

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ILICA DERESİ'NDE (FATSA/ORDU) YAŞAYAN *Barbus tauricus*
KESSLER, 1877 (PISCES; CYPRINIFORMES)'İN KARYOTİP
ANALİZİ

TÜLİN ATAÇ ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2015

TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Tülin ATAÇ ŞAHİN tarafından hazırlanan ve Yrd. Doç. Dr. Serkan SAYGUN danışmanlığında yürütülen “Ilıca Deresi’nde (Fatsa/Ordu) Yaşayan *Barbus tauricus* Kessler, 1877 (Pisces; Cypriniformes)’in Karyotip Analizi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 17/03/2015 tarihinde oy birliği/oy çokluğu ile Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Serkan SAYGUN

Başkan : Prof. Dr. İsmet BALIK
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği,
Ordu Üniversitesi

İmza:

Üye : Doç. Dr. Zülal ATLI ŞEKEROĞLU
Biyoloji, Ordu Üniversitesi

İmza:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Serkan SAYGUN
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği,
Ordu Üniversitesi

İmza:

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu’nun 27/03/2015 tarih ve 2015/.....155... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

27/03/2015

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Mehmet Fikret BALTA

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

İmza



Tülin ATAÇ ŞAHİN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ILICA DERESİ'NDE (FATSA, ORDU) YAŞAYAN *Barbus tauricus* KESSLER, 1877 (PISCES; CYPRINIFORMES)'İN KARYOTİP ANALİZİ

Tülin ATAÇ ŞAHİN

Ordu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, 2015
Yüksek Lisans Tezi, 87s.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Serkan SAYGUN

Bu araştırmada, Ilıca Irmağında yaşayan Kırım Bıyıklı balığı, *Barbus tauricus* Kessler, 1877'in kromozom sayısı ve yapısının geleneksel boyama yöntemiyle (Giemsa) ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Sitotaksonomik ve lokalolarak ilk defa yapılan bu çalışmada, çeşitli büyüklüklerde 24 Kırım bıyıklı balığı örneği kullanılmıştır. Laboratuvarında uygun koşullarda yaşatılan her bir örnek balığın 20 gramına 1 ml % 0.1'lik kolçisin intraperitoneal veya intramuskular bölgesinden enjekte edilmiştir ve 6 saat bol havalandırmalı akvaryumda bekletilmiştir. Bu süre sonunda balıklar buz şoku uygulaması ile sersemletilerek ötenazi yapıldıktan sonra disseksiyonla çıkarılan solungaç ve yüzgeç epitel dokuları taze olarak hazırlanan 0.075M KCl hipotonik solüsyonunda 30' – 45' bekletilmiştir. Flakon şişe içindeki doku parçaları üzerine 5 ml Carnoy fiksatif (3:1 asetik asit:metanol) ilave edilmiş, 30' bekletilmiş sonrasında fiksatif dökülerek tekrar taze fiksatif koyulmuştur. Bu işlem 3 kez tekrarlandıktan sonra flakon şişelerde buzdolabında saklanmıştır. Birkaç gün sonra %50 asetik asitle doku parçaları ezilerek bir miktar hücre süspansiyonu mikrohematokrit pipeti içine çekilip 40-50°C' ye kadar ısıtılmış lamalar üzerine yayma yapılmıştır. Kuruyan preparatlar % 5'lik Giemsa (pH 6.8) solüsyonu ile 20-30' boyanmıştır. Mikroskop altında genel olarak incelenen preparatlar içerisinde kromozomları sayım ve karyotip analizi yapmaya en uygun olanlar seçilerek fotoğrafları çekilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda, *B. tauricus*'un 2n diploit kromozom sayısının 100, karyotipi 6 metasentrik, 24 submetasentrik, 38 subtelosentrik ve 32 akrosentrik kromozomdan oluştuğu ve kromozom kol sayısı NF=130 olarak belirlenmiştir. Kuzey Anadolu'da yaygın olarak bulunan *B. tauricus*'un *escherichii* alttürü olup olmadığı tartışılabilir fakat Avrasya sitotipi içerisindeki tetraploitler (4n) arasında yer aldığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Bıyıklı Balık, *Barbus tauricus*, Kromozom, Karyotip, Sitotaksonomi, Ilıca Deresi (Fatsa, ORDU)

ABSTRACT

KARYOTYPE ANALYSES OF *Barbus tauricus* KESSLER, 1877 (PISCES; CYPRINIFORMES) LIVING IN ILICA STREAM (FATSA, ORDU)

Tülin ATAÇ ŞAHİN

University of Ordu
Institute for Graduate Studies in Natural and Technology
Department of Fisheries Engineering Technology, 2015
MSc. Thesis, 87p.

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Serkan SAYGUN

In this study, it is aimed to reveal the chromosome numbers and structures of the Crimean Barb, *Barbus tauricus* Kessler, 1877 living in Ilica Stream, by the conventional staining method (Giemsa).

