°59' D
<i>Pseudophoxinus anatolicus</i>	2♀	2♂	Beyşehir Gölü-Beyşehir/KONYA	37°44' K, 31°41' D
<i>Squalius cappadocicus</i>	2♀	2♂	Melendiz Çayı-Güzelyurt/AKSARAY	38°14' K, 34°20' D
<i>Cobitis bilseli</i>	2♀	2♂	Sarıöz Çayı-Beyşehir/KONYA	37°44' K, 31°45' D



Şekil 3.1. Hedef türlerin elde edildiği genel lokasyon haritası

Beyşehir Gölü Havzası'ndaki *Capoeta pestai*, *Cobitis bilseli* ve *Pseudophoxinus anaticus* örneklerinin elde edildiği lokasyon haritası Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. *Capoeta pestai*, *Cobitis bilseli* ve *Pseudophoxinus anaticus* örneklerinin toplandığı lokaliteler

Capoeta pestai (Şekil 3.3) ve *Cobitis bilseli* (Şekil 3.4) bireyleri Beyşehir Gölü'nü besleyen en önemli su kaynaklarından olan Sarıöz Çayı'ndan elde edildi. Örnekleme çalışmaları, Eylikler mahallesinin giriş kısmındaki köprü altından ve çayın zemin yapısının değiştiği farklı bölgelerde yapıldı (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).



Şekil 3.3. Akvaryum içerisindeki *Capoeta pestai* bireyi (Fotoğraf: Atilla ARSLAN)



Şekil 3.4. *Cobitis bilseli*'nin genel görünümü (Fotoğraf: Atilla ARSLAN)



Şekil 3.5. *Capoeta pestai* örneklerinin yakalandığı Sarıöz Çayı üzerindeki Koca Köprü (Eylikler)



Şekil 3.6. *Cobitsi bilseli* bireylerinin yakalandığı yumuşak zeminli habitat (Eylikler)

Pseudophoxinus anatolicus (Şekil 3.7) örnekleri ise Beyşehir Gölü'nün Çiftlikköy kıyısındaki bölgeden alındı (Şekil 3.8).

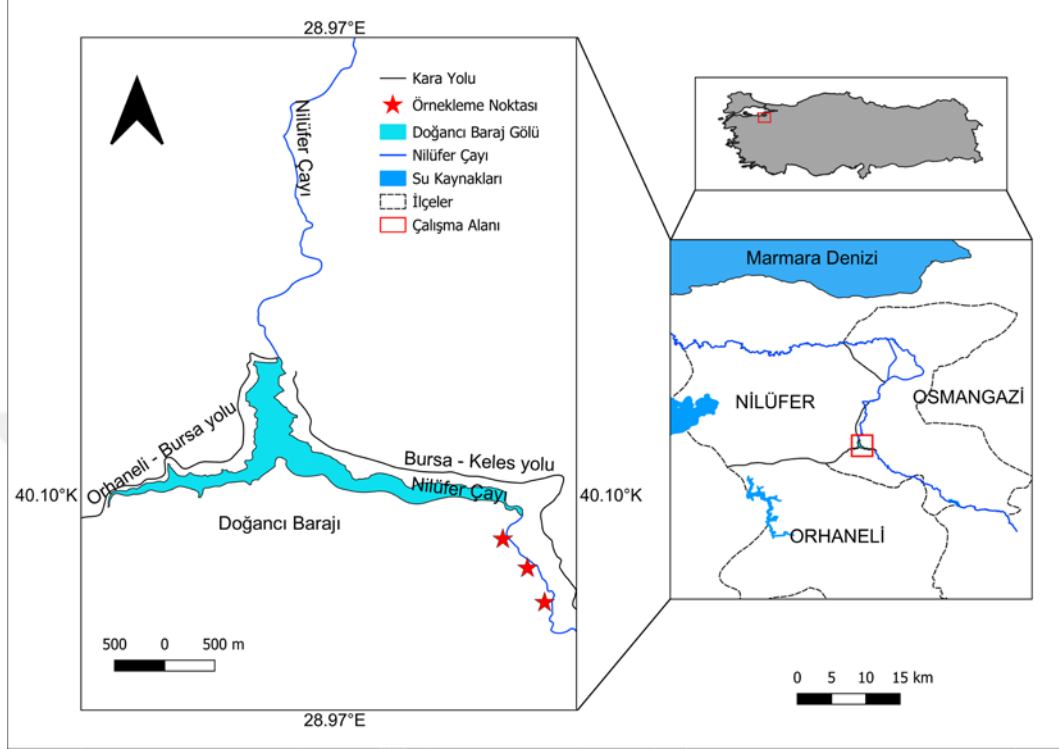


Şekil 3.7. Akvaryum içerisindeki *Pseudophoxinus anatolicus* bireyi (Fotoğraf: Atilla ARSLAN)



Şekil 3.8. *Pseudophoxinus anatolicus* örnekleme (Çiftlikköy)

Capoeta tinca örneklerinin elde edildiği çalışma alanı Şekil 3.9’da gösterilmiştir. *C. tinca* (Şekil 3.10) bireyleri Doğancı Barajı’nın alt kısmındaki Nilüfer Çayı’ndan elde edildi (Şekil 3.11).



Şekil 3.9. *Capoeta tinca* örneklemesinin yapıldığı çalışma alanı

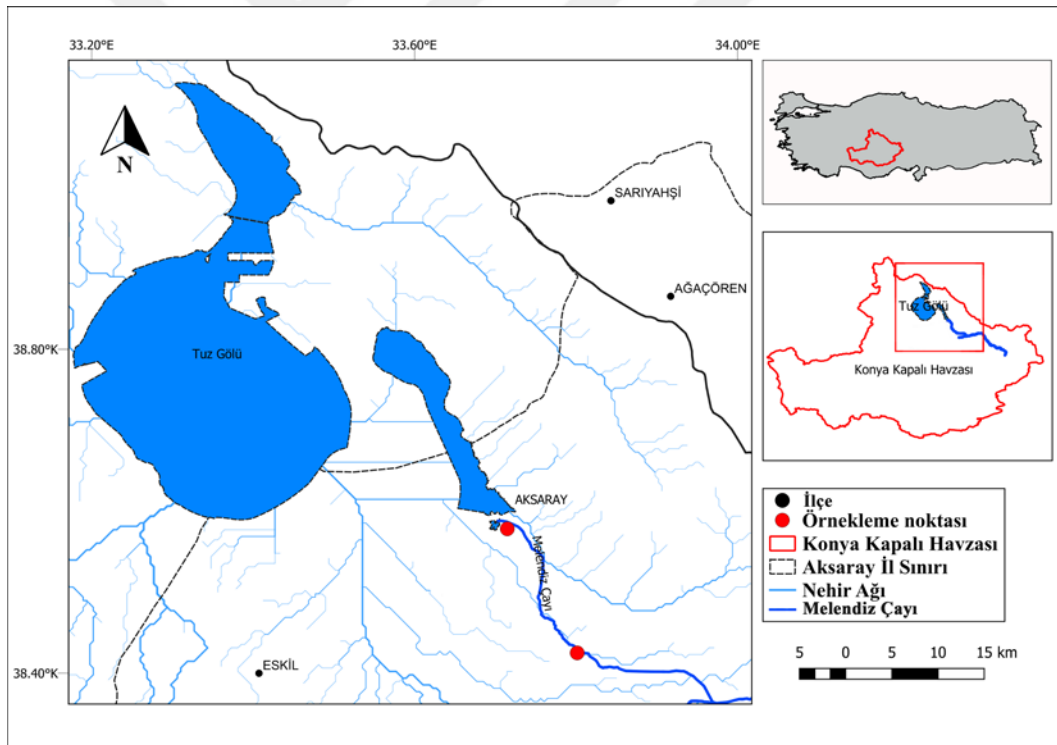


Şekil 3.10. Akvaryum içerisindeki *Capoeta tinca* bireyi (Fotoğraf: Atilla ARSLAN)



Şekil 3.11. *Capoeta tinca* örneklerinin yakalandığı Nilüfer Çayı (Osmangazi-BURSA)

Squalius cappadocicus örneklerinin elde edildiği çalışma alanı Şekil 3.12’de gösterilmiştir. *S. cappadocicus* (Şekil 3.13) bireyleri Ihlara Vadisi içerisindeki Melendiz Çayı’ndan elde edildi (Şekil 3.14).



Şekil 3. 12. *Squalius cappadocicus* örneklemesinin yapıldığı çalışma alanı



Şekil 3.13. Akvaryum içerisindeki *Squalius cappadocicus* bireyleri (Fotoğraf: Atilla ARSLAN)



Şekil 3.14. *Squalius cappadocicus* örneklerinin yakalandığı Melendiz Çayı (Güzelyurt-AKSARAY)

3.2. Metot

Karyolojik preparasyon Bertollo ve ark. (2015)'nin kemikli tatlı su balıklarından doğrudan kromozom hazırlanması metoduna göre yapıldı. Konstitütif heterokromatin bölgelerinin tespiti için Sumner (1972)'in C-bantlama (CBG ve CB-DAPI bantlama) tekniği uygulandı. Nükleolar düzenleyici bölgeler (NOR)'in ortaya çıkarılması amacıyla Howell ve Black (1980)'in gümüş boyama (Ag-NOR) metodu uygulandı. Bu yöntemler sonrasında da preparatlar Giemsa ve DAPI ile boyandı. Giemsa boyalı preparatlar, Olympus BX-51 marka ışık mikroskopunda incelendi ve kalite metafazların fotoğrafları çekildi (Fotoğraflar, Olympus DP71 kamera ile çekildi. "Olympus-DP Controller" adlı

program kullanıldı). CB-DAPI boyalı preparatların görüntülenmesi ise Nikon Eclipse Ci-L marka floresan mikroskopunda yapıldı ve fotoğraflama işlemi gerçekleştirildi. Karyotipleme işlemi bilgisayar ortamında yapıldı. Kromozomların sınıflandırılması Levan ve ark. (1964)'na göre yapıldı. Kromozomlar büyükten küçüğe doğru sırasıyla metasentrik (m), submetasentrik (sm), subtelosentrik (st) ve akrosentrik (a) olarak sıralandı ve her bir kromozom numaralandırıldı.

3.2.1. Karyolojik preparasyon

Karyolojik analiz Bertollo ve ark. (2015)'na göre yapıldı. Çalışılacak her bir balık için abdominal boşluktan %0,1'lik (1ml/100gr) kolşisin enjekte edildi. Kolşisin muamelesi sonrasında da balık/balıklar 50-60 dakika akvaryum içerisinde bekletildi. %10 benzokain solüsyonu ile anestezi yapıldıktan sonra numunenin baş böbreğinden alınan hücre süspansiyonu KCl (0,075 M) solüsyonunda 37°C'deki etüvde 45 dakika bekletildi. Hücre süspansiyonu 1200 rpm'de 10 dk santrifüj edildi ve süpernatant atılarak fiksasyon (metanol:asetik asit, 3:1) işlemleri yapıldı. Fiksasyon adımları 2-3 kez tekrarlandı ve damlatma yapılarak preparatlar hazırlandı. Preparatlar oda sıcaklığında kurutularak bazı slaytlar standart karyotip için %10'luk giemsa-sorensen ile boyandı.

3.2.2. Konstitütif heterokromatin bantlama

Çözeltiler ve Hazırlanışı:

- 0,2 N HCl: 830 µl HCl + 50 ml saf su
- %1'lik Ba(OH)₂ (Baryum hidroksit): 1 gr Ba(OH)₂*8H₂O + 100 ml saf su
- 2XSSC solüsyonu: 1,7530 gr NaCl (Sodyum klorür) + 0,8823 gr Na-Sitrat + 200 ml saf su
- Sorensen fosfat tamponu: 4,66 gr KH₂PO₄ (Potasyum fosfat) + 2,195 g Na₂HPO₄ (Sodyum fosfat) + 500 ml saf su
- Boya solüsyonu: %1'lik giemsa-sorensen tamponu

Yapılışı: C-bantlama, Sumner (1972)'in metoduna göre yapıldı. Karyolojik preparasyon sonrasında kurumaya bırakılan 8-10 günlük preparatlar kullanıldı. Preparatlar, oda sıcaklığında 1 saat 0,2 N HCl içerisinde bekletildi. Preparatlar beher içindeki distile suda 3-4 kez çevrildikten sonra çıkarıldı ve 37°C'de etüvde bekletilen %1'lik Ba(OH)₂ solüsyonu 20-25 dk bekletildi. Ba(OH)₂ muamelesi sonrasında preparatlar saf sudan geçirilerek 60°C'de etüv içerisinde bekletilen 2xSSC içerisinde 3

saat bekletildi. Preparatlar tekrar saf sudan geçirildi. Havada kurutulan preparatların bir kısmı 45-50 dk %5'lik giemsa-sorensen ile bir kısmı da DAPI ile boyandı.

3.2.3. Gümüş nitrat boyama

Çözeltiler ve Hazırlanışı:

- Jelatin (%2'lik) + Formik asit (%1'lik): 0,5 gr jelatin + 250 µl formik asit + 25 ml saf su

- Gümüş Nitrat (Ag-NOR) (%50'lik): 12,5 gr Ag-NOR + 25 ml saf su

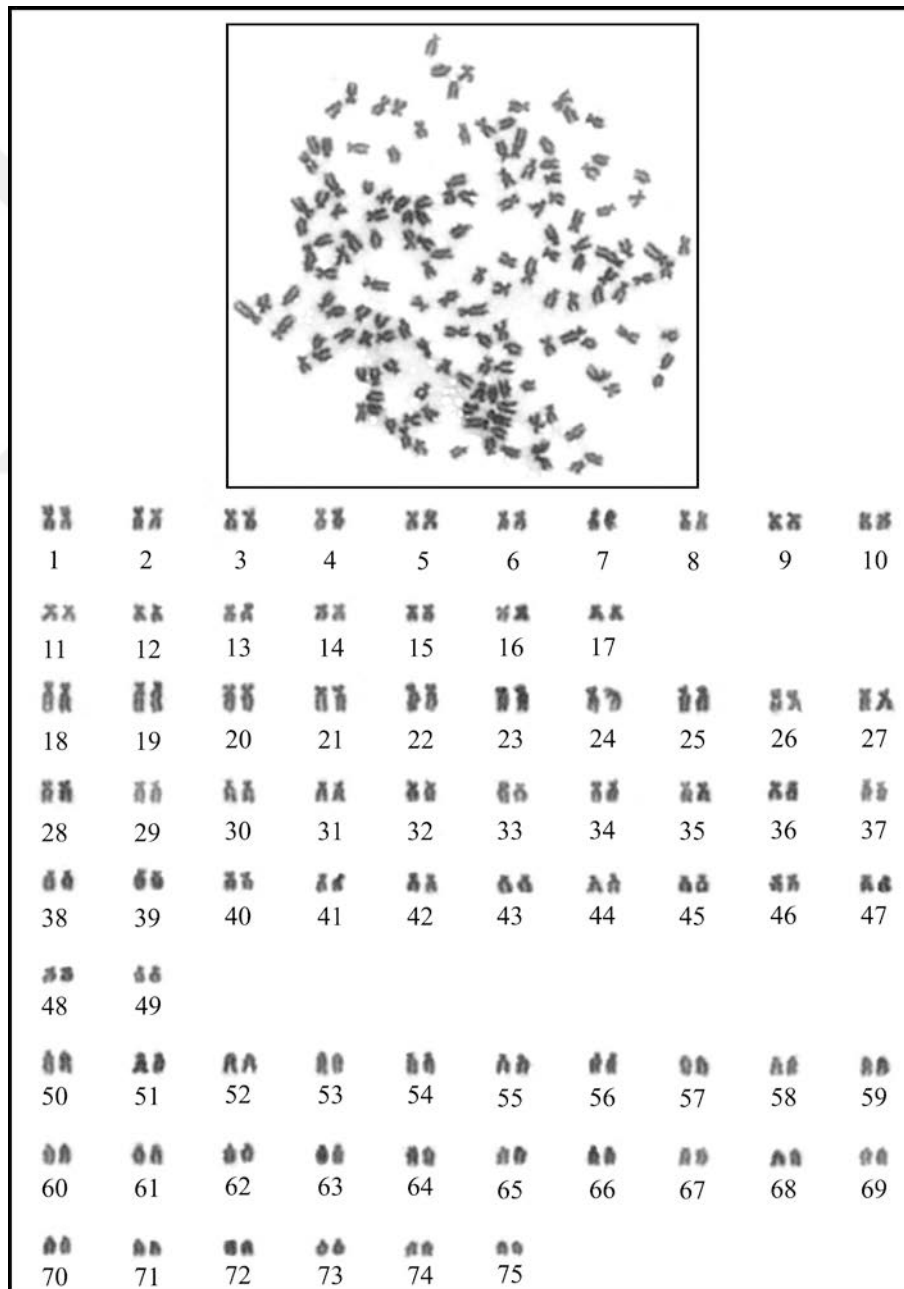
Yapılışı: Ag-NOR boyama, Howell ve Black (1980)'in metoduna göre yapıldı. Ag-NOR boyama için 8-10 günlük preparatlar kullanıldı. Jelatin-formik asit karışımı 57,5 °C'ye ayarlı etüvde bekletilerek eritildi. Ag-NOR-su karışımı ışık görmeyecek karanlık ortamda eriyinceye kadar bekletildi. Eriyen Ag-NOR çözeltisi ayrı bir erlene aktarıldı ve üzerine süzölmüş haldeki jelatinden 12,5 ml ilave edildi. Ag-NOR-jelatin karışımı alüminyum folyo ile sarılı halde preparatların bulunduğu erlene aktarıldı ve 65 °C'lik etüvde 20-25 dakika bekletildi. Süre sonunda preparatlar saf sudan geçirildi ve havada kurutuldu.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. *Capoeta pestai*

4.1.1. Karyotip

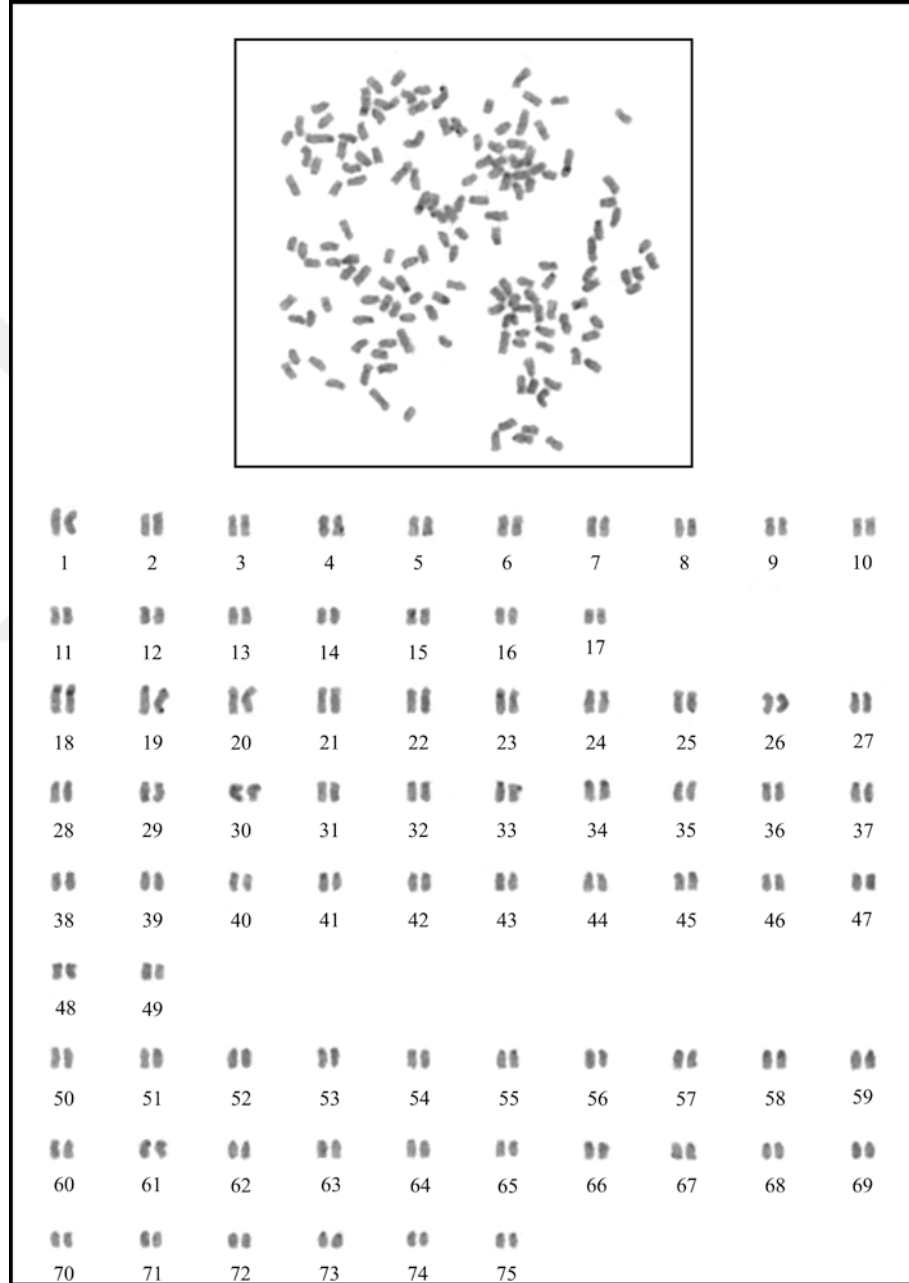
Çalışılan örneklerde (4 dişi) diploid kromozom sayısı $2n=150$ olarak tespit edildi. Karyotip, 17 çift metasentrik (no. 1-17), 32 çift submetasentrik (no. 18-49), ve 26 çift subtelosentrik/akrosentrik (no. 50-75) kromozomdan oluşmaktadır. Temel kromozom kol sayısı (NF) 248 olarak hesaplandı (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. *Capoeta pestai*'nin standart karyotipi

4.1.2. C-bantlama

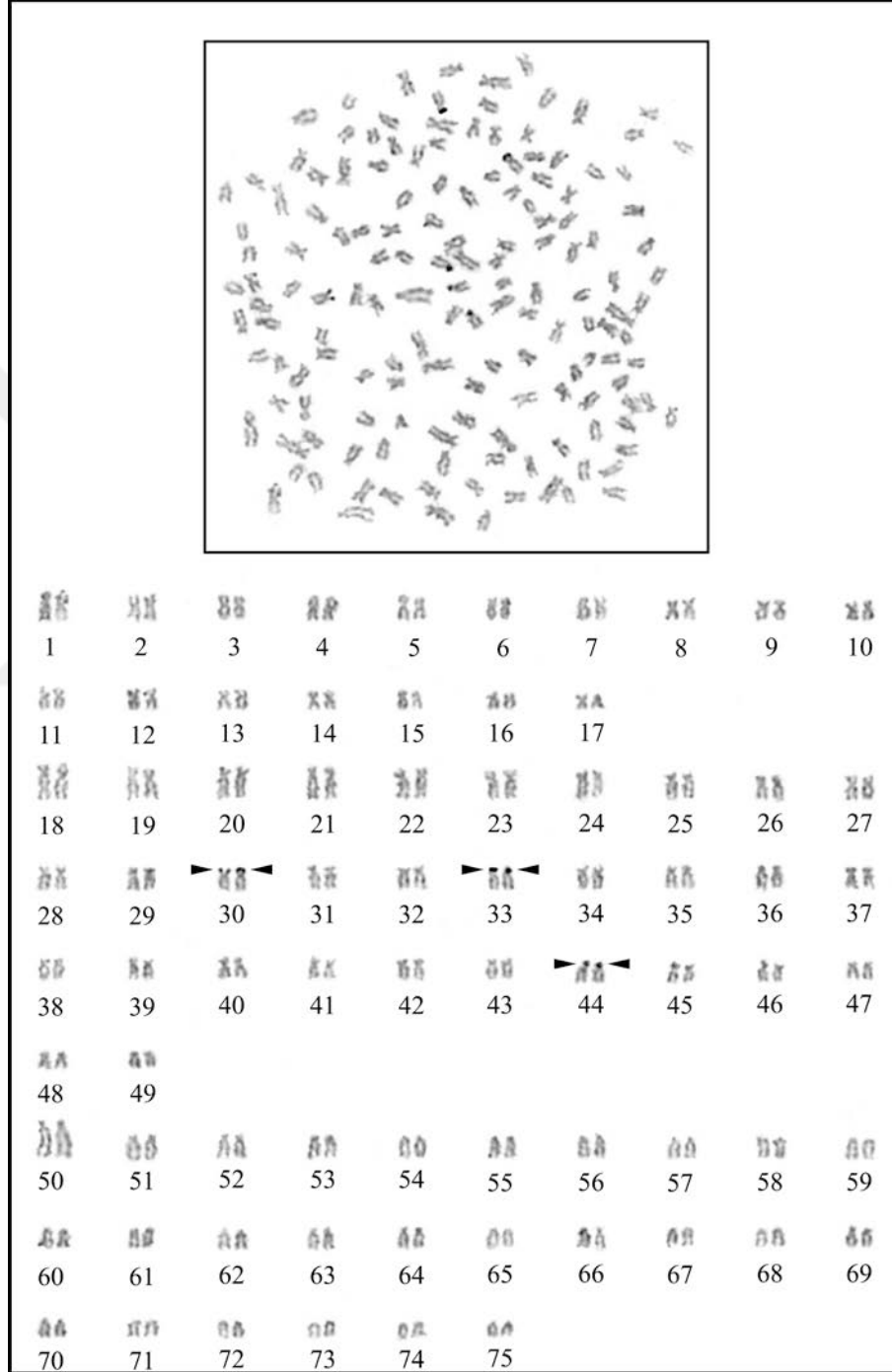
C. pestai'nin konstitütif heterokromatin bölgeleri (C-bantları) Şekil 4.2'de gösterilmektedir. C-bantlar, 16, 57 ve 71 numaralı kromozomlar hariç diğer kromozomların sentromerik ve perisentromerik bölgelerinde gözlenmiştir. C-bantlar, bazı kromozomlarda hafif iken bazı kromozomlarda koyu olarak saptandı.



Şekil 4.2. *Capoeta pestai*'nin C-banlı (CBG) karyotipi

4.1.3. Ag-NOR boyama

İncelenen *Capoeta pestai* örneklerinde altı kromozomda aktif Ag-NOR'lar tespit edildi. Bu aktif Ag-NOR'lar, sırasıyla 30, 33 ve 44 no'lu homolog submetasentrik kromozom çiftlerinin kısa kollarında lokalizedir (Şekil 4.3).

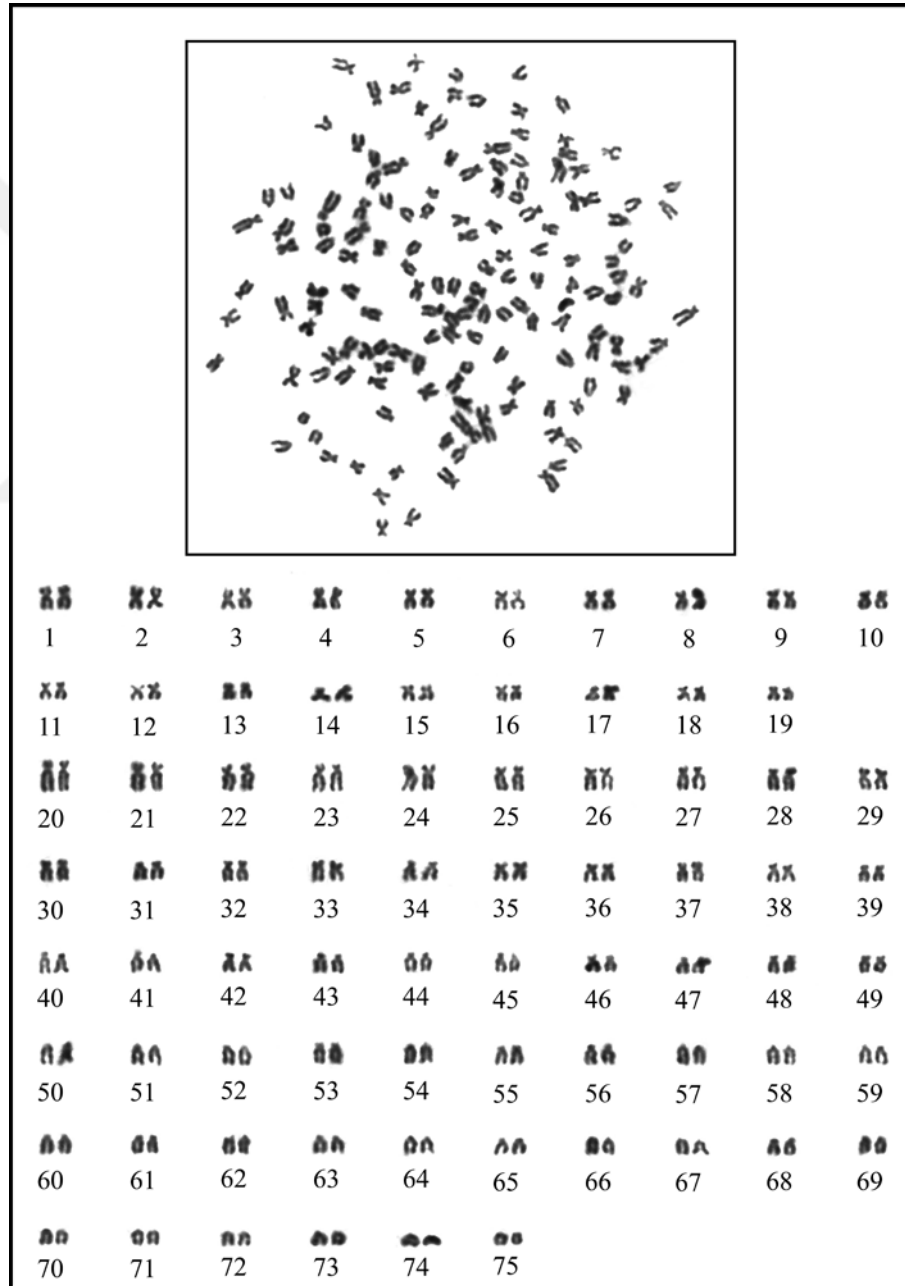


Şekil 4.3. *Capoeta pestai*'nin gümüş boyalı karyotipi (Oklar, Ag-NOR taşıyan kromozomları göstermekte)

4.2. *Capoeta tinca*

4.2.1. Karyotip

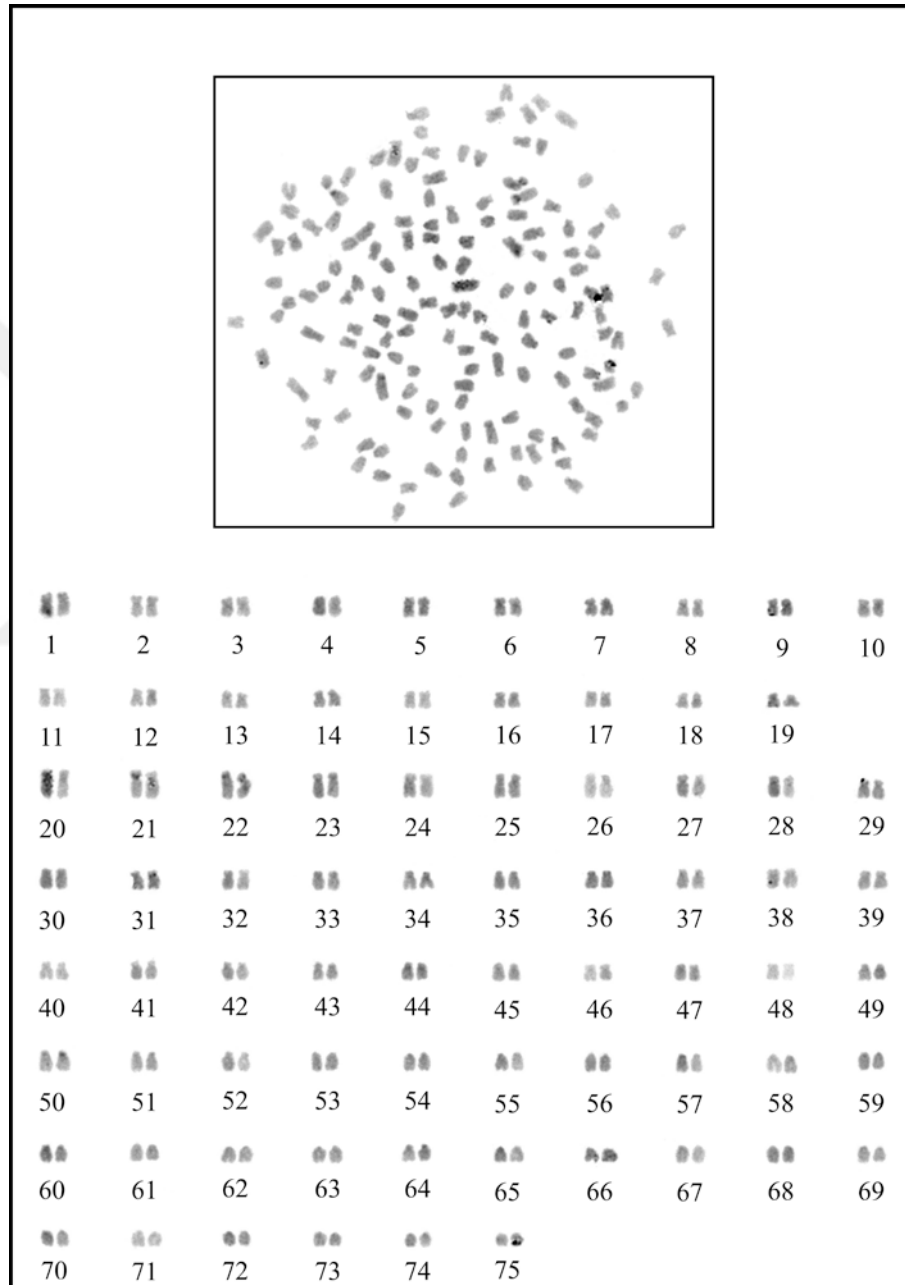
Çalışılan örneklerde (2 dişi, 1 erkek) diploid kromozom sayısı $2n=150$ olarak tespit edildi. Karyotip, 19 çift metasentrik (no. 1-19), 30 çift submetasentrik (no. 20-49), ve 26 çift subtelosentrik/akrosentrik (no. 50-75) kromozomdan setinden oluşmaktadır. Temel kromozom kol sayısı (NF) 248 olarak hesaplandı. Erkek ve dişi örneklerde heteromorfik cinsiyet kromozomları tespit edilmedi (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. *Capoeta tinca*'nın standart karyotipi

4.2.2. C-bantlama

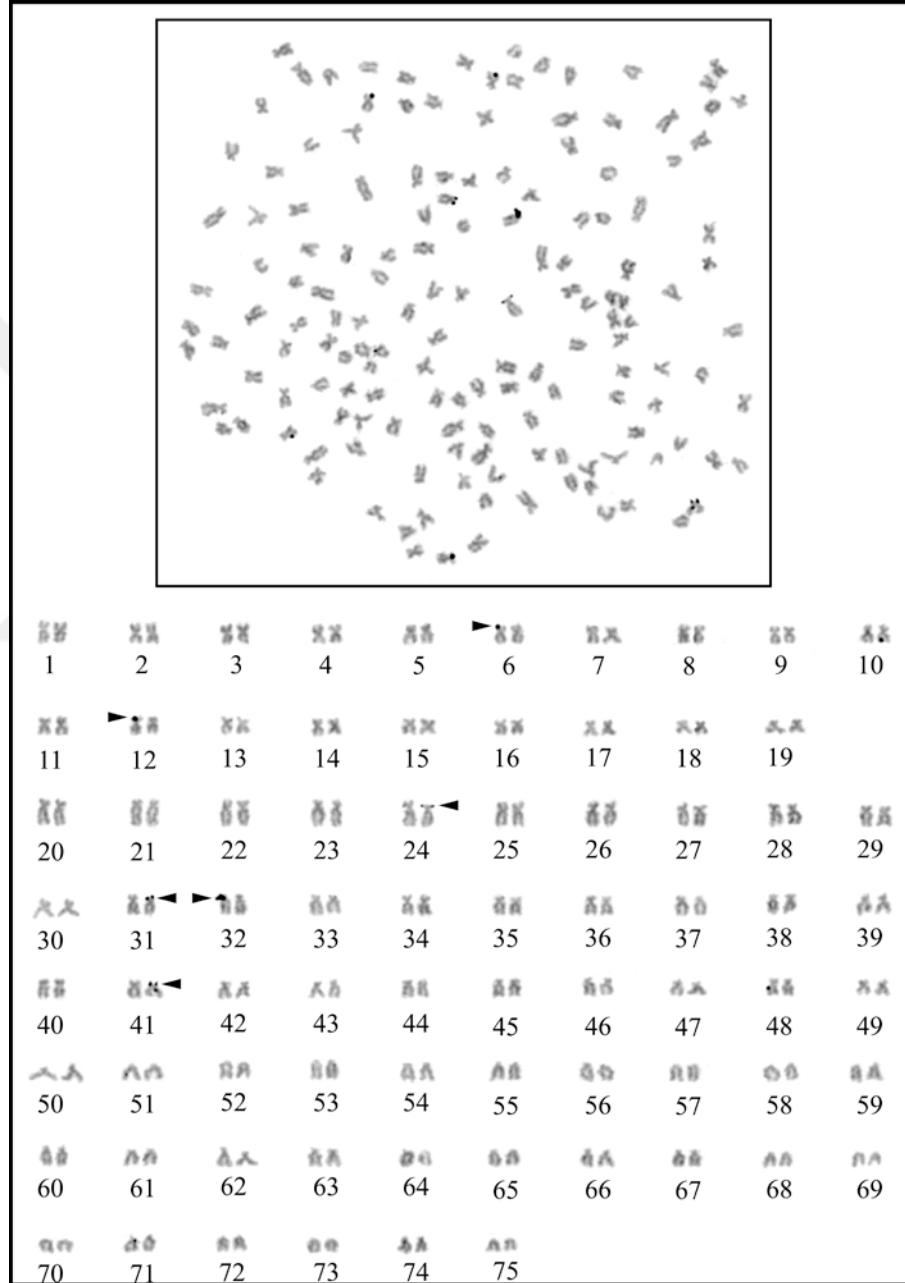
Capoeta tinca'nın konstitütif heterokromatin bölgeleri (C-bantları) Şekil 4.5'te gösterilmektedir. C-bantlar, 11, 24, 38, 40, 43, 46 ve 55 numaralı kromozomlar hariç diğer kromozomların sentromerik ve perisentromerik bölgelerinde hafif veya koyu şekilde gözlenmiştir.



Şekil 4.5. *Capoeta tinca*'nın C-bantlı (CBG) karyotipi

4.2.3. Ag-NOR boyama

İncelenen tüm örneklerde tamamı heterozigot altı aktif Ag-NOR tespit edildi. Kısa kollarda lokalize olan bu aktif NOR'lardan ikisi, 6 ve 12 no'lu metasentrik kromozom çiftlerinin birisi üzerinde, dördü ise 24, 31, 32 ve 41 no'lu submetasentrik kromozom çiftlerinden birisinin üzerinde gözlemlendi (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. *Capota tinca*'nın gümüş boyalı karyotipi (Oklar, Ag-NOR taşıyan kromozomları göstermekte)

Poliploidi, bir organizmanın üç veya daha fazla tam kromozom setine sahip olma durumudur ve hayvanlara kıyasla bitkilerde daha sık görülen bir olgudur (Song ve ark., 2012). Poliploid türlerin en sık rastlanıldığı iki sınıf, amfibiler ve ışnsal yüzgeçli balıklardır (Comai, 2005; Otto, 2007). Poliploidinin ışnsal yüzgeçli balıklar içerisindeki Acipenseriformes, Atheriniformes, Cypriniformes, Cyprinodontiformes, Lepidosireniformes, Lepisosteiformes, Perciformes, Salmoniformes ve Siluriformes gibi çeşitli takımlarda bağımsız olarak meydana geldiği düşünülmektedir (Otto ve Whitton, 2000; Comber ve Smith, 2004). Catostomidae (Cypriniformes) ve Salmonidae (Salmoniformes) familyalarının tamamen poliploid ya da poliploid kökenli olduğu fakat Cobitidae (Cypriniformes) ve Cyprinidae (Cypriniformes) gibi familyalarda farklı ploidi seviyelerinin varlığı bilinmektedir (Machordom ve Doadrio, 2001b; Comber ve Smith, 2004).

Capoeta Valenciennes, 1842 cinsinin evrimleşmesine ilişkin çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Zareian ve ark. (2018) Orta Doğu'da yüksek çeşitlilik gösteren *Capoeta* cinsinin karmaşık bir evrimsel geçmişe sahip olduğunu ve *Luciobarbus* cinsiyle yakından ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Bazı araştırmacılara göre hekzaploid ($2n=150$) *Capoeta* cinsinin evriminde, tetraploid ($2n=100$) *Luciobarbus* ve diploid ($2n=50$) *Cyprinion* cinsleri arasındaki allopoliploid hibridizasyonun önemli bir rol oynadığını düşünülmektedir (Machordom ve Doadrio, 2001a; Yang ve ark., 2015). Levin ve ark. (2012)'na göre *Capoeta* allopoliploidleşme sonucunda ortaya çıkmıştır. *Capoeta* için matrilineal ata türünün *Luciobarbus*'a ait olduğu ve olası ikinci ata türün ise *Hemigrammocapoeta* cinsine ait bir türün olduğu ileri sürülmüştür. Bektas ve ark. (2017) Anadolu'daki Türkiye'de yayılış gösteren *Capoeta* türlerinin moleküler filogenisini araştırmıştır. Çalışmada, 15 *Capoeta* türünün 59 popülasyonunu temsil eden 332 örnekten mitokondriyal sitokrom b gen (1140 bp) dizilerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, *Capoeta* filogenisine yakın ilişkili taksonlar olan *L. esocinus*, *L. pectoralis* ve *B. tauricus eschericii* (Geçerli tür: *Barbus eschericii*)'yi dahil etmişlerdir. Filogenetik ağaç topolojisi ve haplotip ağından elde edilen sonuçlara göre *Capoeta* türlerinin aynı alanda dağılım gösteren *Barbus* ve/veya *Luciobarbus* türlerinin intergenerik hibridi (cinsler arası hibridleşme) olmadığı belirtilmiştir.

Bugüne kadar 11 *Capoeta* türünün karyolojisi geleneksel sitogenetik metotlar kullanılarak araştırılmıştır (Çizelge 4.1). Çalışılan bütün türlerin kromozom sayısı 150'dir ve türlerin hepsi hekzaploiddir.

Çizelge 4.1. *Capoeta* türlerinin kromozomal kayıtları

Tür	Lokalite	2n	Karyotip	NF	Kaynak
<i>Capoeta trutta</i>	Türkiye	150	70M/Sm + 80St/A	220	Kılıç Demirok ve Ünlü (2001)
<i>C. umbla</i>	Türkiye	150	86M/Sm + 64St/A	236	Kılıç Demirok ve Ünlü (2001)
<i>C. capoeta</i>	Türkiye	150	34M + 66Sm + 12St + 38A	250	Kaya (2003)
<i>C. barrosi</i>	Türkiye	150	26M + 54Sm + 26St + 38A	230	Kaya (2003)
	Ürdün	150	-	-	Gorshkova ve ark. (2002)
<i>C. damascina</i>	İran	150	18M + 60Sm + 44St + 28A	228	Dorafshan ve Roozdar (2016)
	Türkiye	150	46M + 42Sm + 62St/A	238	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
<i>C. antalyensis</i>	Türkiye	150	84M/Sm + 66St/A	234	Ayata ve ark. (2017)
<i>C. baliki</i>	Türkiye	150	88M/Sm + 62St/A	238	Ayata ve ark. (2017)
<i>C. aydinensis</i>	Türkiye	150	54M + 42Sm + 54St/A	246	Unal-Karakus ve ark. (2023)
<i>C. bergamae</i>	Türkiye	150	56M + 30Sm + 64St/A	236	Unal-Karakus ve ark. (2023)
<i>C. erhani</i>	Türkiye	150	50M + 42Sm + 58St/A	242	Unal-Karakus ve ark. (2023)
<i>C. pestai</i>	Türkiye	150	44M + 40Sm + 66St/A	234	Unal-Karakus ve ark. (2023)
<i>C. pestai</i>	Türkiye	150	34M + 64Sm + 52St/A	248	Bu çalışma
<i>C. tinca</i>	Türkiye	150	38M + 60Sm + 52St/A	248	Bu çalışma

Diploid kromozom sayısı (2n), Beyşehir Gölü havzası'nda endemik *Capoeta pestai* ve Susurluk havzası'ndaki endemik *C. tinca* için 150'dir. *C. pestai*'nin karyotip formülü; $2n=34M+64Sm+52St/A$ 'dır. *C. tinca*'nın karyotip formülü; $2n=38M+60Sm+52St/A$ 'dır. Temel kromozom kol sayısı (NF) *C. pestai* ve *C. tinca* için 248 olarak hesaplandı. Her iki türün kromozom morfolojisi çok benzerdir.