Crimean Barbs working first time as cytotoxic and local in this research were used 24 specimens in different sizes. 1 ml colchicine solution (0.1%) for each 20 g body weight was injected intramuscular or intraperitoneal sides of each fish sample brought into the laboratory in suitable conditions and samples were kept alive in well-aerated aquarium for 6 hours. At the end of this time; gill and fins tissues were removed by dissection after euthanasia by stunning ice shock treatment and were treated with freshly prepared the hypotonic solution of 0.075 M KCl for 30' – 45'. 5 ml of Carnoy's fixative (3:1, methanol:acetic acid) on tissue pieces in vials was added and placed in fresh fixative by pouring old fixative after waited for 30'. The vials were maintained in refrigerator after repeating this process three times. After a few days, tissue particles were minced and crushed in solution of 50% acetic acid, an amount of cell suspension was pulled into microhematocrit pipette dripped onto microscope slides heated to 40-50°C. Air-dried preparations were stained with 5% Giemsa solution (6.8pH) for 20' – 30'. Chromosomes in the preparations examined under the microscope in general were taken photos by selecting the most available ones for counting and karyotyping.

As the results of the investigations, It's defined as 2n diploid chromosome number of *Barbus tauricus* is 100, karyotype's composed of 6 metacentric, 24 submetacentric, 38 subtelocentric and 32 acrocentric chromosomes and chromosome arm number is NF=130. *B. tauricus* widely distributed throughout the North Anatolian may be arguable whether to be as subspecies *escherichii* or not, but It may said that is located between tetraploids (4n=100) in Eurasian cytotype.

Keywords: Crimean Barb, *Barbus tauricus*, Chromosome, Karyotype, Cytotaxonomy,
Ilica Stream (Fatsa, Ordu)

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi, yazımı aşamasında ve tamamlanmasında danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Serkan SAYGUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin bitirilmesinde manevi desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İsmet BALIK'a, Sayın Doç. Dr. Gürol ÖZCÜRE'ye, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ebru YILMAZ'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Yılmaz ÇİFTÇİ'ye teşekkür ederim. Verilerin kullanımını esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünde hocam Sayın Prof. Dr. Melike ERKAN'a ve İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde hocamız Sayın Uzman Kadir DOĞAN'a teşekkür ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim babam, annem ve eşim Orhan Şahin'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam esnasında örnekleme yaptığım balıkların temininde yardımcı olan balıkçımıza, amcamın oğlu Burhan ATAÇ'a ve üniversitede güvenlik görevlisi Aytaç GÜLEÇ'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
ÇİZELGELER LİSTESİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Taksonomik ve Biyolojik Bilgiler.....	3
2.1.1. Cyprininae (Barbinae) Alt Ailesi (SubFamilia).....	3
- Cyprininae (Barbinae) Familyası sistematik tanımlama anahtarı	4
2.1.2. <i>Barbus</i> Genusu.....	4
2.1.3. <i>Barbus tauricus</i> Kessler, 1877.....	6
2.2. Hücre Bilgisi.....	9
2.2.1. Hücre.....	9
2.2.2. Mitoz Hücre Bölünmesi.....	10
2.2.2.1. Metafaz Safhası.....	12
2.2.2.2. Hücre Çekirdeği (Nükleus) ve Kalıtsal Madde.....	13
2.2.2.3. Kromozomların Yapısı.....	14
2.2.3. Kromozomların Nomenklatürü.....	15
2.2.4. Kromozom Çalışmaları.....	18
2.2.5. Karyotipin Tanımlaması, Amaçları ve Çıkarılması.....	19
- Sitogenetikçiler kromozom incelemesini nasıl yapar?.....	20

	- Karyotip terimi bize hangi bilgileri verir?.....	20
	- Taksonomik Çalışmalarda Karyotipik Analizin Amacı Nedir?.....	20
	- Taksonomik Çalışmalarda Karyolojik Çalışmaların Yararları.....	21
2.3.	Kromozom Sayısının Değişimi ve Türler Arasındaki İlişki.....	21
2.3.1.	Kromozom Sayısı Değişimleri (Ploidi).....	22
2.3.1.1.	Öploidi (Euploidy).....	22
	- A. Monoploidi:.....	23
	- B. Poliploidi:.....	23
	- a. Otopoliploidi (Autoploidy):.....	23
	- b. Allopoliploidi (Allopoloidi):.....	23
	- c. Endopoliploidi (Endoploidi):.....	24
2.3.1.2.	Anöploidi (Aneuploidy).....	24
	- A. Hipoploidi:.....	25
	- a. Monosomi:.....	25
	- b. Nullisomi:.....	25
	- B. Hiperploidi:.....	26
	- a. Trisomi:.....	26
	- b. Tetrasomi:.....	26
2.3.2.	Yapısal Kromozom Değişimleri (Mutasyonlar).....	26
2.4.	Literatür Özeti.....	28
	- <i>Barbus</i> Genusu Türlerinde Yapılan Yabancı Kaynaklı Çalışmalar.....	28
	- Barbinae Altfamilyası Türlerinde Ve Bazı Cyprinidlerde Türkiye’de Yapılan Çalışmalar.....	33
	- Barbinae:.....	33
	- Cyprinidae:.....	34
3.	MATERYAL ve YÖNTEM	38
3.1.	Materyal.....	38