Sonuçlarımız *Capoeta* türleri için değişmeyen 150 kromozomlu korunmuş karyomorfolojik yapıyı desteklemektedir. Fakat çalışılan *Capoeta* türlerinde meydana gelmesi olası kromozomal düzenlemelerden dolayı çeşitli varyasyonlar bulunmaktadır. Diğer *Capoeta* türlerinde olduğu gibi *C. pestai*'nin ve *C. tinca*'nın kromozom seti içerisinde iki kollu kromozomların (metasentrik (M) ve submetasentrik (Sm) sayısal fazlalığı dikkat çekmektedir. *Capoeta* türleri arasındaki NF değerlerinin de oldukça değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. *C. pestai* ve *C. tinca*'da dahil olmak üzere *Capoeta* türlerindeki karyotip formülü ve NF değerlerindeki bu farklılıkların üç temel nedeni: i) Çalışılan metafazın kalitesi diğer bir ifadeyle kromozom morfolojisinin belirginliği, ii) Araştırmacının kromozom morfolojisini değerlendirmesi ve yorumlaması ve iii) Kromozomal düzenlemeler. İkinci neden daha açıktır ki bu çalışmada karyotipi yapılan *C. pestai*'nin karyotip formülü ve NF değerinin Unal-Karakus ve ark. (2023) tarafından *C. pestai* için rapor ettiği karyotip formülünden ve NF değerinden oldukça farklılık göstermektedir ve araştırmacı faktörüne örnek teşkil etmektedir. Benzer bir örnek *C. damascina*'nın İran ve Türkiye popülasyonlarında görülmektedir. Dorafshan ve Roozdar (2016) *C. damascina*'nın karyotipinde subtelosentrik (St) ve akrosentrik (A) kromozomları ayrı sınıflandırırken Ünal ve Gaffaroğlu (2016) St ve A kromozomları birlikte değerlendirmiştir. Bu ayırım NF

değerinde değişime neden olmasa da araştırmacılar M ve St kromozom sayılarını farklı buldukları için NF değerleri değişkenlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda da hem *C. pestai*'nin hem de *C. tinca*'nın karyotipinde St ve A kromozomlar birlikte değerlendirildi. NF değerindeki farklılıkları ortaya çıkaran üçüncü olası neden sentromerleri içeren perisentromerik inversiyonların ve/veya translokasyonların meydana gelmesi sonucunda aynı cins içerisindeki türlerin farklı NF değerlerinin ortaya çıkarmasıdır (Pereira ve ark., 2012).

Balıklardaki cinsiyet kromozomları tespiti, geleneksel sitogenetik yöntemlerden ziyade moleküler teknikler sonucunda ortaya konmaktadır. Fakat nadir olsa da geleneksel sitogenetik yöntemlerle heteromorfik cinsiyet kromozomlarının tespitine dair örnekler yakın zamanda mevcuttur. Doori ve Arslan (2022) geleneksel giemsa boyama sonucunda bir tatlı su kefali türü olan *Squalius recurvirostris*'te erkek bireylerde gözlemlenmeyen fakat dişi bireylerde heteromorfik cinsiyet kromozomlarını ortaya çıkarmış ve bu türün ZZ/ZW seks kromozom sistemine sahip olduğunu tespit etmiştir. *Capoeta pestai* ve *C. tinca* da dahil olmak üzere bugüne kadar yapılan çalışmalarda *Capoeta* türleri için tanımlanmış bir heteromorfik cinsiyet kromozom çifti ya da seks kromozom sistemi tespit edilmedi.

Heterokromatin esas olarak kısa, tekrarlanan polinükleotid dizilerinden oluşur (Sheng ve ark., 2020). Konstitütif heterokromatin bantlama (C-bantlama) desenleri, herhangi bir organizmanın kromozom seti içerisindeki homolog kromozomların eşleştirilmesinde kolaylık sağlar. Ayrıca cinsiyet kromozomlarının tespitinde de bu teknikten faydalanılmaktadır (Arslan ve Arslan, 2007). Konstitütif heterokromatin genellikle kromozomların sentromerik, perisentromerik ve telomerik bölgelerinde bulunur (Santra ve ark., 2020). C-bantlama sonuçlarımıza göre *Capoeta pestai* ve *C. tinca* sentromerik ve perisentromerik C-bantlar içermektedir. Anadolu'daki endemik altı *Capoeta* türünün C-bantlı karyotipleri rapor edilmiştir (Gaffaroğlu ve ark., 2012; Unal-Karakus ve ark., 2023). Sonuçlarımız, *C. baliki*, *C. damascina*, *C. aydinensis*, *C. bergamae*, *C. erhani* ve *C. pestai*'de tespit edilen sentromerik ve perisentromerik C-bantlar ile uyumludur.

Nükleolar düzenleyici bölge (NOR), birincil daraltmaya (sentromer) ek olarak kromozomlarda bulunan ikincil daraltmadır ve rRNA sentezi için genleri (18S, 5S ve 28S) içerir (Getlekha ve Tanomtong, 2020). Ribozomal genlerin aktivitesi, spesifik belirteçler olan Ag-NOR proteinleri kullanılarak tespit edilebilir ve bu proteinler kromozomların NOR'larında spesifik gümüş boyama ile ortaya çıkarılır (Roussel ve

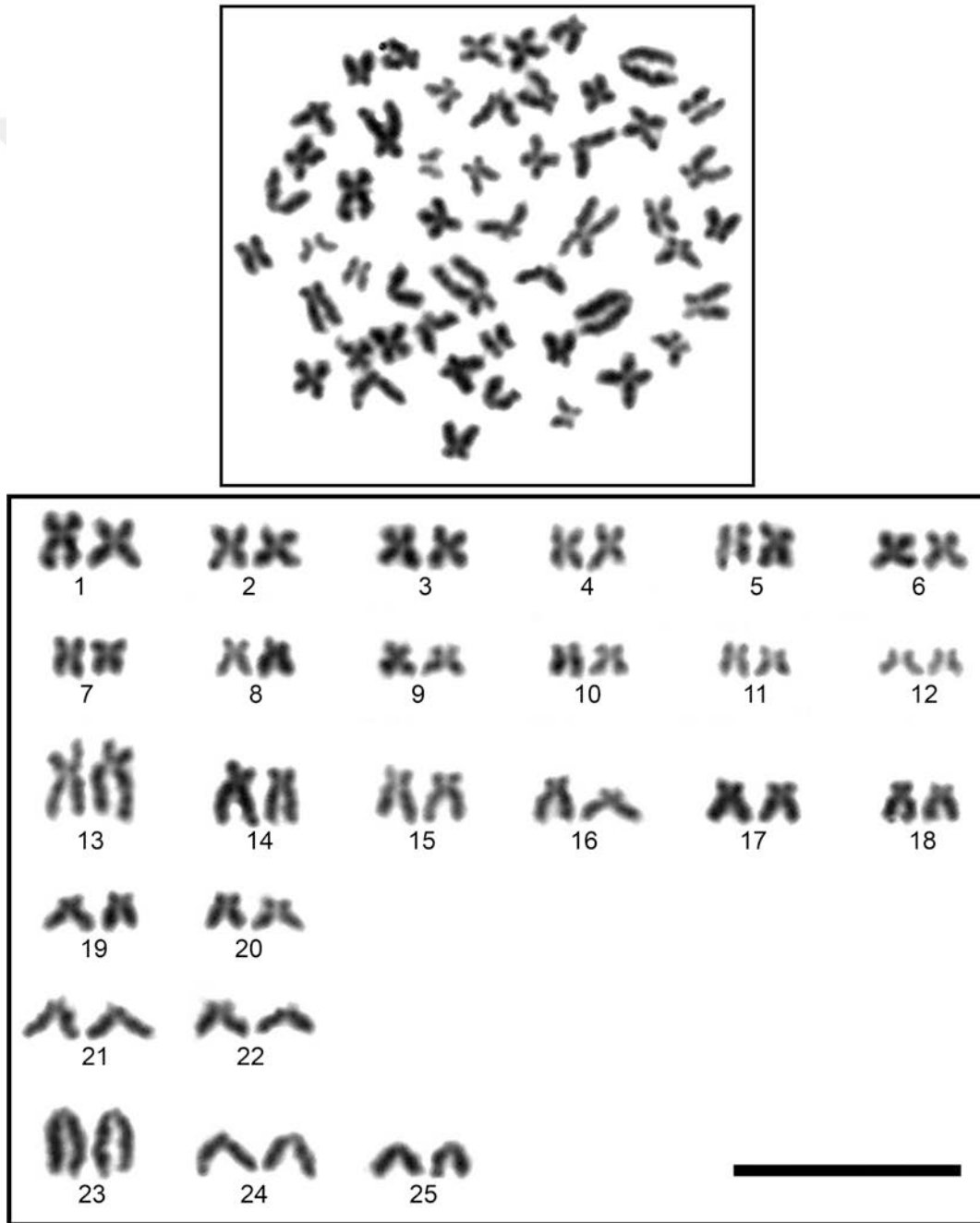
Hernandez-Verdun, 1994). NOR'ların sayısı ve kromozom üzerindeki lokalizasyonu, balık sitogenetiğinde kullanılan kromozomal belirteçlerdir (Rábová ve ark., 2003). *Capoeta pestai* ve *C. tinca*'da altı kromozom üzerinde aktif NOR'lar tespit edildi. NOR'lar, *C. pestai*'de üç submetasentrik kromozom çiftinin kısa kollarının terminalinde lokalize iken *C. tinca*'da ikisi metasentrik ve dördü submetasentrik olmak üzere homolog olmayan kromozomların kısa kollarında lokalizedir. Tespit edilen altı NOR sayısı daha önce rapor edilen *C. antalyensis*, *C. damascina*, *C. aydinensis*, *C. bergamae*, *C. erhani* ve *C. pestai*'de tespit edilen ile aynıdır ve NOR'lar bütün türlerde metasentrik ve submetasentrik kromozomlar üzerinde tespit edilmiştir (Gaffaroğlu ve ark., 2012; Unal-Karakus ve ark., 2023). Diğer *Capoeta* türlerinden farklı olarak *C. tinca*'daki aktif NOR'ların tamamı homolog olmayan kromozomlar üzerinde tespit edildi. Unal-Karakus ve ark. (2023) *C. pestai* de Ag-NOR sayı polimorfizmi tespit etmiştir. *C. aydinensis*, *C. bergamae*, *C. erhani* ve *C. pestai* için bildirilen Ag-NOR sayı polimorfizmi *C. damascina* ve *C. antalyensis*'te tespit edilmemiştir. Ag-NOR sonuçlarımıza göre *C. pestai* hem de *C. tinca* da NOR sayı polimorfizmi tespit edilmedi. Aktif Ag-NOR sayısı, her iki türe ait incelenen bütün metafazlarda aynıydı. Oysaki Ag-NOR tekniği ile yapılan NOR analizinde yalnızca önceki ara fazda aktif olan rDNA bölgeleri tespit edilmektedir ve bunun sonucu olarak NOR'lar, tekli ve çoklu sayıda kromozomlar üzerinde dağılmış şekilde gözlenmektedir (Miller ve ark., 1976). Fakat floresan in situ hibridizasyon (FISH) yöntemi, aktiviteden bağımsız olarak rDNA genlerini tespit eder ve prob olarak genellikle 18S rDNA probu kullanılır (Abelini ve ark., 2014). Yukarıda açıklandığı üzere *Capoeta* türlerinde tespit edilen Ag-NOR sayı polimorfizimleri büyük olasılıkla önceki ara fazda aktif olan NOR'ların kümelenmesi ya da dağılmasından kaynaklanmaktadır. Kromozom seti içerisindeki NOR sayısı hakkında daha sağlıklı yorum yapabilmek için FISH tekniğinden faydalanılmalıdır.

Araştırma sonuçlarımız ve daha önceki karyolojik çalışmalardan elden edilen veriler ışığında, küçük kromozomal varyasyonlar dışında *Capoeta pestai* ve *C. tinca*'nın Anadolu'daki diğer heksaploid *Capoeta* türlerindeki korunmuş karyotipik yapıyı temsil ettiği anlaşılmaktadır. *C. tinca*'nın kromozomal özellikleri ilk defa bu çalışmada analiz edildi. *C. tinca*'nın diğer *Capoeta* türlerinden farklı bir NOR paterni sergilemesi (aktif Ag-NOR'ların her birinin farklı kromozomlar üzerinde yer alması) ilginçtir. Bulgularımızın *Capoeta* sitotaksonomisine katkı sağlayacağı kanaatindeyiz.

4.3. *Pseudophoxinus anatolicus*

4.3.1. Karyotip

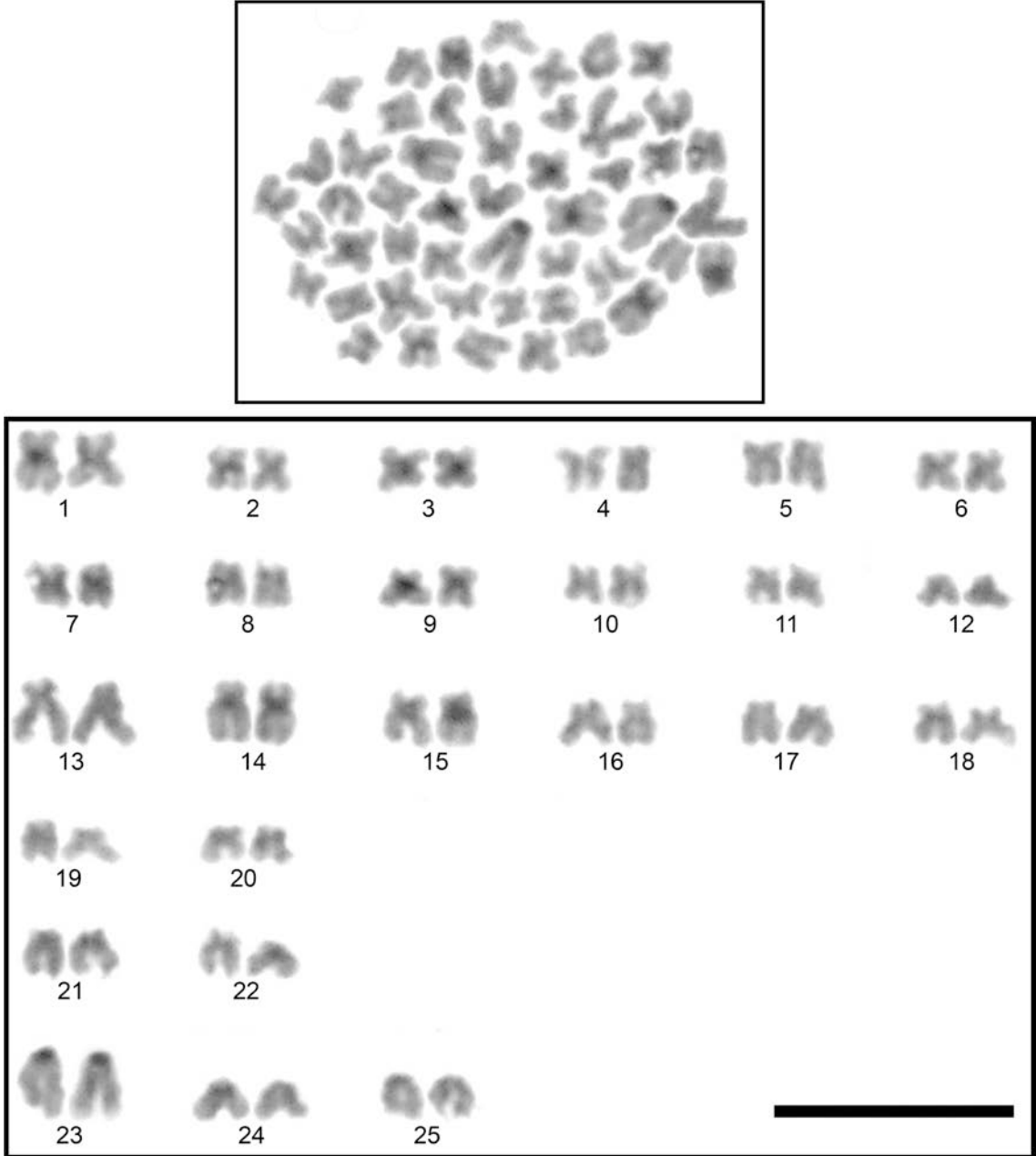
Çalışılan dört örneğin (2 erkek, 2 dişi) diploid kromozom sayısı ($2n$) 50 olarak tespit edildi ve karyotip 12 çift metasentrik (no. 1-12), sekiz çift submetasentrik (no. 13-20), iki çift subtelosentrik (no. 21-22) ve üç çift akrosentrik (no. 23-25) kromozomdan oluşmaktadır. Otozomal kolların temel sayısı (NF) 94 olarak hesaplandı (Şekil 4.7). Erkek ve dişi bireylerde heteromorfik cinsiyet kromozomları tespit edilmedi.



Şekil 4.7. *Pseudophoxinus anatolicus*'un standart karyotipi

4.3.2. C-bantlama

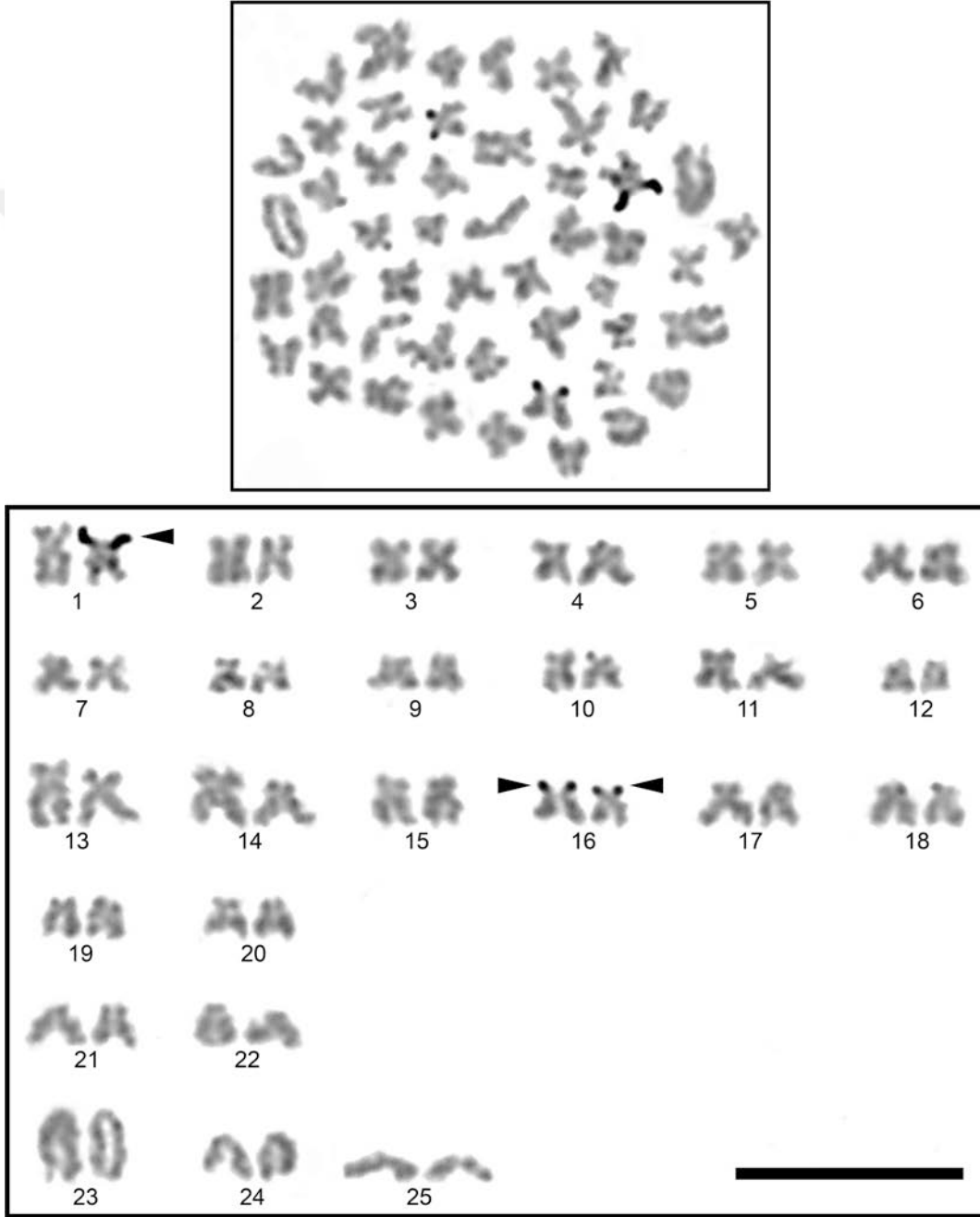
CBG bantlaması ile elde edilen örneklerin karyotipi Şekil 4.8'de gösterilmektedir. Kromozomların sentromer bölgelerinde gözlenen konstitüif heterokromatin bölgeleri (C-bantları), bazı kromozomlarda koyu iken bazılarında ise hafif belirgin olarak gözlemlendi.



Şekil 4.8. *Pseudophoxinus anatolicus*'un C-bantlı (CBG) karyotipi

4.3.3. Ag-NOR boyama

Aktif Ag-NOR'lar, iki çift kromozomda tespit edildi ve analiz edilen tüm örneklerde en büyük metasentrik kromozomun (no. 1) ve orta büyüklükteki submetasentrik (no. 16) kromozomun kısa kolunun telomerik bölgesinde lokalizedir. En büyük metasentrik kromozomdaki bu NOR'lardan biri heterozigot, diğeri ise homozigottur ve ikisi de heterokromatin bölgesi ile ilişkili değildir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. *Pseudophoxinus anatolicus*'un gümüş boyalı karyotipi (Oklar, Ag-NOR taşıyan kromozomları göstermekte)

P. anatolicus'un karyotip formülü, lösisinlerin temel karyotip modelinde olduğu gibi meta/submetasentrik kromozomların sayısal baskınlığını göstermektedir. *P. anatolicus*'un toplam meta/submetasentrik kromozom sayısı dikkate alındığında bu türün karyolojisi rapor edilen Türkiye'deki diğer *Pseudophoxinus* türlerinin çoğunluğu ile benzer bazılarında ise farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2). Bu farklılık, araştırmacıların kromozom morfolojisini (meta/submetasentrik kromozomların sayısal varyasyonu) belirleme şeklinin bir sonucu olabilir. St ve A kromozomları ayrı ayrı değerlendirilmediğinden temel otozomal kol sayısı (NF) değeri kesinleşmemiştir. Bu nedenle türlerin NF değeri farklılık gösterebilir. Bunlar dikkate alındığında *Pseudophoxinus* türlerinde korunmuş karyotipik evrim, hipotezi desteklemektedir. Hatta *Pseudophoxinus*'un filogenetik ve zoocoğrafik özelliklerini araştıran ve bu hipotezi destekleyen bir çalışmada, *Pseudophoxinus*'un Anadolu (orta ve batı) ve Doğu Akdeniz (Levant) kökenli türlerden oluşan iki sınıfa ayrıldığı tespit edilmiştir (Perea ve ark., 2010). Ayrıca Küçük ve ark. (2012) *Pseudophoxinus*'un Anadolu ve Doğu Akdeniz olmak üzere iki ana türleşme bölgesine sahip olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla hem *P. anatolicus* hem de Anadolu'daki diğer *Pseudophoxinus* türleri benzer standart karyolojik özelliklere sahiptir ve filogenetik çalışmalar Anadolu hattında korunmuş karyotip hipotezini desteklemektedir.

Çizelge 4.2. *Pseudophoxinus* türlerinin kromozom kayıtları

Tür	Lokalite	2n	Karyotip	Kaynak
<i>P. antalyae</i>	Tarsus	50	16M + 14Sm + 12St + 8A	Ergene ve ark. (2010)
<i>P. firati</i>	Darende	50	38M-Sm + 12St	Karasu ve ark. (2011)
<i>P. crassus</i>	Burdur	50	12M + 30Sm + 8St-A	Ünal ve ark. (2014)
<i>P. hittitorum</i>	Beyşehir	50	14M + 26Sm + 10St-A	Ünal ve ark. (2014)
<i>P. battalgilae</i>	Seydişehir	50	6M + 28Sm + 6St-A	Ayata ve ark. (2016)
<i>P. burduricus</i>	Burdur	50	18M + 26Sm + 6St-A	Ayata ve ark. (2016)
<i>P. egridiri</i>	Eğirdir	50	14M + 28Sm + 8St-A	Ayata ve ark. (2016)
<i>P. evliya</i>	Korkuteli	50	14M + 30 Sm + 6St-A	Ayata ve ark. (2016)
<i>P. fahrettini</i>	Pazarköy	50	6M + 26Sm + 8St-A	Ayata ve ark. (2016)
<i>P. maeandri</i>	Çivril	50	10M + 32Sm + 8St-A	Ayata ve ark. (2016)
<i>P. alii</i>	Antalya	50	18M + 24Sm + 8St-A	Gaffaroğlu ve ark. (2022)
<i>P. elizavetae</i>	Kayseri	50	8M + 34Sm + 8St-A	Gaffaroğlu ve ark. (2022)
<i>P. zekayi</i>	Kozan	50	16M + 26Sm + 8St-A	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
<i>P. anatolicus</i>	Beyşehir	50	24M + 16Sm + 4St + 6A	Bu çalışma

Bu çalışmada *P. anatolicus*'ta bazı kromozomların sentromerik bölgelerinde koyu renkli ve hafif yapılı heterokromatin C bantları tespit edildi. C-band sonuçlarımız *P. antalyae*, *P. battalgilae*, *P. burduricus* ve *P. evliya* ile benzerlik göstermektedir (Ergene ve ark., 2010; Ayata ve ark., 2016). Ancak sonuçlarımız *P. egridiri*, *P. fahrettini*, *P. maeandri* (Ayata ve ark., 2016) ve *P. zekayi* (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016)

sonuçlarıyla kısmen benzerken sadece perisentromerik C-bantlarına sahip olan *P. firati*, *P. crassus*, *P. hittitorum*, *P. zekayi*, *P. alii* ve *P. elizavetae*'den farklıdır (Karasu ve ark., 2011; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016; Gaffaroğlu ve ark., 2022). Bazı sazangillerde tespit edilen interstisyel C-bandı (Arslan ve Gündoğdu, 2016) her iki türde ve diğer *Pseudophoxinus* türlerinde tespit edilememiştir.

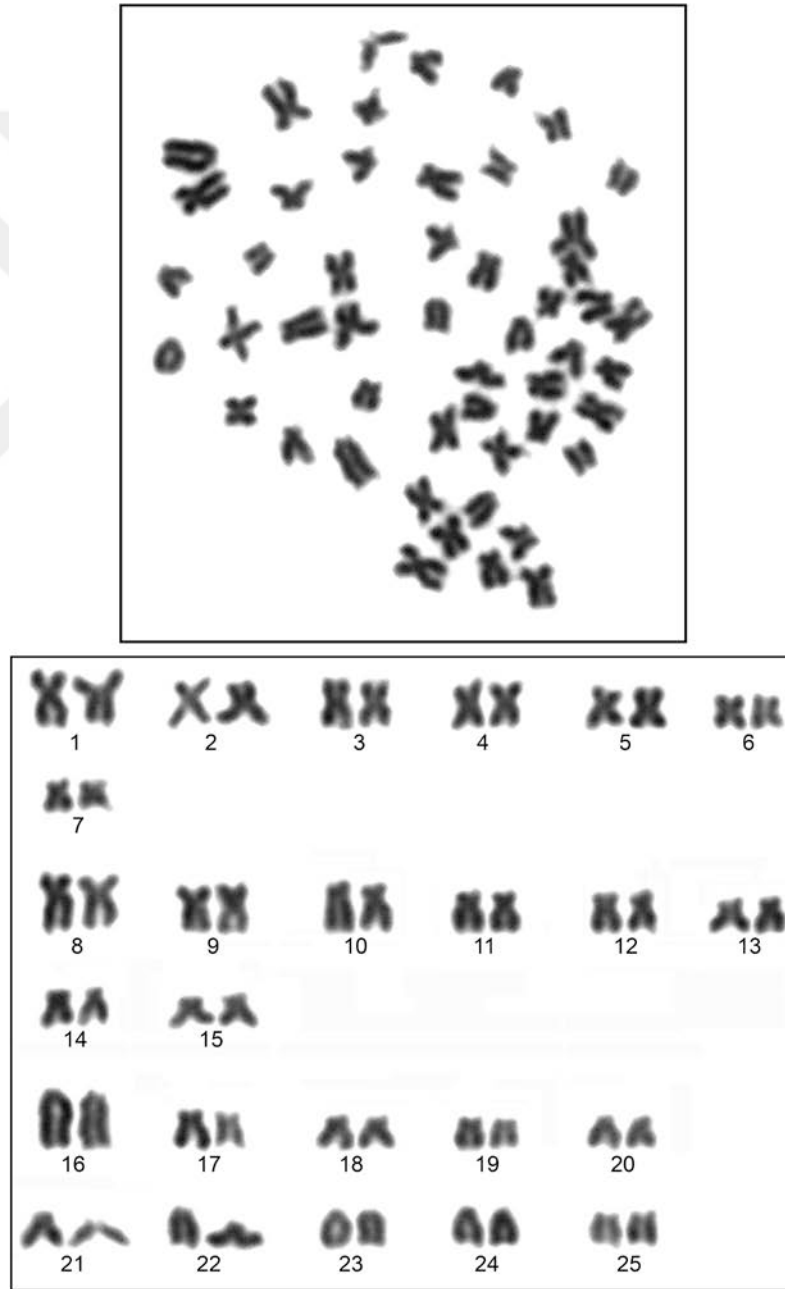
Analiz edilen *P. anatolicus*'un tüm bireyleri metasentrik kromozom 1 üzerinde Ag-NOR taşımaktadır. Ayrıca bazı metafazlar dışında submetasentrik kromozom 16'nın da Ag-NOR taşıdığı tespit edildi. Ag-NOR sonuçlarımız ile daha önce çalışılan *Pseudophoxinus* türleri arasında hem sayısal hem de NOR'un lokalize olduğu kromozomun morfolojisi açısından benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır. Sayısal olarak *P. firati*, *P. zekayi*, *P. evliyaee*, *P. fahretini*, *P. maeandri*, *P. alii* ve *P. elizavetae*'nin iki kromozom çiftinde (M+Sm, Sm+Sm veya Sm+St), diğer türlerde ise bir kromozom çiftinde (Sm) aktif NOR bulunmaktadır (Ergene ve ark., 2010; Karasu ve ark., 2011; Ünal ve ark., 2014; Ayata ve ark., 2016; Ünal ve Gaffaroğlu, 2016). Ayrıca Gaffaroğlu ve ark. (2022) *P. alii* ve *P. elizavetae*'nin bazı metafazlarında daha fazla sayıda Ag-NOR tespit ettiklerini ileri sürmüştür. Aktif NOR taşıyan kromozom morfolojisi açısından değerlendirildiğinde *P. anatolicus*, *P. zekayi*'ye yakındır. Türkiye'deki *Pseudophoxinus* türlerinde gümüş boyama ile tespit edilen aktif NOR'lardaki varyasyonun moleküler sitogenetik teknikler kullanılarak doğrulanması gerekmektedir. Gümüş boyama ile tespit edilen aktif NOR'lar 18S rDNA içermektedir (Diniz ve ark., 2008). Son zamanlarda gümüş boyamayla tespit edilen aktif NOR'ların varlığı, 18S rDNA problemleri kullanılarak doğrulanmaktadır. Aktif olmayan NOR'lar bile 5S rDNA problemleriyle tespit edilmekte ve sonuçlar, türler arasındaki akrabalığı değerlendirmek için kullanılmaktadır (Bueno ve ark., 2014).

Sonuç olarak, bu türün standart karyolojik özelliklerinin Türkiye'de incelenen diğer bazı *Pseudophoxinus* türleri ile benzer olduğu ancak bu farklılıkları ortaya koyan hem standart hem de C-bant sonuçlarındaki farklılıkların araştırmacıya göre farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle Türkiye'deki araştırmalarda en büyük eksiklik olan moleküler sitogenetik yöntemlerin türlerin ayrıştırılmasında veya akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde daha kalıcı sonuçlara ulaşmak için kullanılabileceğine inanıyoruz.

4.4. *Squalius cappadocicus*

4.4.1. Karyotip

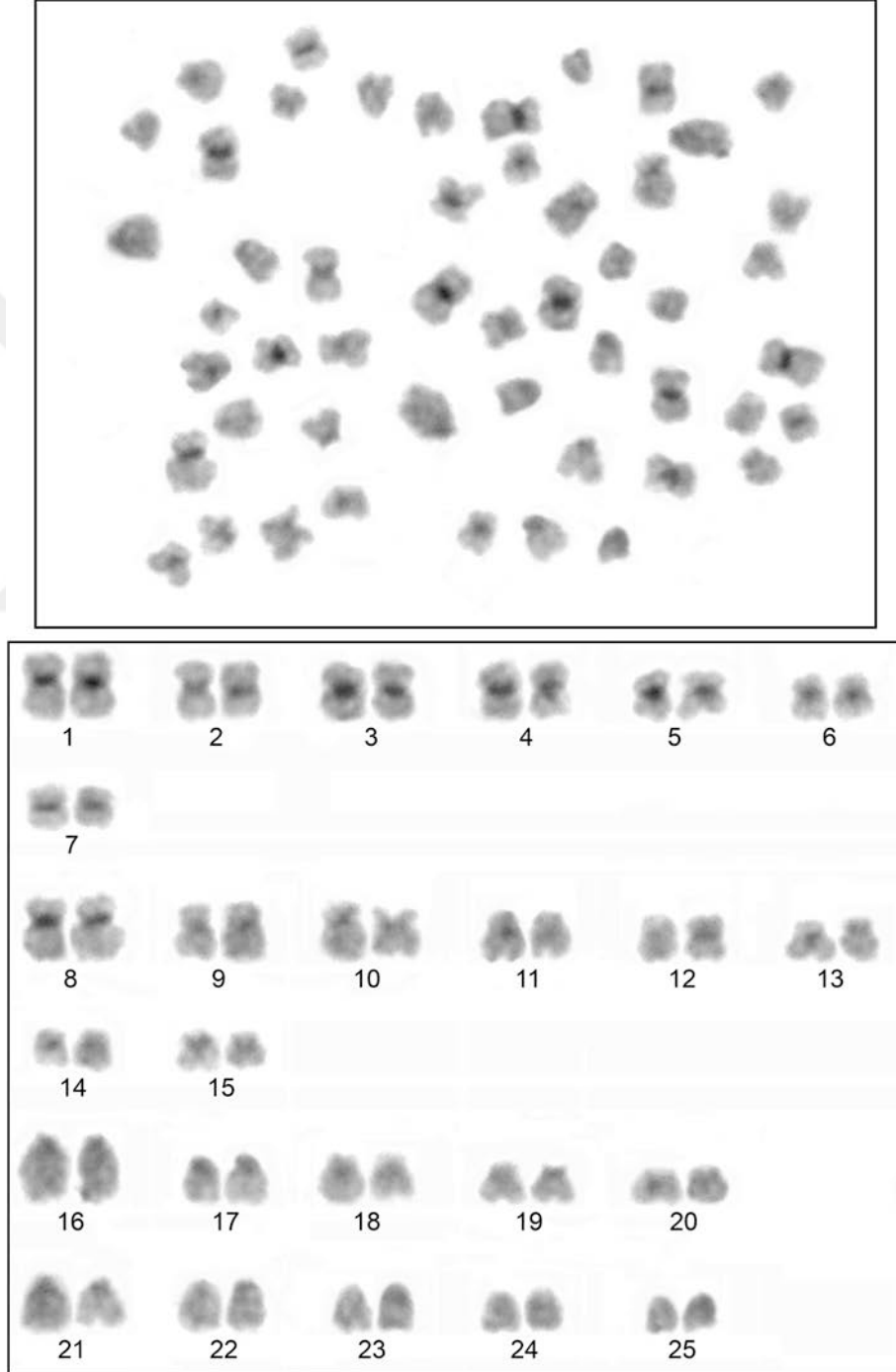
S. cappadocicus'un diploid kromozom sayısı $2n=50$ olarak tespit edildi. Karyotip yedi çift metasentrik (no. 1-7), sekiz çift submetasentrik (no. 8-15), beş çift subtelosentrik (no. 16-20) ve beş çift akrosentrik (no. 21-25) otozomal kromozom (NF = 90) setinden oluşmaktadır (Şekil 4.10). Türün heteromorfik eşey kromozomları karyotipte saptanmadı.



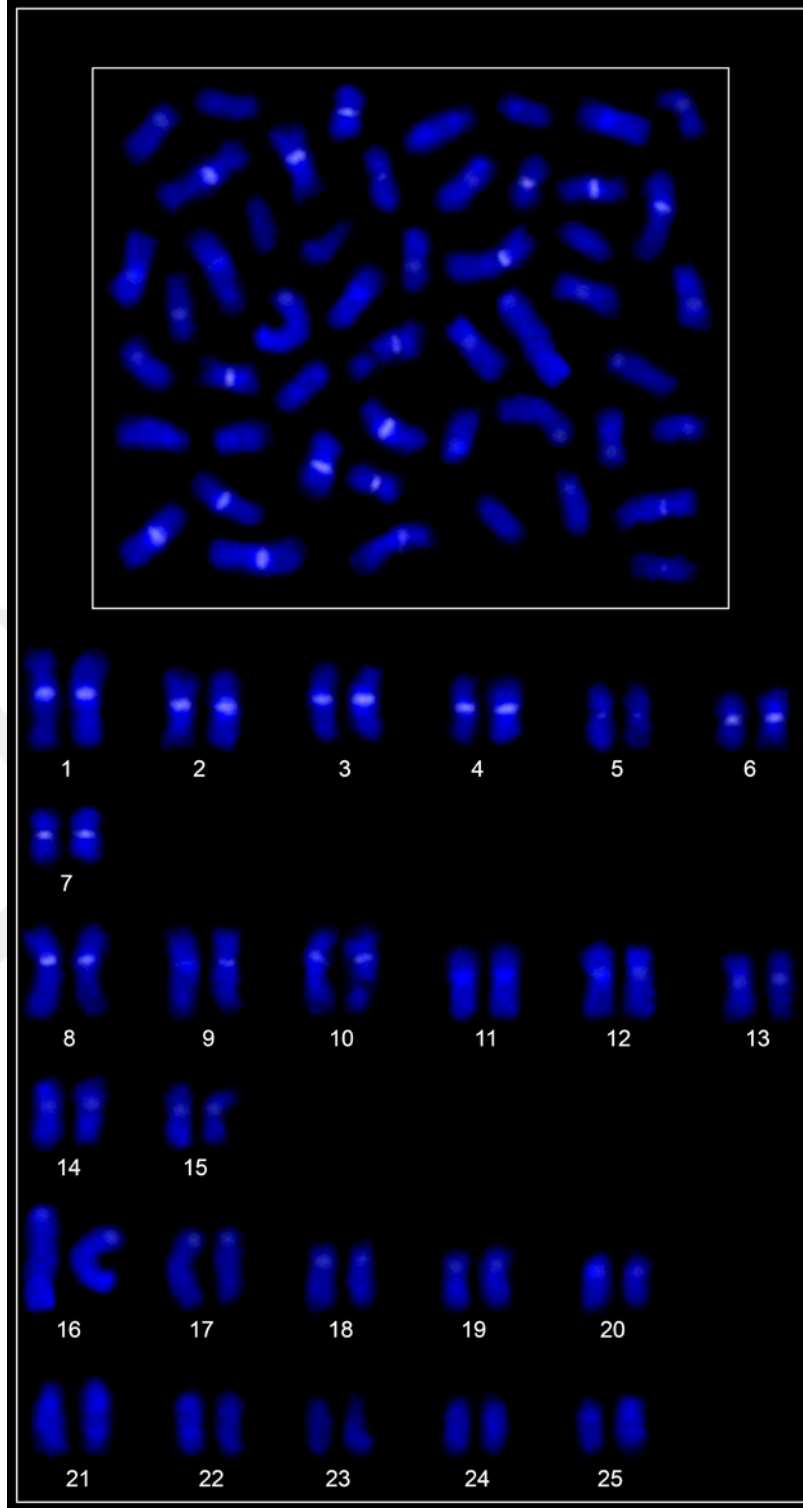
Şekil 4.10. *Squalius cappadocicus*'un standart karyotipi

4.4.2. C-bantlama

Kapadokya kefalinin standart C-bantlı ve CB-DAPI karyotipi Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Bazı çift kollu ve akrosentrik kromozomların sentromer bölgesinde koyu renkli C bantları gözlemlendi. Ayrıca bazı kromozomlarda hafif sentromerik veya perisentromerik C-bantları belirlendi.



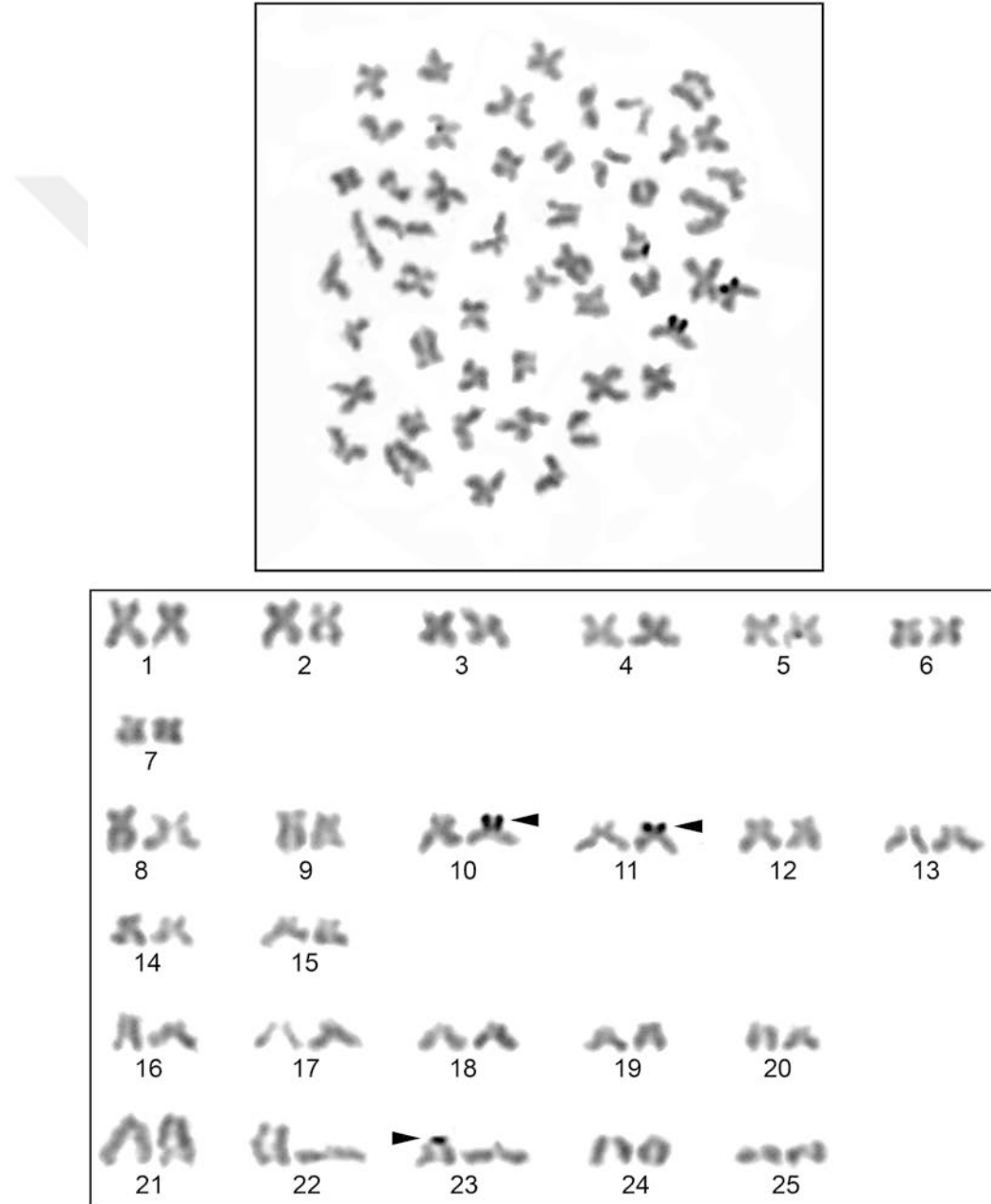
Şekil 4.11. *Squalius cappadocicus*'un C-bantlı (CBG) karyotipi



Şekil 4.12. *Squalius cappadocicus*'un C-bantlı (CB-DAPI) karyotipi

4.4.3. Ag-NOR boyama

İncelenen tüm örneklerde üç aktif Ag-NOR tespit edildi. Bu NOR'ların üçü de hemizigottur. Bu aktif NOR'lardan ikisi, çift kollu kromozom çifti 10 ve 11'in homologlarından birinin kısa kolunda tanımlandı. Diğer aktif NOR, 23 no'lu akrosentrik kromozom çiftinin homologlarından birinin kısa kolunda bulundu (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. *Squalius cappadocicus*'un gümüş boyalı karyotipi (Oklar, Ag-NOR taşıyan kromozomları göstermekte)

Tuz Gölü havzasındaki Melendiz Nehri'nden Özuluğ ve Freyhof (2011) tarafından *S. cappadocicus* tanımlandıktan sonra, bu türün sitogenetik özellikleri ilk kez bu çalışmada incelenmiştir. İncelenen tüm bireylerde diploid kromozom sayısı (2n) 50 ve temel otozomal kol sayısı (NF) 90 idi. Erkek ve dişi bireylerde cinsiyet kromozomları saptanamadı. Türkiye'deki sekiz endemik *Squalius* türünün karyolojik özellikleri farklı araştırmacılar tarafından incelenmiş ve bu bilgiler Çizelge 4.3'te özetlenmiştir.

Bu endemik türler arasında Konya Ilgın havzasında yayılış gösteren *S. recurvirostris*'te cinsiyet kromozomları tespit edilmiştir (Doori ve Arslan, 2022). Avrupa'da, *S. cephalus*'un Polonya örneklerinde ZZ-ZW eşeysel kromozom sistemi saptandı (Vujosevic ve ark., 1983). Çok nadiren de olsa balıklar üzerinde yapılan bazı sitogenetik çalışmalarda cinsiyet kromozomları tespit edilmiştir. Bazılarının ZZ-ZW bazılarının ise XX-XY cinsiyet kromozomu sistemine sahip olduğu belirlenmiştir (Doori ve Arslan, 2022).

Genel olarak lösissin türlerinde (Leuciscidae) diploid kromozom sayısı (2n) 50'dir. Ancak bazı türler farklı diploid kromozom sayılarına sahiptir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda tüm *Squalius* türlerinin kromozom setinde 50 kromozom tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çalışılan bu türlerin setindeki çift kollu ve akrosentrik kromozomların sayısı farklıdır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. *Squalius* türlerinin kromozomal kayıtları (NF – temel kromozomal kol sayısı, Z ve W cinsiyet kromozomları)

Tür	Lokalite	2n	Karyotip	Z	W	N F	Kaynak
<i>S. cephalus</i>	Almanya	50	38M/Sm + 12St/A	-	-	-	Wolf ve ark. (1969)
<i>S. cephalus</i>	İtalya	50	16M + 12Sm + 12St + 10A	-	-	90	Cataudella ve ark. (1977)
<i>S. cephalus</i>	İtalya	50	16M + 26Sm + 8St/A	-	-	-	Bianco ve ark. (2004)
<i>S. cephalus</i>	Çekya	50	34M/Sm + 16A	-	-	84	Sofradzija (1977)
<i>S. cephalus</i>	Polonya	50	10M + 22Sm + 10St + 10A	-	-	90	Boroń ve ark. (2009)
<i>S. cephalus</i>	Türkiye	50	18M + 12Sm + 20St/A	-	-	-	Pekol ve Arslan (2014)
<i>S. cephalus</i>	Türkiye	50	10M + 22Sm + 10St + 8A	-	-	92	Kılıç ve Şişman (2016)
<i>S. lucumonis</i>	İtalya	50	16M + 26Sm + 8St/A	-	-	-	Rossi ve ark. (2012)
<i>S. squalus</i>	İtalya	50	16M + 26Sm + 8St/A	-	-	-	Rossi ve ark. (2012)
<i>S. aradensis</i>	Portekiz	50	10M + 36Sm + 4St/A	-	-	-	Nabais ve ark. (2013)
<i>S. torgalensis</i>	Portekiz	50	10M + 36Sm + 4St/A	-	-	-	Nabais ve ark. (2013)
<i>S. orientalis</i>	Türkiye	50	14M + 20Sm + 16St/A	-	-	-	Kılıç Demirok (2000)
<i>S. seyhanensis</i>	Türkiye	50	16M + 28Sm + 6St/A	-	-	-	Ünal ve Gaffaroğlu (2016)
<i>S. carinus</i>	Türkiye	50	24M + 20Sm + 6St/A	-	-	-	Karasu-Ayata (2020)
<i>S. fellowesii</i>	Türkiye	50	20M + 20Sm + 10St/A	-	-	-	Karasu-Ayata (2020)
<i>S. anatolicus</i>	Türkiye	50	14M + 26Sm + 10St/A	-	-	-	Karakuş ve Gaffaroğlu (2021)
<i>S. recurvirostris</i>	Türkiye	50	12M + 18Sm + 10St + 8A	A	St	90	Doori ve Arslan (2022)
<i>S. cappadocicus</i>	Türkiye	50	14M + 16Sm + 10St + 10A	-	-	90	Bu çalışma

Araştırmacıların çoğu submetasentrik ve akrosentrik kromozomları birlikte değerlendirdiğinden, çalışılan türlerin NF değeri net değildi. Bu, kromozomların kısalığından ve submetasentrik ve akrosentrik kromozomlar arasında ayırım yapamamaktan kaynaklanmaktadır. Leuciscin türleri, kromozom seti içinde iki karakteristik özelliğe sahiptir. Birincisi, daha fazla metasentrik/submetasentrik kromozom vardır ve ikincisi, en büyük kromozom çifti subtelosentrik/akrosentriktir (Ráb ve ark., 2008). Şimdiye kadar çalışılan *Squalius* türlerinde ve *S. cappadocicus*'ta bu iki özelliğin korunduğu görülmüştür. *S. cappadocicus*'un kromozom morfolojisi, Iğın havzasında yayılış gösteren *S. recurvirostris*'e oldukça benzemektedir. Beyşehir havzasındaki *S. anatolicus*'tan submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik kromozom sayıları bakımından farklılık göstermektedir. *S. cappadocicus*'un kromozom morfolojisi, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yayılış gösteren *S. orientalis*, *S. seyhanensis*, *S. carinus* ve *S. fellowesii*'den farklıdır. Bu fark, kromozomlarda meydana gelen farklı düzenlemelerle açıklanabilir.

Heterokromatin bloklar (C-bantları) yapısal özelliklerinden dolayı karyolojik çalışmalarda türlerin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Bu nedenle türlerin kromozomları C-bantlama yöntemi ile ayrıntılı olarak incelenebilir. Bu yöntem, türlerin kromozomal olarak tanımlanması ve bir türün cinsiyet kromozomlarının belirlenmesi açısından önemli bir tekniktir (Arslan ve Arslan, 2007).

Son zamanlarda C-bantlama yönteminde Giemsa yerine DAPI floresan boyası da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bu türün C-bantları hem Giemsa hem de DAPI kullanılarak tespit edildi. Her iki boyamada da benzer bantlar gözlemlendi. Bazı Leuciscine türlerinin kromozomlarındaki yapısal heterokromatinin (C-bandı) dağılımı farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Çalışılan bu türlerin kromozomlarında heterokromatin dağılımında farklılıklar vardır. Boroń ve ark. (2009) Polonya'daki farklı nehirlerde *Leuciscus leuciscus*, *L. idus* ve *S. cephalus*'un tüm kromozomlarının sentromerik C-bandına sahip olduğu bildirmişlerdir. Türkiye'de bazı *Squalius* türlerinin yapısal heterokromatin analizi yapılmıştır (Karasu-Ayata, 2020; Karakuş ve Gaffaroğlu, 2021; Doori ve Arslan, 2022). Bu türlerde, bazı çift kollu ve akrosentrik kromozomların farklı bölgelerinde C-bantları bulunmuştur. *S. seyhanensis*'te sentromerik, perisentromerik ve parasentromerik C bantları bildirilmiştir (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016). Akşehir Tatlısu Kefali *S. recurvirostris*'in bazı çift kollu ve akrosentrik kromozomlarının sentromer bölgelerinde koyu C bantları vardı. Ayrıca, bu türün bazı kromozomları sentromerik veya perisentromerik hafif C bantlarına sahipken, cinsiyet

kromozomları C-negatif (Doori ve Arslan, 2022). Afyon, Denizli, Beyşehir'de dağılım gösteren *S. carinus*, *S. fellowesii* ve *S. anatolicus*'un kromozomlarında da benzer heterokromatin bantları gözlemlendi (Karasu-Ayata, 2020; Karakuş ve Gaffaroğlu, 2021). *S. anatolicus*'un bazı kromozomlarında terminal bantlar olduğu belirlenmiştir (Karakuş ve Gaffaroğlu, 2021). Bazı farklılıklar olmakla birlikte *S. cappadocicus*'un C-heterokromatin miktarı ve kromozom dağılımı Türkiye'de çalışılan diğer *Squalius* türleri ile benzerdir.

Ag-NOR tekniği bazı sitotaksonomik çalışmalarda kullanılmıştır. Son zamanlarda balıkların sitogenetik çalışmalarında sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Polonya'daki *L. leuciscus* popülasyonlarında tespit edilen Ag-NOR sayısı değişmektedir. Aktif NOR'lar, bazı popülasyonlarda en büyük metasentrik çiftin uzun kolunda ve submetasentrik bir kromozom çiftinin kısa kolunda lokalize olmuştur. Farklı popülasyonlarda yalnızca bir çift metasentrik veya bir çift subtelosentrikte lokalize olduğu bildirilmiştir (Boroń ve ark., 2009). İncelenen tüm örneklerde *S. cappadocicus*'un hemizigot üç farklı aktif Ag-NOR'u tespit edildi. Bu aktif NOR'lardan biri (no. 10), karakteristik bir plesiomorfik NOR olarak kabul edildi. Akrosentrik kromozom 23 üzerindeki aktif NOR, Türkiye'deki *Squalius* türleri içerisinde ilk kez bu çalışmada tespit edildi. Türkiye'de *S. recurvirostris*'te iki farklı iki kollu kromozomda tespit edilen aktif NOR'ların lokalizasyonu Doori ve Arslan (2022) tarafından belirlenmiştir. Avrupa'daki *S. cephalus* örneklerinin bir çift submetasentrik kromozomunun kısa kolları, CMA₃ ile pozitif olarak ilişkili aktif NOR'a sahiptir (Boroń ve ark., 2009). Boroń ve ark. (2009) aynı türün Polonya örneklerinde bir çift subtelosentrik kromozom üzerinde lokalize bir 28S rDNA probu ve NOR'un CMA₃ ile pozitif olarak ilişkili olduğunu bildirdi. *S. cephalus* karyotipinde gözlenen bir NOR-taşıyan kromozom çifti (NOR'lar kısa kollarda bulunur) lösisinler arasındaki en yaygın NOR fenotipidir (Collares-Pereira ve ark., 1998). *S. cephalus*'taki bu NOR, oldukça plesiomorfik bir karakterdir. Kastamonu'daki *S. cephalus*'un aktif NOR'u da bir çift subtelosentrik kromozomun kısa kolundadır (Pekol ve Arslan, 2014) ve bu NOR fenotipi *Squalius* türleri için plesiomorfiktir. İlgin havzasında dağılım gösteren *S. recurvirostris*'te NOR'lar iki çift submetasentrik kromozom üzerindedir. Biri kısa kolda, diğeri uzun kolda lokalizedir. Bu türdeki kısa koldaki NOR'un da plesiomorfik olduğu belirtilmiştir (Doori ve Arslan, 2022). Kromozom setindeki herhangi bir kromozomun uzun kolunda aktif NOR sadece *L. leuciscus* ve *S. recurvirostris*'te saptandı. Türkiye'de sitogenetiği çalışılan *S. seyhanensis*, *S. carinus*, *S. fellowesii* ve *S. anatolicus*'ta da bir

çift submetasentrik kromozomun kısa kolunda plesiomorfik aktif NOR bulunmaktadır (Ünal ve Gaffaroğlu, 2016; Karasu-Ayata, 2020; Karakuş ve Gaffaroğlu, 2021).

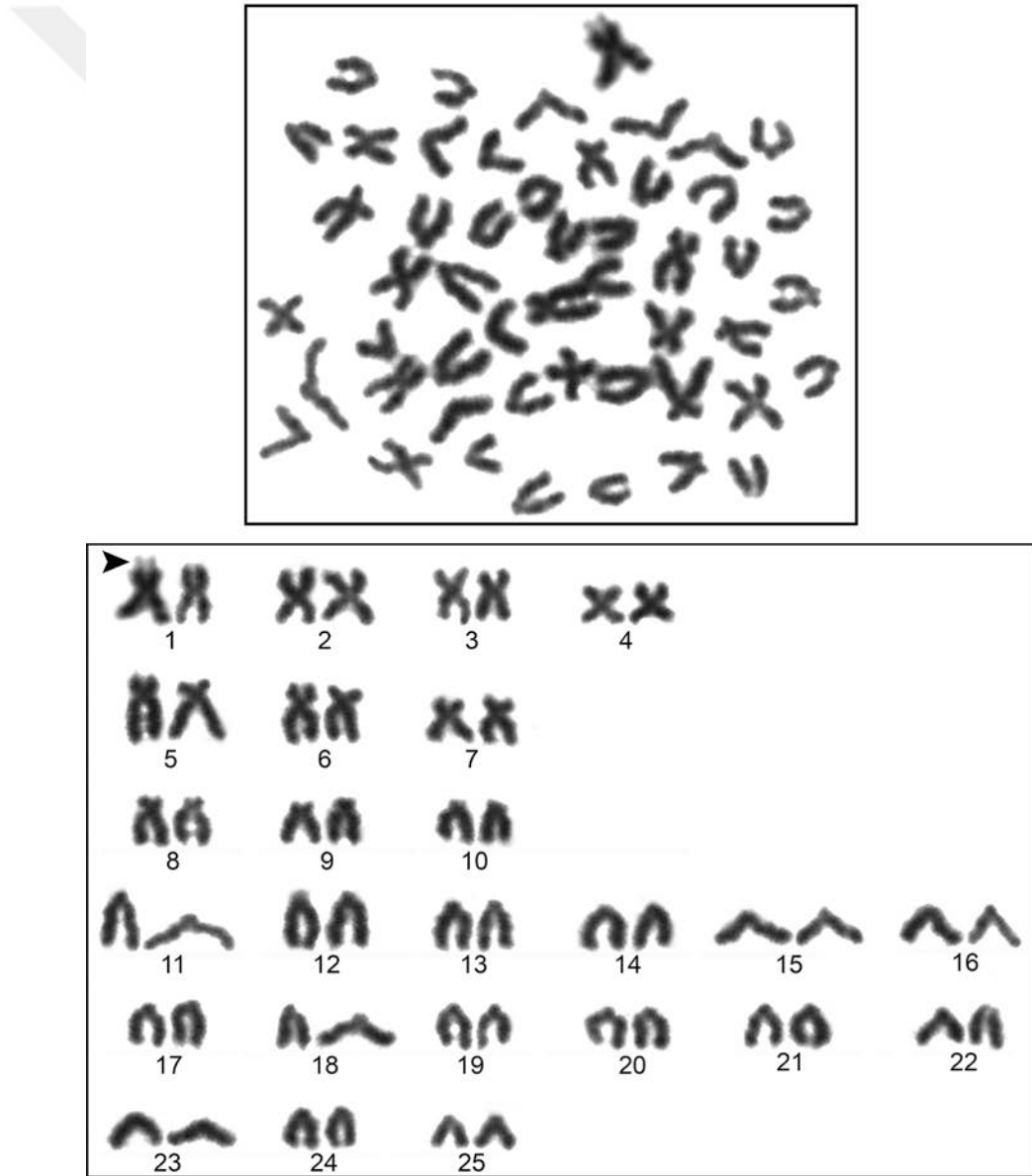
Sonuç olarak, *Squalius* türlerinin mevcut sitogenetik sonuçları incelendiğinde, kromozom morfolojisi, heterokromatin dağılımı ve Ag-NOR sayısı açısından varyasyonlar olduğu görülmektedir. Özellikle Ag-NOR sayısındaki değişim oldukça dikkat çekicidir. *S. cappadocicus*'un hem NOR sayısının fazla olması hem de akrosentrik kromozomda NOR bulunması, bu türü Türkiye'deki diğer *Squalius* türlerinden ayıran özellikler olarak kabul edilebilir.



4.5. *Cobitis bilseli*

4.5.1. Karyotip

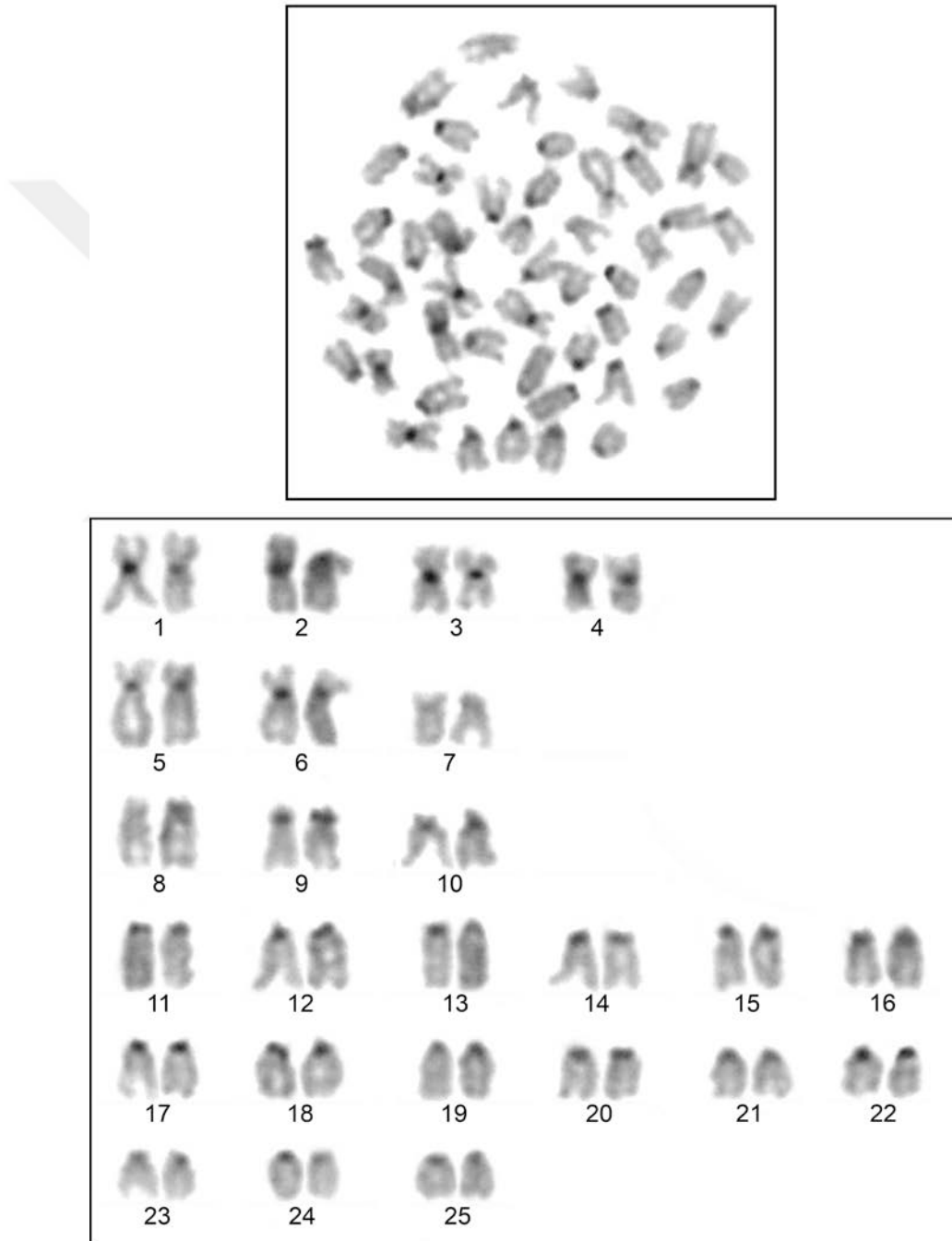
Eylikler deresi'nden yakalanan dört örneğin hepsinde saptanan diploid kromozom sayısı $2n=50$ olarak tespit edildi. Karyotip, dört çift metasentrik (no. 1-4), üç çift submetasentrik (no. 5-7), üç çift (no. 8-10) subtelosentrik ve 15 çift akrosentrik (no. 11-25) kromozomdan oluşmaktadır. Tüm kromozom kollarının sayısı (NF) 70 'dir. Otozomal çift 1'in homologlarından birinin kısa kolunda sekonder daralma gözlemlendi (Şekil 4.14). Heteromorfik cinsiyet kromozomları, erkek ve dişi örneklerde tespit edilmedi.



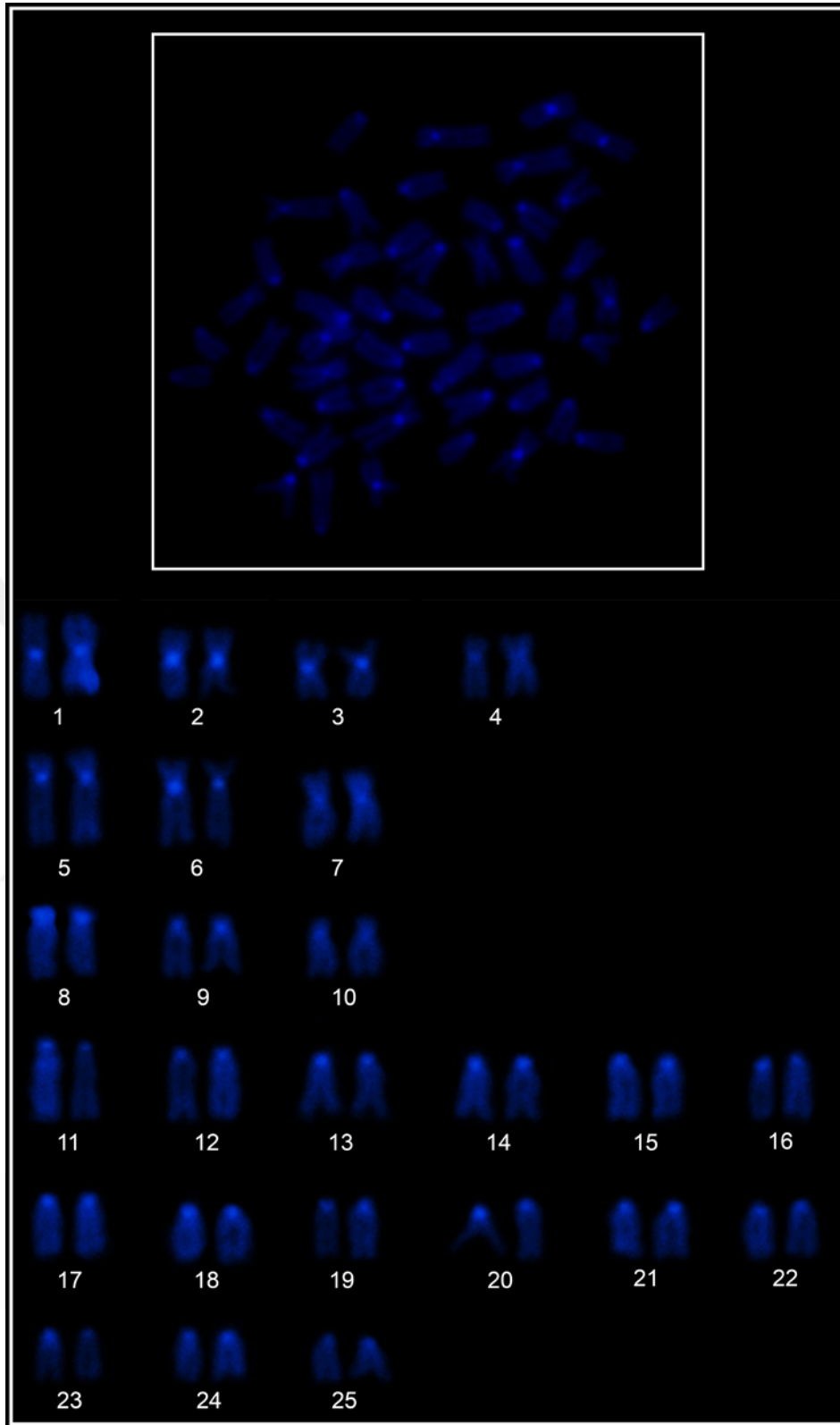
Şekil 4.14. *Cobitis bilseli*'nin standart Giemsa boyama karyotipi (Ok, ikincil daralmaları göstermekte)

4.5.2. C-bantlama

Hem CBG hem de CB-DAPI karyotiplerine sahip *C. bilseli*'nin konstitütif heterokromatin bölgeleri (C-bantları) Şekil 4.15 ve 4.16'da gösterilmektedir. C-bantları, 7. kromozom çifti hariç diğer çift kollu ve akrosentrik kromozomların sentromerik bölgesinde gözlenmiştir. Bu C-bantları bazı kromozomlarda hafif iken bazı kromozomlarda koyu olarak saptandı.



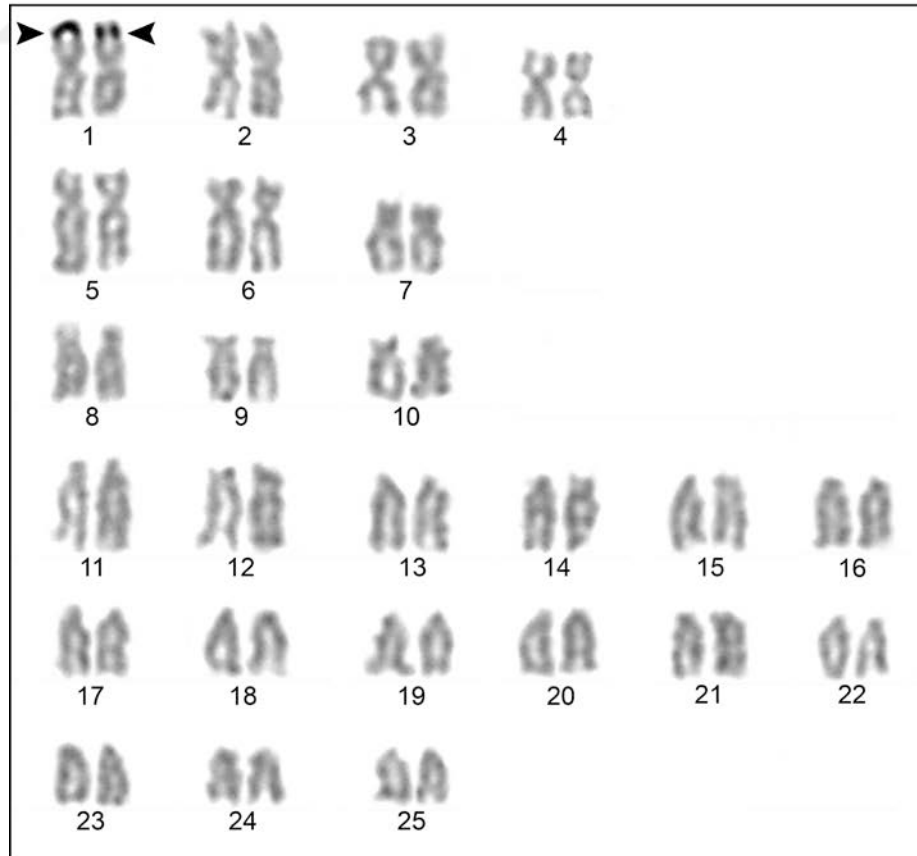
Şekil 4.15. *Cobitis bilseli*'nin C-bantlı (CBG) karyotipi



Şekil 4.16. *Cobitis bilseli*'nin C-bantlı (CB-DAPI) karyotipi

4.5.3. Ag-NOR boyama

İncelenen tüm numunelerde en büyük metasentrik kromozom çiftinde (no. 1) aktif Ag-NOR tespit edildi. Bu NOR homozigottur ve heterokromatin bölge ile ilişkili değildir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. *Cobitis biliseli*'nin gümüş lekeli karyotipi (Oklar, Ag-NOR taşıyan kromozomları göstermekte)

Cobitis türlerinin dünya çapında ve Türkiye'de diploid kromozom sayısı, *C. taenia* ve bazı hibrit, triploid ve tetraploid formlar dışında genel olarak 50'dir (Çizelge 4.4). Türkiye'de şu ana kadar sadece iki *Cobitis* türü çalışılmıştır (Ayata ve ark., 2018). *C. bilseli* veya incelenen diğer türlerde triploid ve tetraploid bireylere rastlanmamıştır. Triploid ve tetraploid dışı formları Avrupa ülkeleri ve Rusya'da belirlenmiştir (Vasil'ev ve ark., 1989; Boroń, 2003; Janko ve ark., 2005; Vasil'ev ve Vasil'eva, 2022). *C. taenia* ($2n=48$) ve melez dişileri ($2n=74$) Polonya ve Çek Cumhuriyeti'nde tespit edilmiştir (Ráb ve ark., 2000; Boroń, 2003; Janko ve ark., 2007). Bu melez form, *C. taenia*'nın haploid bir kümesinden ve tanımlanamayan bir türün diploid bir kümesinden oluşmaktadır (Boroń, 1999).

Farklı *Cobitis* türlerinin kromozom setindeki metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik kromozomların sayısı farklıdır (Çizelge 4.4). Karyolojik çalışmalarda farklı tür popülasyonlarının kromozom morfolojilerinin stabil olduğu tespit edilmiştir. *C. taenia*'nın Çek ve Polonya popülasyonlarının kromozom morfolojileri benzerdir (Ráb ve ark., 2000; Boroń, 2003; Janko ve ark., 2007). Aynı şekilde, Çekya'daki farklı *C. elongatoides* popülasyonları benzer karyotiplere sahiptir (Ráb ve ark., 2000). Sonuçlarımız, *C. bilseli*'nin incelenen tüm bireylerinin aynı kromozom morfolojisine sahip olduğunu gösterdi. *Cobitis* türlerinin sabit bir karyotip formülüne sahip olması türlerin farklılaşmasına katkı sağlayabilir. Bu karyotip stabilitesi aynı zamanda dişilerin jinogenetik üremesiyle de ilişkilendirilebilir (Schneider ve ark., 2000; Freyhof ve Stelbrink, 2007).

Burdur ili Salda Gölü'nde bulunan *C. phrygica*'nın kromozom morfolojisi (Ayata ve ark., 2018), metasentrik kromozom sayısı açısından *C. bilseli*'ninkine benzemektedir. Ancak submetasentrik kromozom sayısı *C. bilseli*'de *C. phrygica*'ya göre daha azdır. Subtelosentrik kromozomların morfolojisi araştırmacıya göre değişmekle birlikte çoğu çalışmada birlikte değerlendirilmiştir. Subtelosentrik ve akrosentrik kromozomların sayısı *C. phrygica*'da *C. bilseli*'ye göre daha yüksektir. *C. bilseli*'nin kromozom morfolojisi Denizli'deki *C. simplicispina*'dan oldukça farklıdır (Ayata ve ark., 2018). Bu tür, *C. bilseli*'ye göre daha fazla metasentrik ve submetasentrik kromozom sayısına sahiptir. *C. phrygica* ve *C. simplicispina*'nın hiçbir kromozomunda ikincil daralma görülmemektedir (Ayata ve ark., 2018). Ancak *C. bilseli*'nin birinci kromozomunun kısa kolunun telomerik bölgesinde NOR ile ilişkili ikincil daralmalar tespit edildi. Morfolojik olarak *Cobitis* türlerini ayırt etmek kolay değildir (Freyhof ve ark., 2018). Fakat *C. bilseli*, *C. simplicispina* grubundaki türlerden (*C. battalgilae*, *C. dorademiri*, *C.*

joergbohleri, *C. phrygica*, *C. pirii*, *C. simplicispina*, *C. sipahilerae* ve *C. turcica*) daha büyüktür. Ayrıca *C. bilseli*'nin erkekleri, diğer türlerin erkekleriyle karşılaştırıldığında bir adet lamina sirküleri's'e sahiptir (Freyhof ve ark., 2018). Beyşehir Koca taşıyıcı balığı'nın standart karyotip özelliklerinin, incelenen diğer *Cobitis* türlerinden (*C. phrygica* ve *C. simplicispina*) farklıdır ve bu farklılığın türlerin morfolojik ayırımına katkı sağlayabilir.

Çizelge 4.4. *Cobitis* türlerinin kromozomal kayıtları (NF – temel kromozomal kol sayısı)

Tür	Lokalite	2n	Karyotip	NF	Kaynak
<i>C. taenia</i>	Çekya	48	28M-Sm + 20St-A	76	Ráb ve ark. (2000)
<i>C. taenia</i>	Çekya	48	10M + 18Sm + 20St-A	76	Boron' (2003)
<i>C. taenia</i>	Polonya	48	12M + 18Sm + 18St	78	Boroń (1999), Boron' (2003)
<i>C. taenia</i>	Polonya	48	10M + 20Sm + 18St	78	Janko ve ark. (2007)
<i>C. elongatoides</i>	Polonya	50	28M + 18Sm + 4St-A	96	Boron' (2003)
<i>C. elongatoides</i>	Polonya	50	30M + 16Sm + 2St + 2A	96	Ráb ve ark. (2000)
<i>C. vardarensis</i>	Yunanistan	50	26 M + 20Sm + 4St	96	Rábová ve ark. (2001)
<i>C. taurica</i>	Bulgaristan Ukrayna	50	10M + 30Sm + 8St + 2A	90	Janko ve ark. (2005)
<i>C. pontica</i>	Bulgaristan	50	10M + 30Sm + 8St + 2A	90	Vasil'eva ve Vasil'ev (2006)
<i>C. tanaitica</i>	Rusya	50	8M + 28Sm + 14St-A	86	Vasil'eva ve Vasil'ev (1998); Vasil'ev ve ark. (2007)
<i>C. tanaitica</i>	Rusya	49	9M + 28Sm + 12St-A	88	Vasil'eva ve Vasil'ev (1998); Vasil'ev ve ark. (2007)
<i>C. lutheri</i>	Rusya	50	12M + 8Sm + 30St-A	70	Kim ve ark. (1999); Vasil'ev
<i>C. choii</i>	Rusya	50	8M + 10Sm + 8St + 24A	68	ve Vasil'eva (2008)
<i>C. melanoleuca</i>	Rusya	50	8M + 18Sm + 24St-A	76	
<i>C. calderoni</i>	Portekiz	50	6M + 14Sm + 30A	70	Madeira ve ark. (1992)
<i>C. maroccana</i>	Portekiz	50	6M + 12Sm + 32A	68	Madeira ve ark. (1992)
<i>C. longicarpus</i>	Kore	50	12M + 8Sm + 30A	70	Kim ve Lee (1986)
<i>C. korensis</i>	Kore	50	10M + 12Sm + 28A	72	Lee ve ark. (1983); Kim ve Lee (1986)
<i>C. tetralineata</i>	-	50	10M + 6Sm + 34St-A	66	Kim ve ark. (1999)
<i>C. rotundicaudata</i>	Kore	50	10M + 4Sm + 36St-A	64	Ueno ve ark. (1985)
<i>C. striata</i>	Kore	50	10M + 6Sm + 34A	66	Kim ve Lee (1986)
<i>C. strumicae</i>	Yunanistan	20	20M-Sm + 30St-A	-	Hnátková ve ark. (2018)
<i>C. takatsuensis</i>	Japonya	50	12M + 18Sm + 20St-A	80	Kimizuka ve ark. (1982)
<i>C. linea</i>	İran	50	4M + 40Sm + 6St	100	Esmaili ve ark. (2015)
<i>C. phrygica</i>	Türkiye	50	8M + 8Sm + 34St-A	66	Ayata ve ark. (2018)
<i>C. simplicispina</i>	Türkiye	50	16M + 16Sm + 18St-A	82	Ayata ve ark. (2018)
<i>C. bilseli</i>	Türkiye	50	8M + 6Sm + 6St+ 30A	70	Bu çalışma

Türkiye'de *C. bilseli*'nin C-bant dağılımı *C. phrygica* ve *C. simplicispina*'dan farklılık göstermektedir. *C. bilseli*'nin CBG ve CB-DAPI bantlamalarına göre yedinci kromozom hariç diğerlerinde sentromerik C bantları bulunmaktadır. Ancak *C. phrygica* ve *C. simplicispina*'nın bazı kromozomları dışında diğer kromozomlar perisentromerik C bantlarına sahiptir (Ayata ve ark., 2018) ve araştırmacılara göre bu türlerin bazı kromozomlarının uzun kollarında intersititiyal C bantları bulunmaktadır. Ancak *C. bilseli*'de bu bantlara rastlanmamıştır. *C. taenia*'nın hem diploid (2n=48) bireylerinin

hem de triploid dişilerinin kromozomlarının çoğu sentromerik yapısal heterokromatine sahiptir. Bu türün bazı metasentrik kromozomlarında da koyu renkli perisentromerik heterokromatin blokları bulunmaktadır (Boroń, 1999). Yunanistan'daki iki *Cobitis* türünün kromozomlarının tümü perisentromerik C bantlarına sahiptir. Buna karşılık, *C. vardarensis*'in en büyük metasentrik kromozomunda (Rábová ve ark., 2001) ve *C. strumicae*'nin iki çift metasentrik kromozomunda daha büyük ve belirgin C-pozitif bloklar vardır (Hnátková ve ark., 2018). Yunanistan türlerinde olduğu gibi, *C. bilseli*'nin hiçbir kromozomunda perisentromerik farklı C bantları bulunmadı. Bu sonuçlar *C. bilseli*'nin heterokromatin dağılımının Türkiye'de incelenen diğer iki türden farklı olduğunu göstermektedir.

C. bilseli'deki aktif NOR pozisyonu, Polonya'daki *C. taenia*'nın diploid erkek bireylerinden farklıdır. *C. taenia*'da NOR'lar iki subtelosentrik kromozomda lokalizedir ve Chromomycin A₃ uygulamasında aktif NOR'lardan biri subtelosentrik kromozomun kısa kolundadır (Boroń, 1999). Aynı zamanda diğeri zayıf bir sinyal olarak başka bir subtelosentrik kromozomun uzun kolundadır. *C. simplicispina* ve *C. phrygica*'nın Anadolu'daki NOR dağılımları birbirlerinden ve *C. bilseli*'den farklıdır (Ayata ve ark., 2018). NOR'lar, *C. simplicispina*'daki iki çift büyük metasentrik kromozomun kısa kolunda lokalizedir. Buna karşılık, bir NOR, *C. phrygica*'da bir çift submetasentrik kromozomun kısa kolunda lokalizedir. *C. simplicispina*'nın NOR fenotipi *C. bilseli*'ye benzemekle birlikte sayıca daha fazladır. Ayrıca *C. bilseli*'nin NOR fenotipinin benzer veya farklı olduğu bazı Avrupa *Cobitis* türleri de vardır. Örneklerimizin NOR fenotipleri İber Yarımadası'ndaki *C. maroccana* ve Yunanistan'daki *C. strumicae*'nin fenotipleri ile benzerdir. *C. maroccana*'nın aktif NOR'u (Madeira ve ark., 1992), *C. bilseli*'de olduğu gibi en büyük metasentrik kromozom çiftinin kısa kolunda lokalizedir. *C. strumicae*'de ise submetasentrik kromozom çiftinin kısa kolunun telomerik bölgesinde lokalize olmuştur (Hnátková ve ark., 2018). Ancak Yunanistan'daki *C. vardarensis*'in aktif NOR'ları üç farklı metasentrik kromozomda tespit edilmiştir (Rábová ve ark., 2001). Benzer NOR fenotipleri *C. elongatoides*'te Ráb ve ark. (2000) tarafından tespit edildi. NOR sonuçlarına göre; *Cobitis* cinsi için plesiomorfik bir karakter olarak neredeyse en büyük metasentrik veya submetasentrik kromozomun kısa kolunun telomerik bölgesindeki aktif NOR fenotipi değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak *Cobitis* cinsi çok az morfolojik çeşitlilik gösteren balık gruplarından biridir. Birçok tür yüzeysel olarak birbirine çok benzer ve aynı meristik özelliklere sahiptir. *C. bilseli*'nin Türkiye'deki diğer *Cobitis* türlerinden boyut ve lamina

sirküleri' bakımından farklı olduğu bilinmektedir. Ayrıca mitokondriyal COI barkod bölgesine dayalı filogenetik ilişkiye göre *C. bilseii*, farklı akışlarda bulunan *C. phrygica* ve *C. simplicispina*'yı içeren daldan farklı bir dalda yer almaktadır (Freyhof ve ark., 2018). Bu filogenetik ilişkideki mesafe, bu çalışmada belirlenen bazı karyolojik özelliklerdeki farklılıklarla da desteklenmektedir. Bu nedenle Türkiye'deki *Cobitis* türlerinin farklılaşmasının sitogenetik özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşünöyoruz.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, Türkiye iç sularında endemik *Capoeta tinca*, *Capoeta pestai*, *Pseudophoxinus anatolicus*, *Squalius cappadocicus* ve *Cobitis bilseli*'nin sitogenetik özellikleri araştırıldı. *C. pestai* dışındaki türlerin kromozomal analizi ilk defa bu çalışmada ortaya konmuştur. Türlerin standart ve bantlı karyotip sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

i) Standart Giemsa Boyalı Karyotip:

- *Capoeta pestai* ve *Capoeta tinca*'nın diploid kromozom sayısı (2n) 150 olarak bulunmuştur ve bu sayı karyolojisi çalışılan ve hekzaploid kabul edilen *Capoeta* türleri ile aynıdır. *C. pestai*'nin ve *C. tinca*'nın karyotip formülü sırasıyla; $2n=34M+64Sm+52St/A$ (NF=248) ve $2n=38M+60Sm+52St/A$ (NF=248) şeklindedir.
- *Pseudophoxinus anatolicus* ve *Squalius cappadocicus* korunmuş $2n = 50$ kromozom sayısı ve 6–7 metasentrik (m), 15–16 submetasentrik (sm) ve 3–4 subtelo/akrosentrik (st/a) kromozom çiftlerinden oluşan karakteristik lösisin karyotipini göstermektedir. *P. anatolicus*'un ve *S. cappadocicus*'un karyotip formülü sırasıyla; $2n=24M+16Sm+4St+6A$ (NF=94) ve $2n=14M+16Sm+10St+10A$ (NF=90) şeklindedir.
- *Cobitis bilseli*'nin kromozom sayısı $2n=50$ ve karyotip formülü: $2n=8M+6Sm+6St+30A$ (NF=70) şeklindedir. En büyük metasentrik kromozom çiftinin kısa kolunda Ag-NOR ile ilişkili ikincil boğum gözlemlendi.
- *Cobitis bilseli* dışındaki türlerin karyotipinde iki kollu kromozomlar sayısal olarak fazladır. Ayrıca hiçbir türün karyotipinde heteromorfik cinsiyet kromozomları tespit edilmedi.

ii) C-bantlama:

- *Capoeta pestai* ve *Capoeta tinca* kromozomlarının çoğunluğu sentromerik ve perisentromerik C-bantlara sahiptir.
- *Pseudophoxinus anatolicus*'un bazı kromozomlarında hafif ve koyu sentromerik C-bantlar gözlemlendi.
- *Squalius cappadocicus*'ta sentromerik ve perisentromerik C- bantlar tespit edildi ve bu bantlar CB-DAPI pozitifdir.

- *Cobitis bilseli*'de bir kromozom çifti dışında kromozomların sentromerinde C-bantlar gözlemlendi. CB-DAPI boyama sentromerik bölgelerde pozitif ve parlak renktedir.
- iii) Ag-NOR boyama:
 - *Capoeta pestai* ve *Capoeta tinca*'da altı kromozomda aktif Ag-NOR gözlemlendi. *C. pestai*'de NOR'lar homolog kromozom çiftlerinde (bir çift metasentrik ve iki çift submetasentrik kromozomun kısa kollarında) lokalizedir. *C. tinca*'da tespit edilen NOR'lar, homolog olmayan altı farklı metasentrik ve submetasentrik kromozomun kısa kollarında gözlemlendi.
 - *Pseudophoxinus anaticus*'ta ikisi homozigot birisi hemizigot olmak üzere üç aktif Ag-NOR tespit edildi. Bunlardan ikisi submetasentrik kromozom çiftinin kısa kolunda lokalize iken diğeri akrosentrik kromozomda lokalizedir.
 - *Squalius cappadocicus*'ta hemizigot aktif Ag-NOR sayısı üçtür. NOR'lardan ikisi submetasentrik kromozomların kısa kollarında diğeri ise akrosentrik kromozomda gözlemlendi.
 - *Cobitis bilseli*'de bir çift NOR gözlemlendi. Bu NOR'lar, standart giemsa boyama ile tespit edilen en büyük metasentrik kromozom çiftinin kısa kollarında tespit edildi.

5.2 Öneriler

Bugüne kadar *Capoeta*, *Pseudophoxinus*, *Squalius* ve *Cobitis* türlerinin kromozomal özellikleri farklı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Fakat bu çalışmaların çoğunluğu geleneksel sitogenetik yöntemlerle sınırlıdır. Klasik sitogenetik yöntemlerle elde edilen veriler moleküler sitogenetik tekniklerle desteklenmeli ve kromozom haritaları oluşturulmalıdır. Moleküler sitogenetikte yaygın olarak kullanılan floresan in situ hibridizasyon (FISH) tekniğinden faydalanılmalıdır. Bu teknikte, farklı probler aracılığıyla majör (18S rDNA probu) ve minör rDNA lokuslarının (5S rDNA probu), telomerik bölgelerin (telomerik problarla) ve sitotaksonomide belirteç olarak kullanılan snRNA genlerinin lokalizasyonu tespit edilebilir. Ayrıca geleneksel yöntemlerle tespit edilemeyen cinsiyet kromozomlarının tespitinde karşılaştırmalı genomik hibridizasyon (CGH) tekniğinden faydalanılabilir.

KAYNAKLAR

- Abelini, E., Martins-Santos, I. C. ve Fernandes, C. A., 2014, Cytogenetic analysis in three species from genus *Astyanax* (Pisces; Characiformes) with a new occurrence of B chromosome in *Astyanax paranae*, *Caryologia*, 67 (2), 160-171.
- Abraham, Z. ve Prasad, P. N., 1983, A system of chromosome classification and nomenclature, *Cytologia*, 48 (1), 95-101.
- Akbulut, N. E., Bayarı, S., Akbulut, A., Özyurt, N. N. ve Sahin, Y., 2022, Rivers of Turkey, In: Rivers of Europe Eds: Tockner, K., Uehlinger, U. ve Robinson, C. T., *Amsterdam, The Netherlands: Elsevier*, p. 643-672.
- 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.
- Angert, E. R., 2005, Alternatives to binary fission in bacteria, *Nature Reviews Microbiology*, 3 (3), 214-224.
- Arslan, A. ve Arslan, E., 2007, Karyosistemik de C-bantlama (Konstitif heterokromatin)'nin önemi, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 2 (29), 121-126.
- Arslan, A. ve Gündoğdu, H., 2016, Cytogenetic studies on the endemic Beyşehir nase, *Chondrostoma beysehirense* (Bogutskaya, 1997) in Turkey, *Caryologia*, 69 (2), 116-120.
- 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.
- Avery, O. T., Macleod, C. M. ve McCart, M., 1944, Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types, *Journal of Experimental Medicine*, 79, 137-158.
- Avramova, Z. V., 2002, Heterochromatin in animals and plants. Similarities and differences, *Plant Physiology*, 129 (1), 40-49.
- 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., Unal, S. ve Gaffaroğlu, M., 2018, Chromosomal analyses of *Cobitis phrygica* Battalgazi, 1944 and *C. simplicispina* Hanko, 1925 (Teleostei, Cobitidae), *Cytologia*, 83 (3), 295-299.
- Babu, A. ve Verma, R. S., 1987, Chromosome structure: euchromatin and heterochromatin, *International Review of Cytology*, 108, 1-60.
- Bănărescu, P. ve Coad, B. W., 1991, Cyprinid fishes: systematics, biology and exploitation, *Chapman & Hall, London*, p. 127-155.
- Bănărescu, P., 1999, The freshwater fishes of Europe, 5. Cyprinidae 2. part I: *Rhodeus* to *Capoeta*, *AULA-Verlag, Wiebelsheim*, p. xviii + 427.
- Barch, M. J. ve Lawce, H. J., 2017, The cell and cell division, In: The AGT cytogenetics laboratory manual (fourth edition), Eds: Arsham, M. S., Barch, M. J. ve Lawce, H. J., *John Wiley & Sons New Jersey*, p. 1-24.
- Barcia, J. J., 2007, The Giemsa stain: its history and applications, *International Journal of Surgical Pathology*, 15 (3), 292-296.
- Barros e Silva, A. ve Guerra, M., 2010, The meaning of DAPI bands observed after C-banding and FISH procedures, *Biotechnic & Histochemistry*, 85 (2), 115-125.
- Bayçelebi, E., Kaya, C., Güçlü, S. S., Küçük, F. ve Turan, D., 2020, Taxonomic status of endemic fish species in Lake Beyşehir Basin (Turkey), *Acta Aquatica Turcica*, 16 (1), 138-147.
- Becer, Z. A. ve Sarı, E., 2017, Distribution areas of *Squalius* genus in Turkey, *International Journal of Contemporary Research and Review*, 8 (11), 20247-20251.
- Bektas, Y., Turan, D., Aksu, I., Ciftci, Y., Eroglu, O., Kalayci, G. ve Belduz, A. O., 2017, Molecular phylogeny of the genus *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) in Anatolia, Turkey, *Biochemical Systematics and Ecology*, 70, 80-94.
- Bektaş, Y., Aksu, I., Kaya, C. ve Turan, D., 2019, DNA barcoding of the genus *Capoeta* (Actinopterygii: Cyprinidae) from Anatolia, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19 (9), 739-752.
- Bertollo, L., Cioffi, M. ve Moreira-Filho, O., 2015, Direct chromosome preparation from freshwater teleost fishes, In: Fish cytogenetic techniques (Chondrichthyans and Teleosts) Eds: Ozouf-Costaz, C., Pisano, E., Foresti, F. ve Almeida Toledo, L., p. 21-26.
- 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.
- Bohlen, J. ve Ráb, P., 2001, Species and hybrid richness in spined loaches of the genus *Cobitis* (Teleostei: Cobitidae), with a checklist of European forms and suggestions for conservation, *Journal of Fish Biology*, 59 (Supplement A), 75-89.

- Bohlen, J., Perdices, A., Doadrio, I. ve Economidis, P. S., 2006, Vicariance, colonisation, and fast local speciation in Asia Minor and the Balkans as revealed from the phylogeny of spined loaches (Osteichthyes; Cobitidae), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39 (2), 552-561.
- Boroń, A., 1995, Chromosome banding studies of spined loach *Cobitis taenia* (L.), *Cytobios*, 81, 97-102.
- Boroń, A., 1999, Banded karyotype of spined loach *Cobitis taenia* and triploid *Cobitis* from Poland, *Genetica*, 105 (3), 293-300.
- Boroń, A., 2001, Chromosomal diversity of the fish genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae) distributed in Poland, *Dissertations Monogr*, 39, 1-4.
- Boroń, A., 2003, Karyotypes and cytogenetic diversity of the genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae) in Poland: A review. Cytogenetic evidence for a hybrid origin of some *Cobitis* triploids, *Folia Biologica (Krakow)*, 51 (Suppl), 49-54.
- Boroń, A., Ozouf-Costaz, C., Coutanceau, J.-P. ve Woroniecka, K., 2006, Gene mapping of 28S and 5S rDNA sites in the spined loach *Cobitis taenia* (Pisces, Cobitidae) from a diploid population and a diploid-tetraploid population, *Genetica*, 128 (1-3), 71.
- Boroń, 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, 199-207.
- Boroń, A., Culling, M. ve Pulym, A., 2003, Cytogenetic characteristics of the fish genus *Cobitis* from England, *Folia Biologica (Krakow)*, 51 (Suppl), 13-16.
- Boroń, A. ve Danilkiewicz, Z., 1998, Diploid-polyploid complex of spine loach *Cobitis taenia* sensu stricto and *Cobitis* sp. from the Bug River, Poland, *Cytobios*, 96, 13-22.
- Boroń, A. ve Kotusz, J., 2000, The preliminary data on diploid-polyploid complexes of *Cobitis* in the Odra River basin, Poland (Pisces, Cobitidae), *Folia Zoologica*, 49 (Suppl 1), 79-84.
- Boroń, A., 2003, Karyotypes and cytogenetic diversity of the genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae) in Poland: a review. Cytogenetic evidence for a hybrid origin of some *Cobitis* triploids, *Folia Biologica (Krakow)*, 51 (Suppl), 49-54.
- Bueno, V., César Venere, P., Thums Konerat, J., Henrique Zawadzki, C., Ricardo Vicari, M. ve Margarido, V. P., 2014, Physical mapping of the 5S and 18S rDNA in ten species of *Hypostomus* Lacépède 1803 (Siluriformes: Loricariidae): evolutionary tendencies in the genus, *The Scientific World Journal*, 943825.
- Bufalino, A. P. ve Mayden, R. L., 2010, Phylogenetic evaluation of North American Leuciscidae (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinoidea) as inferred from analyses of mitochondrial and nuclear DNA sequences, *Systematics and Biodiversity*, 8 (4), 493-505.

- Caputi, F. F., Candeletti, S. ve Romualdi, P., 2017, Epigenetic approaches in neuroblastoma disease pathogenesis, In: Neuroblastoma-current state and recent updates, Eds: Gowda, C., *IntechOpen: Croatia*, p. 1-168.
- Caspersson, T., Zech, L. ve Johansson, C., 1970, Differential binding of alkylating fluorochromes in human chromosomes, *Experimental Cell Research*, 60 (3), 315-319.
- 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.
- Chargaff, E., 1951, Structure and function of nucleic acids as cell constituents, *Federation Proceedings*, 10 (3), 654-659.
- Chen, W.-J. ve Mayden, R. L., 2009, Molecular systematics of the Cyprinoidea (Teleostei: Cypriniformes), the world's largest clade of freshwater fishes: further evidence from six nuclear genes, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 52 (2), 544-549.
- Collares-Pereira, M. J., Próspero, M., Biléu, R. ve Rodrigues, E., 1998, *Leuciscus* (Pisces, Cyprinidae) karyotypes: transect of Portuguese populations, *Genetics and Molecular Biology*, 21 (1), 63-69.
- Comai, L., 2005, The advantages and disadvantages of being polyploid, *Nature Reviews Genetics*, 6 (11), 836-846.
- Comber, S. C. L. ve Smith, C., 2004, Polyploidy in fishes: patterns and processes, *Biological Journal of the Linnean Society*, 82 (4), 431-442.
- Cross, I., Díaz, E., Sánchez, I. ve Rebordinos, L., 2005, Molecular and cytogenetic characterization of *Crassostrea angulata* chromosomes, *Aquaculture*, 247 (1-4), 135-144.
- Cutter, A. R. ve Hayes, J. J., 2015, A brief review of nucleosome structure, *FEBS Letters*, 589 (20), 2914-2922.
- Çiçek, E., Fricke, R., Sungur, S. ve Eagderi, S., 2018, Endemic freshwater fishes of Turkey, *FishTaxa*, 3 (4), 1-39.
- Çiçek, E., Sungur, S. ve Fricke, R., 2020, Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist 2020, *Zootaxa*, 4809 (2), 241-270.
- Çiçek, E., Eagderi, S. ve Sungur, S., 2021a, *Schizothorax prophylax* (Pietschmann, 1933) and *Capoeta mauricii* Küçük, Turan, Şahin & Gülle, 2009, junior synonyms of *Capoeta pestai* (Pietschmann, 1933)(Teleostei, Cyprinidae), *Spixiana*, 44 (2), 203-208.
- Çiçek, E., Eagderi, S., Sungur, S. ve Secer, B., 2021b, *Capoeta baliki* Turan, Kottelat, Ekmekçi & Imamoglu, 2006 a junior synonym of *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)(Teleostei: Cyprinidae), *International Journal of Aquatic Biology*, 9 (1), 33-40.

- Çiçek, E., Sungur, S., Fricke, R. ve Seçer, B., 2023, Freshwater lampreys and fishes of Türkiye; an annotated checklist, 2023, *Turkish Journal of Zoology*, 47 (6), 324-468.
- Dahm, R., 2008, Discovering DNA: Friedrich Miescher and the early years of nucleic acid research, *Human Genetics*, 122, 565-581.
- Dann, O., Bergen, G., Demant, E. ve Volz, G., 1971, Trypanocide Diamidine des 2 *Liebigs Annalen der Chemie*, 749 (1), 68-89.
- Değer, D., 2011, Dicle ve Fırat su sistemlerinde yaşayan bazı Cobitidae türleri üzerine karyolojik araştırmalar, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır*, s.91.
- Dimitri, P., Caizzi, R., Giordano, E., Carmela Accardo, M., Lattanzi, G. ve Biamonti, G., 2009, Constitutive heterochromatin: a surprising variety of expressed sequences, *Chromosoma*, 118, 419-435.
- Diniz, D., Moreira-Filho, O. ve Bertollo, L. A. C., 2008, Molecular cytogenetics and characterization of a ZZ/ZW sex chromosome system in *Triportheus nematurus* (Characiformes, Characidae), *Genetica*, 133 (85), 91.
- Doadrio, I., Sousa-Santos, C., Robalo, J. ve Perea, S., 2024, Description of three new species of the genus *Cobitis* L., 1758 (Actinopterygii, Cobitidae) in the Iberian Peninsula, *Limnetica*, 43 (2), 177-198.
- Doori, A. S. J. ve Arslan, A., 2022, Karyotypes and ZZ/ZW Sex Chromosome System of Endemic *Squalius recurvirostris* (Leuciscinae, Cyprinidae) in Turkey, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (4), 649-657.
- Dorafshan, S. ve Roozdar, A., 2016, Karyological analysis of small-scaled Damascus barbel, *Capoeta damascina* (Valenciennes, 1842) from Tigris Basin, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15 (1), 542-551.
- Durand, J. M., Ünlü, E., Doadrio, I., Pipoyan, S. ve Templeton, R. A., 2000, Origin, radiation, dispersion and allopatric hybridization in the chub *Leuciscus cephalus*, aspinine relationships, *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 96, 599-620.
- Eissenberg, J. C. ve Elgin, S., 2001, Heterochromatin and euchromatin, In: Encyclopedia of Life Sciences Eds, *John Wiley & Sons Ltd* Chichester, p. 1-7.
- Emiroğlu, Ü. ve Bürün, B., 2017, Kromozomlar temel kavramlar ve mekanizmalar, *Ege Üniversitesi Yayınları*, p. 1-426.
- Erdem, H. B., Bahsi, T. ve Ergün, M. A., 2021, Function of telomere in aging and age related diseases, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 85 (2021), 103641.

- Erdemli, A., 1982, Beyşehir gölü balıkları, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2, 131-142.
- 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, 111-117.
- Erk'akan, F., Ekmekçi, F. ve Nalbant, T. T., 1998, Four new species and one new subspecies of the genus *Cobitis* (Pisces: Ostariophysi: Cobitidae) from Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 22 (1), 9-15.
- Eschmeyer, W. N., Fricke, R. ve Van der Laan, R., 2024, Catalog of fishes: genera, species, references, <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> [Ziyaret Tarihi: 29.04.2024].
- Esmaeili, H. R., Pirvar, Z., Ebrahimi, M. ve Geiger, M. F., 2015, Karyological and molecular analysis of three endemic loaches (Actinopterygii: Cobitoidea) from Kor River basin, Iran, *Molecular Biology Research Communications*, 4 (1), 1-13.
- Freyhof, J. ve Stelbrink, B., 2007, *Cobitis illyrica*, a new species of loach from Croatia (Teleostei: Cobitidae), *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 18 (3), 269-275.
- Freyhof, J., Baycelebi, E. ve Geiger, M., 2018, Review of the genus *Cobitis* in the Middle East, with the description of eight new species (Teleostei: Cobitidae), *Zootaxa*, 4535 (1), 001-075.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. ve Fong, J. D., 2024, Eschmeyer's catalog of fishes, <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>, [Ziyaret Tarihi: 01.04.2024].
- Gaffaroğlu, M., Karasu Ayata, M., Ünal, S. ve Yüksel, E., 2012, NOR and C-banding in *Capoeta antalyensis* (Battalgil, 1944) (Actinopterygii, Cyprinidae). *Ecology 2012 Symposium, 3-5 May 2012, Kilis*.
- 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*.
- Gaffaroğlu, M., Ayata, M. K. ve Karakuş, S. Ü., 2022, Cytogenetic characteristics of two species of the genus *Pseudophoxinus* Bleeker, 1860 (Cypriniformes: Leuciscidae) from Anatolia, Turkey, *Acta Zoologica Bulgarica*, 74 (3), 335-342.
- Geiger, M., Herder, F., Monaghan, M., Almada, V., Barbieri, R., Bariche, M., Berrebi, P., Bohlen, J., Casal Doadrio, I., Kalogianni, E., Kärst, H., Kottelat, M., Kovačić, M., Laporte, M., Lorenzoni, M., Marčić, Z., Özuluğ, M., Perdices, A., Perea, S., Persat, H., Porcelotti, S., Puzzi, C., Robalo, J., Šanda, R., Schneider, M., Šlechtová, V., Stoumboudi, M., Walter, S. ve Freyhof, J., 2014, Spatial heterogeneity in the

- Mediterranean Biodiversity Hotspot affects barcoding accuracy of its freshwater fishes, *Molecular Ecology Resources*, 14 (6), 1210-1221.
- Geldiay, R. ve Balık, S., 2009, Türkiye tatlısu balıkları (6. baskı), *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:46, Bornova, İzmir*, p. 1-644.
- Getlekha, N. ve Tanomtong, A., 2020, First cytogenetic study of green chromis, *Chromis viridis* (Perciformes, Pomacentridae) by conventional staining and Ag-NOR banding techniques, *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 19 (2), 164-175.
- Giannetto, D. ve Innal, D., 2021, Status of endemic freshwater fish fauna inhabiting major lakes of Turkey under the threats of climate change and anthropogenic disturbances: A review, *Water*, 13 (11), 1534.
- Gidmark, N. J. ve Simons, A. M., 2014, Cyprinidae: carps and minnows, In: Freshwater fishes of North America: Volume 1: Petromyzontidae to Catostomidae, Eds: Warren Jr, M. L. ve Burr, B. M., *Baltimore, Maryland, United States: Johns Hopkins University Press*, p. 354-450.
- Gill, A. C. ve Mooi, R. D., 2002, Phylogeny and systematics of fishes, In: Handbook of Fish Biology and Fisheries (Volume 1), Eds: Hart, P. J. B. ve Reynolds, J. D., *Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell Publishing*, p. 15-42.
- 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.
- Grewal, S. I. ve Jia, S., 2007, Heterochromatin revisited, *Nature Reviews Genetics*, 8 (1), 35.
- Guerra, M., 2008, Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: concepts and implications, *Cytogenetic and Genome Research*, 120 (3-4), 339-350.
- Güçlü, S. S., Küçük, F., Gülle, İ. ve Bahrioğlu, E., 2023, Orta Anadolu'nun kuruyan göllerinden, Akgöl-Ereğli sazlıkları balık faunası, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8 (2), 233-238.
- Hansen, J. C., 2002, Conformational dynamics of the chromatin fiber in solution: determinants, mechanisms, and functions, *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, 31 (1), 361-392.
- Hartl, D. L., 2018, Essential Genetics and Genomics (7th Edition), *Jones and Bartlett Publishers, United States*, p. 1-632.
- Hatch, T. P., Allan, I. t. ve Pearce, J., 1984, Structural and polypeptide differences between envelopes of infective and reproductive life cycle forms of *Chlamydia* spp, *Journal of Bacteriology*, 157 (1), 13-20.
- Hayes, H., 2000, Chromosome banding techniques, In: Techniques in Animal Cytogenetics, Eds: Dutrillaux, B., Popescu, P. ve Bourgeois, C.: Verlag Berlin Heidelberg: Springer, p. 25-68.

- Heitz, E., 1931, Die Ursache der gesetzmäßigen Zahl, Lage, Form und Größe pflanzlicher Nucleolen, *Planta*, 12, 775-884.
- Heng, H., Liu, G., Stevens, J., Abdallah, B., Horne, S., Ye, K., Bremer, S., Chowdhury, S. ve Ye, C., 2013, Karyotype heterogeneity and unclassified chromosomal abnormalities, *Cytogenetic and Genome Research*, 139, 144-157.
- Hershey, A. ve Chase, M., 1952, Independent functions of viral proteins and nucleic acid in growth of bacteriophage, *Journal of General Physiology*, 36, 39-56.
- Hnátková, E., Triantaphyllidis, C., Ozouf-Costaz, C., Choleva, L., Majtánová, Z., Bohlen, J. ve Ráb, P., 2018, Karyotype and chromosomal characteristics of rDNA of *Cobitis strumicae* Karaman, 1955 (Teleostei, Cobitidae) from Lake Volvi, Greece, *Comparative Cytogenetics*, 12 (4), 483-491.
- Holmquist, G. P., 1992, Chromosome bands, their chromatin flavors, and their functional features, *American Journal of Human Genetics*, 51, 17.
- 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, 1014-1015.
- Huisinga, K. L., Brower-Toland, B. ve Elgin, S. C., 2006, The contradictory definitions of heterochromatin: transcription and silencing, *Chromosoma*, 115 (2), 110-122.
- Huth, T., Dreher, E. C., Lemke, S., Fritzsche, S., Sugiyanto, R. N., Castven, D., Ibberson, D., Sticht, C., Eiteneuer, E. ve Jauch, A., 2023, Chromosome 8p engineering reveals increased metastatic potential targetable by patient-specific synthetic lethality in liver cancer, *Science Advances*, 9 (51), eadh1442.
- Janko, K., Vasil'ev, V. P., Rab, P., Rabova, M., Šlechtová, V. ve Vasil'eva, E., 2005, Genetic and morphological analyses of 50-chromosome spined loaches (*Cobitis*, Cobitidae, Pisces) from the Black Sea basin that are morphologically similar to *C. taenia*, with the description of a new species, *Folia Zoologica*, 54 (4), 405-420.
- Janko, K., Flajšhans, M., Choleva, L., Bohlen, J., Šlechtová, V., Rábová, M., Lajbner, Z., Šlechta, V., Ivanova, P. ve Dobrovolov, I., 2007, Diversity of European spined loaches (genus *Cobitis* L.): an update of the geographic distribution of the *Cobitis taenia* hybrid complex with a description of new molecular tools for species and hybrid determination, *Journal of Fish Biology*, 71, 387-408.
- Jiménez, R., Burgos, M. ve de La Guardia, R. D., 1988, A study of the Ag-staining significance in mitotic NOR's, *Heredity*, 60, 125-127.
- Kapuscinski, J., 1995, DAPI: a DNA-specific fluorescent probe, *Biotechnic & Histochemistry*, 70 (5), 220-233.
- Kapuściński, J. ve Skoczylas, B., 1978, Fluorescent complexes of DNA with DAPI 4', 6-diamidine-2-phenyl indole 2HCl or DCI 4', 6-dicarboxamide-2-phenyl indole, *Nucleic Acids Research*, 5 (10), 3775-3800.

- Karakuş, S. Ü. ve Gaffaroğlu, M., 2021, Karyotype, C-band and NOR phenotype of Anatolian endemic fish *Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997), *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38 (3), 311-315.
- Karakuş Ünal, S. ve Gaffaroğlu, M., 2021, Karyotype, C-band and NOR phenotype of Anatolian endemic fish *Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997)(Teleostei, Leuciscidae), *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38 (3), 311-315.
- Karaman, M., 1969, Süßwasserfische der Türkei. 7. Teil. Revision der kleinasiatischen und vorderasiatischen Arten des Genus *Capoeta* (*Varicorhinus*, partim), *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, 66, 17-54.
- Karasu-Ayata, M., 2020, Comparative cytogenetics of two *Squalius* Bonaparte, 1837 species (Cypriniformes: Leuciscidae), *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 44, 355-360.
- 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, C., 2019, Türkiye'de dağılım gösteren *Capoeta* cinsine ait türlerin taksonomik revizyonu, Doktora Tezi, *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize*, 126.
- Kaya, F., 2003, *Capoeta capoeta* (guldensat, 1773) ve *Capoeta barroisi* (Iortet, 1894)'nin biyometrik ve karyolojik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin*, 68.
- Kılıç, 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 yaşayan bazı Cyprinid tür ve alttürlerinin kromozomları üzerine çalışmalar, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır*, s.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.
- Kim, I.-S. ve Lee, J.-H., 1986, A chromosomal study on the genus *Cobitis* (Pisces: Cobitidae) in the southern part of Korea, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19 (3), 257-264.
- Kim, I.-S., 2009, A review of the spined loaches, family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea, *Korean Journal of Ichthyology*, 21 Supplement, 7-28.

- Kim, I., 1999, The far-east species of the genus *Cobitis* with the description of three new taxa (Pisces: Ostariophysi: Cobitidae), *Trav Mus d'Histoire Nat" Grigore Antipa"*, 41, 373-391.
- Kim, S.-Y., Park, J.-Y. ve Kim, I.-S., 1999, Chromosome of spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae) from Korea, *Korean Journal of Ichthyology*, 11 (2), 172-176.
- Kimizuka, Y., Kobayasi, H. ve Mizuno, N., 1982, Geographic distributions and karyotypes of *Cobitis takatsuensis* and *Niwaella delicata* (Cobitidae), *Japanese Journal of Ichthyology*, 29 (3), 305-310.
- Klug, W. ve Cummings, M., 2003, Concepts of genetic, *Pearson Education, Inc*, United States, p. 1-693.
- Küçük, F., Turna, İ. İ. ve Demir, O., 2007, *Capoeta pestai* (Pietschmann, 1933)(Pisces: Cyprinidae)'nin Yayılış Alanı ve Taksonomik Özellikleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (1), 18-25.
- Küçük, F., Turan, D. ve Turna, İ. İ., 2008, Anadolu'da yayılış gösteren bazı *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) türlerine ait osteolojik özelliklerin karşılaştırılması, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25 (4), 267-273.
- Küçük, F., Turan, D., Şahin, C. ve Gülle, İ., 2009, *Capoeta mauricii* n. sp., a new species of cyprinid fish from Lake Beyşehir, Turkey (Osteichthyes: Cyprinidae), *Zoology in the Middle East*, 47, 71-82.
- Küçük, F., Atalay, M. A., Güçlü, S. S. ve Gülle, İ., 2012, Türkiye'de yayılış gösteren *Pseudophoxinus* (Teleostei: Cyprinidae) türlerinin bazı morfolojik özellikleri ve zoocoğrafik dağılımları, *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 1-9.
- Küçük, F., Gülle, İ., Güçlü, S. S., Çiftçi, Y. ve Erdoğan, Ö., 2013, A new *Pseudophoxinus* (Teleostei, Cyprinidae) species from southwestern Anatolia, with remarks on the distribution of the genus in western Anatolia., *ZooKeys*, 320, 29-41.
- Küçük, F., Gülle, İ. ve Güçlü, S. S., 2016, *Pseudophoxinus iconii*, a new species of spring minnow from Central Anatolia (Teleostei: Cyprinidae), *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 27 (3), 283-288.
- Küçük, F. n., Çiftçi, Y., Güçlü, S. m. S., Mutlu, A. G. ve Turan, D., 2023, Taxonomic review of the *Chondrostoma* (Teleostei, Leuciscidae) species from inland waters of Turkey: an integrative approach, *Zoosystematics and Evolution*, 99 (1), 1-13.
- Ladiges, W., 1960, Süßwasserfische der Türkei 1. Teil, *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, 58, 105-150.
- 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.

- Lee, H., Yu, C., Jeon, S. ve Lee, H., 1983, The karyotype analysis on 29 species of fresh water fish in Korea, *Bulletin of Institute of Basic Sciences, InhaUniversity*, 3, 79-86.
- Lee, H., Lee, H. ve Park, C., 1986, Karyotype analysis and geographical polymorphism in Korean *Cobitis*, *Korean Journal of Genetics*, 8, 65-74.
- Lee, J. Y. ve Kim, N., 2015, Diagnosis of *Helicobacter pylori* by invasive test: histology, *Annals of Translational Medicine*, 3 (1), 10.
- Levan, A., Fredga, K. ve Sandberg, A. A., 1964, Nomenclature for centromeric position on chromosomes, *Hereditas*, 52 (2), 201-220.
- Levin, B. A., Freyhof, J., Lajbner, Z., Perea, S., Abdoli, A., Gaffaroğlu, M., Özuluğ, M., Rubenyan, H. R., Salnikov, V. B. ve Doadrio, I., 2012, Phylogenetic relationships of the algae scraping cyprinid genus *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62, 542-549.
- 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.
- Machordom, A. ve Doadrio, I., 2001a, Evidence of a Cenozoic Betic–Kabilian connection based on freshwater fish phylogeography (*Luciobarbus*, Cyprinidae), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 18 (2), 252-263.
- Machordom, A. ve Doadrio, I., 2001b, Evolutionary history and speciation modes in the cyprinid genus *Barbus*, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268 (1473), 1297-1306.
- Madeira, J., Collares-Pereira, M. ve Elvira, B., 1992, Cytotaxonomy of Iberian loaches with some remarks on the karyological evolution of both families (Pisces, Cobitidae, Homalopteridae), *Caryologia*, 45 (3-4), 273-281.
- Maeshima, K. ve Eltsov, M., 2008, Packaging the genome: the structure of mitotic chromosomes, *Journal of Biochemistry*, 143 (2), 145-153.
- Manuelidis, L., 1990, A view of interphase chromosomes, *Science*, 250 (4987), 1533-1540.
- 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.
- McGinty, R. K. ve Tan, S., 2015, Nucleosome structure and function, *Chemical reviews*, 115 (6), 2255-2273.
- Mello, M. L. S., 1983, Cytochemical properties of euchromatin and heterochromatin, *The Histochemical Journal*, 15, 739-751.

- Miller, D., Dev, V., Tantravahi, R. ve Miller, O., 1976, Suppression of human nucleolus organizer activity in mouse-human somatic hybrid cells, *Experimental Cell Research*, 101 (2), 235-243.
- Minchin, S. ve Lodge, J., 2019, Understanding biochemistry: structure and function of nucleic acids, *Essays in Biochemistry*, 63 (4), 433-456.
- Monaghan, P., 2010, Telomeres and life histories: the long and the short of it, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1206 (1), 130-142.
- Nabais, C., Rampin, M. ve Collares-Pereira, M. J., 2013, Comparative cytogenetics of two endangered leuciscine fish, *Squalius aradensis* and *S. torgalensis* (Teleostei, Cyprinidae), from the Iberian Peninsula, *Comparative Cytogenetics*, 7 (1), 33-42.
- Nakajima, J. ve Suzawa, Y., 2016, *Cobitis sakahoko*, a new species of spined loach (Cypriniformes: Cobitidae) from southern Kyushu Island, Japan, *Ichthyological Research*, 63, 68-78.
- Nasren, S., Rahman, M. Z., Islam, M. S., Mia, R., Mian, S. ve Mamun, M. A.-A., 2023, Length family from the Surma River, Bangladesh, *Journal of Applied Ichthyology*, 2023 (1), 6654237. -weight relati
- 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. 1-651.
- O'Connor, C., 2008, Karyotyping for chromosomal abnormalities, *Nature Education*, 1, 27.
- Ojima, Y. ve Hitotsumachi, S., 1969, Cytogenetical studies in loaches (Pisces, Cobitidae), *Zoologisches Magazin*, 78 (4), 139-141.
- Otto, S. P. ve Whitton, J., 2000, Polyploid incidence and evolution, *Annual Review of Genetics*, 34 (1), 401-437.
- Otto, S. P., 2007, The evolutionary consequences of polyploidy, *Cell*, 131 (3), 452-462.
- Özdemir, F., 2013, Türkiye'deki *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) cinsine ait tür ve alttürlerin klasik ve moleküler sistematik yöntemler kullanılarak revizyonu, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 157.
- Özdemir, F., 2015, Principle Components Analysis of two pairs of barbels species of the genus *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) in Turkey, *Pakistan Journal of Zoology*, 47 (3), 753-762.
- Özeren, S. C., Özdemir, F. ve Erkakan, F., 2019, New Record and comparison of some morphometric characters of an endemic species *Capoeta pestai* (Pietschmann, 1933)(Pisces: Cyprinidae) populations in Central Anatolia, *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 47 (2), 209-216.

- Özuluğ, M. ve Oğuz Öztürk, M., 2008, Threatened fishes of the world: *Pseudophoxinus anatolicus* (Hanko 1924)(Cyprinidae), Central Anatolia, Turkey, *Environmental Biology of Fishes*, 83, 183-184.
- Özuluğ, M. ve Freyhof, J., 2011, Review of the genus *Squalius* in Western and Central Anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae), *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 22 (2), 107-148.
- Pekol, S. ve Arslan, O., 2014, *Squalius cephalus* (L., 1758)'un Nor fenotipi ve sucul ortam ekotoksikolojik çalışmaları 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. S. A., Ráb, P. ve Collares-Pereira, M. J., 2012, Chromosomes of European cyprinid fishes: comparative cytogenetics and chromosomal characteristics of ribosomal DNAs in nine Iberian chondrostomine species (Leuciscinae), *Genetica*, 140, 485-495.
- Peruzzi, L. ve Eroğlu, H. E., 2013, Karyotype asymmetry: again, how to measure and what to measure?, *Comparative Cytogenetics*, 7 (1), 1-9.
- Phillips, R. B., Zajicek, K. D., Ihssen, P. E. ve Johnson, O., 1986, Application of silver staining to the identification of triploid fish cells, *Aquaculture*, 54, 313-319.
- Ráb, P. ve Slavík, O., 1996, Diploid-triploid-tetraploid complex of the spined loach, genus *Cobitis* in Psovka Creek: the first evidence of the new species of *Cobitis* in the ichthyofauna of the Czech Republic, *Acta Universitatis Carolinae-Biologica*, 39, 201-214.
- Ráb, P., Rábová, M., Bohlen, J. ve Lusk, S., 2000, Genetic differentiation of the two hybrid diploid-polyploid complexes of loaches, genus *Cobitis* (Cobitidae) involving *C. taenia*, *C. elongatoides* and *C. spp.* in the Czech Republic: Karyotypes and cytogenetic diversity, *Folia Zoologica*, 49, 55-66.
- 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 cytotoxic marker—the largest subtelocentric chromosome pair as revealed by cross-species painting, *Chromosome Research*, 16, 863-873.
- Rábová, M., Ráb, P. ve Ozouf-Costaz, C., 2001, Extensive polymorphism and chromosomal characteristics of ribosomal DNA in a loach fish, *Cobitis vardarensis* (Ostariophysi, Cobitidae) detected by different banding techniques and fluorescence in situ hybridization (FISH), *Genetica*, 111, 413-422.

- 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, 83-91.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. ve Jackson, R. B., 2013, Campbell biyoloji (dokuzuncu baskıdan çeviri), *Palme Yayıncılık*, p. 1-1263.
- Rich, A., 1993, DNA comes in many forms, *Gene*, 135 (1-2), 99-109.
- 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), 469-476.
- Roussel, P. ve Hernandez-Verdun, D., 1994, Identification of Ag-NOR proteins, markers of proliferation related to ribosomal gene activity, *Experimental Cell Research*, 214 (2), 465-472.
- Saç, G. ve Özuluğ, M., 2018, Length–weight relationship of 16 fish species belonging to genus *Pseudophoxinus* (Teleostei: Leuciscidae) from Turkish inland waters, *Journal of Applied Ichthyology*, 34 (6), 1335-1339.
- Saç, G., Özuluğ, M., Geiger, M. F. ve Freyhof, J., 2019, *Pseudophoxinus cilicicus*, a new spring minnow from southern Anatolia (Teleostei: Leuciscidae), *Zootaxa*, 4671 (1), zootaxa. 4671.4671. 4678-zootaxa. 4671.4671. 4678.
- 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.
- Santra, I., Haque, S. M. ve Ghosh, B., 2020, Giemsa C-banding karyotype and detection of polymorphic constitutive heterochromatin in *Nigella sativa* L, *Cytologia*, 85 (1), 85-90.
- Saygun, S., 2021, Türkiye’de sitogenetik çalışmalar: Balıklar (Vertebrata, Pisces), *Turkish Journal of Bioscience and Collections*, 5 (1), 83-107.
- Schneider, D., Mrakovcic, M., Mustafic, P. ve Kerovec, M., 2000, Morphological differences in some *Cobitis* populations from Croatia, *Folia Zoologica*, 49, 227-234.
- Schönhuth, S., Vukić, J., Šanda, R., Yang, L. ve Mayden, R. L., 2018, Phylogenetic relationships and classification of the Holarctic family Leuciscidae (Cypriniformes: Cyprinoidei), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127, 781-799.
- Schulz-Schaeffer, J., 1980, Cytogenetics: plants, animals, humans, *Springer-Verlag*, New York Heidelberg Berlin, p. 1-446.
- Seçer, B., 2018, Dalaman çayı havzasında dağılım gösteren *Cobitis* (Teleostei: Cobitidae) türlerinin morfometrik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Nevşehir, 39.

- Shakoori, A. R., 2017, Organization of genetic material into 3 chromosomes, In: Chromosome structure and aberrations, Eds: Ahmad Bhat, T. ve Wani, A. A., *Springer New Delhi*: India, p. 343-367.
- Sheng, M., Gao, M. ve Wang, L., 2020, Heterochromatin banding and rDNA physical mapping in 22 *Epimedium* species and two *Vancouveria* species: implications for evolution in *Epimedium*, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 194 (4), 480-497.
- Snustad, D. P. ve Simmons, M. J., 2011, Principles of Genetics (7th Edition), *John Wiley and Sons*, United States, p. 1-767.
- Sofradžija, A., 1977, Kariologija i citotaksonomija vrsta roda *Leuciscus* iz voda Bosne i Hercegovine, *Godišnjak Biološkog Instituta Univerziteta u Sarajevu Posebno izdanje*, 30, 113-211.
- Sofradžija, A. ve Berberovic, L., 1978, Diploid triploid sexual dimorphism in *Cobitis taenia taenia* L.(Cobitidae, Pisces), *Genetica*, 10 (3), 389-397.
- Sola, L., Cataudella, S. ve Capanna, E., 1981, New developments in vertebrate cytotaxonomy III. Karyology of bony fishes: a review, *Genetica*, 54, 285-328.
- Solak, K., Alas, A., Yilmaz, M. ve Öktener, A., 2009, Biometry of the fishes *Barbus plebejus* and *Barbus capito* from Coruh Basin, Turkey, *Revista de Biología Tropical*, 57 (1-2), 159-165.
- Song, C., Liu, S., Xiao, J., He, W., Zhou, Y., Qin, Q., Zhang, C. ve Liu, Y., 2012, Polyploid organisms, *Science China Life Sciences*, 55, 301-311.
- Spinner, N. B., 2013, Chromosome banding, In: Brenner's Encyclopedia of Genetics (2nd edn.) Eds: Maloy, S. ve Hughes, K., *Academic Press*, p. 546-548.
- Stout, C. C., Tan, M., Lemmon, A. R., Lemmon, E. M. ve Armbruster, J. W., 2016, Resolving Cypriniformes relationships using an anchored enrichment approach, *BMC Evolutionary Biology*, 16, 244.
- Sumner, A., 1972, A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin, *Experimental Cell Research*, 75, 304-306.
- Suto, Y., Tominaga, T., Akiyama, M. ve Hirai, M., 2021, Revisiting microscopic observation of chromosomal aberrations in cultured human peripheral blood lymphocytes at the second mitotic division after gamma irradiation in vitro, *Cytologia*, 86 (1), 67-77.
- Sülün, Ş., 2014, Endemik bir tatlı su balığı, *Squalius pursakensis*' in Seydisuyu (Sakarya Havzası)'ndaki biyo-ekolojik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir*, 111.
- Tan, M. ve Armbruster, J. W., 2018, Phylogenetic classification of extant genera of fishes of the order Cypriniformes (Teleostei: Ostariophysi), *Zootaxa*, 4476 (1), 006-039.

- Tao, W., Yang, L., Mayden, R. L. ve He, S., 2019, Phylogenetic relationships of Cypriniformes and plasticity of pharyngeal teeth in the adaptive radiation of cyprinids, *Science China Life Sciences*, 62 (4), 553-565.
- Tarnowski, B. I., Spinale, F. G. ve Nicholson, J. H., 1991, DAPI as a useful stain for nuclear quantitation, *Biotechnic & Histochemistry*, 66 (6), 296-302.
- Thomas, C. A., 1971, The genetic organization of chromosomes, *Annual Review of Genetics*, 5 (1), 237-256.
- Travers, A. ve Muskhelishvili, G., 2015, DNA structure and function, *The FEBS Journal*, 282 (12), 2279-2295.
- Trotta, E., Del Grosso, N., Erba, M., Melino, S., Cicero, D. ve Paci, M., 2003, Interaction of DAPI with individual strands of trinucleotide repeats: Effects on replication in vitro of the AAT· ATT triplet, *European journal of biochemistry*, 270 (23), 4755-4761.
- Turan, D., Kottelat, M., Ekmekçi, F. G. ve Imamoglu, H. O., 2006, A review of *Capoeta tinca*, with descriptions of two new species from Turkey (Teleostei: Cyprinidae), *Revue Suisse de Zoologie*, 113 (2), 421-436.
- Turan, D., Ekmekçi, F. G., İlhan, A. ve Engin, S., 2008, *Luciobarbus kottelati*, a new species of barbel (Teleostei: Cyprinidae) from the Büyük Menderes River, Turkey, with rediagnose of *L. lydianus*, *Zootaxa*, 1824, 35-44.
- Turan, D., Kottelat, M. ve Doğan, E., 2013, Two new species of *Squalius*, *S. adanaensis* and *S. seyhanensis* (Teleostei: Cyprinidae), from the Seyhan River in Turkey, *Zootaxa*, 3637 (3), 308-324.
- Turan, D., Kottelat, M. ve Bayçelebi, E., 2017, *Squalius semae*, a new species of chub from the Euphrates River, Eastern Anatolia (Teleostei: Cyprinidae), *Zoology in the Middle East*, 63 (1), 33-42.
- Turan, D., 2022, Description of a new species *Squalius* from Lake Hazar and upper Tigris River drainages in Anatolia (Teleostei: Leuciscidae), *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7 (3), 336-340.
- Ueno, K. ve Ojima, Y., 1976, Diploid-tetraploid complexes in the Genus *Cobitis* Cobitidae, Cyprinida, *Proceedings of the Japan Academy*, 52 (8), 446-449.
- Ueno, K., 1980, Karyotypes and geographical distribution in the genus *Cobitis* (Cobitidae), *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 46 (1), 9-18.
- Ueno, K., Senou, H. ve Kim, I. S., 1985, A chromosome study of five species of Korean cobitid fish, *The Japanese Journal of Genetics*, 60 (6), 539-544.
- Unal-Karakus, S., Gaffaroglu, M. ve Karasu-Ayata, M., 2023, Comparative cytogenetics of four endemic *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) species from Anatolia, Türkiye, *Caryologia*, 76 (1), 27-34.

- Ünal Karakuş, S., 2021, Comparative cytogenetics of three endemic gudgeons of *Gobio* Cuvier, 1816 (Ostariophysi: Cypriniformes: Gobionidae), *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45 (6), 1933-1940.
- 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), 249-257.
- Ünal, S. ve Gaffaroğlu, M., 2016, Karyology of six cyprinid fishes from Seyhan and Ceyhan rivers in Anatolia, *Caryologia*, 69 (4), 362-369.
- Van der Laan, R., 2020, Freshwater fish list (Thirtieth edition), *Almere, The Netherlands*, p. 1-1098.
- Vasil'ev, V. ve Vasil'eva, E., 2022, Triploid forms' karyotypes of spined loaches from the genus *Cobitis* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cobitidae) of the upper Dnieper and Western Dvina rivers: Analysis of the triploids' origin, *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 52 (1), 67-75.
- Vasil'eva, E. ve Vasil'ev, V., 1998, Sibling species in genus *Cobitis* (Cobitidae). *Cobitis rossomeridionalis* sp. nova, *Journal of Ichthyology*, 38 (8), 580-590.
- Vasil'ev, V., Vasil'eva, E. ve Levenkova, E., 2007, Trihybrid origin of an all-female tetraploid form of fish from the genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae), *Doklady Biological Sciences*, 413, 107-110.
- Vasil'ev, V. ve Vasil'eva, E., 2008, Comparative karyology of species of the genera *Misgurnus* and *Cobitis* (Cobitidae) from the Amur River Basin in connection with their taxonomic relations and the evolution of karyotypes, *Journal of Ichthyology*, 48 (1), 5-17.
- Vasil'ev, V., Lebedeva, E. ve Vasil'eva, E., 2011, Evolutionary ecology of clonal-bisexual complexes in spined loaches from genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae), *Journal of Ichthyology*, 51 (10), 932-940.
- Vasil'ev, V. P., Vasil'eva, K. D. ve Osinov, A., 1989, Evolution of a diploid-triploid-tetraploid complex in fishes of the genus *Cobitis* (Pisces, Cobitidae), *Evolution and Ecology of Unisexual Vertebrates, Bulletin*, 466, 153-169.
- Vasil'eva, E. ve Vasil'ev, V., 2006, *Cobitis pontica* sp. nova—a new spined loach species (Cobitidae) from the Bulgarian waters, *Journal of Ichthyology*, 46 (Suppl. 1), S15-S20.
- Vasil'eva, E., Solovyeva, E. ve Vasil'ev, V., 2022, Molecular phylogeny of the spined loach genus *Sabanejewia* (Osteichthyes: Cobitidae) revised, *Journal of Ichthyology*, 62 (5), 812-827.
- Vatandoust, S., Yerli, S. V. ve Jalili, P., 2016, Descriptive osteology of *Squalius orientalis* from Urmia Lake basin of Iran, *International Journal of Aquatic Biology*, 4 (3), 215-223.

- 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.
- Watson, J. D. ve Crick, F. H., 1953, Molecular structure of nucleic acids, *Nature*, 171 (4356), 737-738.
- Williamson, D. ve Fennell, D., 1975, The use of fluorescent DNA-binding agent for detecting and separating yeast mitochondrial DNA, In: *Methods in Cell biology*, Eds: Prescott, D. H., *Academic Press*: New York, p. 335-351.
- Wolf, U., Ritter, H., Atkin, N. ve Ohno, S., 1969, Polyploidization in the fish family Cyprinidae, order Cypriniformes, *Humangenetik*, 7, 240-244.
- Wong, J. M. ve Collins, K., 2003, Telomere maintenance and disease, *The Lancet*, 362, 983-988.
- Woods, G. L. ve Walker, D. H., 1996, Detection of infection or infectious agents by use of cytologic and histologic stains, *Clinical Microbiology Reviews*, 9 (3), 382-404.
- Yang, K., Jiang, W., Wang, X., Zhang, Y., Pan, X. ve Yang, J., 2019, Evolution of the intermuscular bones in the Cyprinidae (Pisces) from a phylogenetic perspective, *Ecology and Evolution*, 9 (15), 8555-8566.
- Yang, L., Sado, T., Hirt, M. V., Pasco-Viel, E., Arunachalam, M., Li, J., Wang, X., Freyhof, J., Saitoh, K. ve Simons, A. M., 2015, Phylogeny and polyploidy: resolving the classification of cyprinine fishes (Teleostei: Cypriniformes), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 85, 97-116.
- Zareian, H., Esmaili, H. R., Gholamhosseini, A., Japoshvili, B., Özüluğ, M. ve Mayden, R. L., 2018, Diversity, mitochondrial phylogeny, and ichthyogeography of the *Capoeta capoeta* complex (Teleostei: Cyprinidae), *Hydrobiologia*, 806, 363-409.
- Zimmerman, S. B., 1982, The three-dimensional structure of DNA, *Annual review of Biochemistry*, 51 (1), 395-427.
- Zink, D., Sadoni, N. ve Stelzer, E., 2003, Visualizing chromatin and chromosomes in living cells, *Methods*, 29 (1), 42-50.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmed Sadeq Jaber DOORI
Uyruğu : Irak

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Yemen Lisesi, Bağdat / Irak	2010
Üniversite	: Bağdat Üniversitesi / Irak	2015
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Doktora	: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2024

YAYINLAR

1-) Arslan, A. and **Doori, A. S. J.**, 2018, Karyological study of Akşehir chub, *Squalius recurvirostris* in Turkey. 1st International symposium on graduate research in science focus on entrepreneurship and innovation (ISGRS 2018) October 4-6, 2018, İstanbul: p.128 (**Poster Presentation**).

2-) Arslan, A., **Doori, A. S. J.** and Alpaslan, Z., 2019, Karyological review of belonging to the some cyprinid genera (*Cyprinus, Carassius, Ctenopharyngodon* and *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**).

3-) Arslan, A., **Doori, A. S. J.** and Alpaslan, Z., 2019, Karyological review of belonging to the some cyprinid genera (*Leucaspius, Leuciscus, Luciobarbus, Petroleuciscus, Pseudorasbora, Rhodeus, Rutilus* and *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**).

4-) Arslan, A., Alpaslan, Z. and **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**).

5-) Arslan, A., Alpaslan, Z. and **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**).

6-) **Doori, A. S. J.** and Arslan, A., 2022, Karyotypes and ZZ/ZW sex chromosome system of endemic *Squalius recurvirostris* (Leuciscinae, Cyprinidae) in Turkey,

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 25 (4), 649-657 **(Yüksek lisans tezinden üretilmiştir)**.

7-) **Doori, A. S. J.** and Arslan, A., 2023, Cytogenetic characteristics of endemic *Squalius cappadocicus* Özuluğ and Freyhof, 2011 in Türkiye, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40 (1), 51-55 **(Doktora tezinden üretilmiştir)**.

8-) **Doori, A. S. J.** and Arslan, A., 2024, Karyological analysis of endemic *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó 1925) in Türkiye, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41 (1), 26-29 **(Doktora tezinden üretilmiştir)**.

9-) **Doori, A. S. J.** and Arslan, A., 2024, Karyological analysis of endemic loach *Cobitis bilseli* Battalgi, 1942 (Cobitidae) in Turkey, *Cytologia*, 89 (1), 47-51 **(Doktora tezinden üretilmiştir)**.