3.1.1.	Araştırma Yeri ve Örneklem Çalışması.....	38
3.1.2.	Balık Materyali.....	38
3.2.	Yöntem.....	39
	- Taksonomik ve Sistematik İnceleme.....	39
	- Karyolojik İnceleme.....	41
3.2.1.	Kimyasal Maddelerin Hazırlanması.....	41
3.2.2.	Doku ve Kromozom Preparasyonu.....	42
3.2.2.1.	Ön Muamele.....	42
3.2.2.2.	Hipotonik Çözelti İle Muamele.....	42
3.2.2.3.	Fiksasyon.....	42
3.2.3.	Sert Dokulardan Kromozom Yayılımlarının Elde Edilmesi.....	43
3.2.4.	Kromozomların İncelenmesi.....	44
	- Toplam Kromozom Kol Sayısı (NF).....	45
4.	BULGULAR	47
	- Taksonomik Bulgular.....	47
	- Karyolojik Bulgular.....	48
5.	TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER	55
	-Metodolojik Bakımdan.....	55
	-Karyolojik Bakımdan.....	63
	-Sitogenetik ve Filogenetik Bakımından.....	71
6.	KAYNAKLAR	77
	ÖZGEÇMİŞ.....	87

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1.	<i>Barbus</i> genusundan balıkların genel ağız yapısı (Kottelat ve Freyhof, 2007).....	4
Şekil 2.2.	Kırım Bıyıklı Balığı, <i>B. tauricus</i> (Kottelat ve Freyhof, 2007).....	6
Şekil 2.3.	<i>B. tauricus</i> 'un endemik olarak yaşadığı Kırım Yarımadası, Sarı bölge doğal yaşam alanı, kırmızı bölge: nesli tükenmekte olduğu bölge (Anonim, 2012c ve d).....	7
Şekil 2.4.	(1) <i>B. t. waleckii</i> , (2) <i>B. t. bergi</i> , (3) <i>B. t. tauricus</i> , (4) <i>B. t. kubanicus</i> , (5) <i>B. t. escherichii</i> (6) <i>B. t. oligolepis</i> alt türlerinin yayılım haritası (Bogutskaya ve ark., 2003).....	8
Şekil 2.5.	Bir hayvan hücresi yapısı (Raven ve ark. 2011).....	9
Şekil 2.6.	Mitoz hücre bölünmesi (Raven ve ark.,2011).....	10
Şekil 2.7.	İnsanda mitoz hücre bölünmesi safhalarının süreleri (Klug ve ark., 2012; Anonim, 2014a).....	11
Şekil 2.8.	Mitoz hücre bölünmesi (Metafaz ve sonrası) (Raven ve ark., 2011).....	12
Şekil 2.9.	Metafaz evresinde kromozomların plak(a) gibi bir düzlemde görünür hale gelmesi (Raven ve ark., 2011).....	13
Şekil 2.10.	Bir insan metafaz kromozom plağı 100x büyütmede mikroskop görüntüsü (Hayd, 2009).....	13
Şekil 2.11.	Nükleus, Nükleous ve Kromatin yapısı (Anonim, 2015a).....	14
Şekil 2.12.	Metafazda yoğunlaşmış kromozomun kromatin ağı (Ness ve Knight, 2004) ve Kinetokorun yapısı (Klug ve ark., 2012).....	14
Şekil 2.13.	Kromozomların yapısı, metafaz kromozomun oluşumu (Anonim, 2015b).....	15
Şekil 2.14.	Kromozomların anatomisi (G ve R-bantlı) (Keane ve O'Toole, 2005).....	16
Şekil 2.15.	Kromozomların “p ve q” kolları (Anonim, 2007).....	16
Şekil 2.16.	Sentromerin yerine göre kromozom tipleri (Anonim, 2014)...	17
Şekil 2.17.	Kromozomun yapısı; Kromomerler, kromonema üzerindeki koyu renkli bölgelerdir ve tek bir DNA molekülünün yoğun bir şekilde bükülüp katlanmasıyla oluşurlar (Anonim, 2012b).....	18
Şekil 2.18.	Özel bir görüntü analiz programı ile çıkartılmış insan karyotipi (Anonim, 2014).....	20
Şekil 2.19.	Otopoliploidinin oluşum mekanizması (Anonim, 2015c).....	23

Şekil 2.20.	Alloploidinin oluşum mekanizması (Anonim, 2015c).....	24
Şekil 2.21.	Mayoz bölünmede Anafaz esnasındanormal bölünme ve Anöploidiye neden olan “Ayrılmama” olayının oluşum mekanizması (Anonim, 2015d).....	25
Şekil 2.22.	Anöploidi oluşum mekanizması (Anonim, 2015c).....	25
Şekil 2.23.	Tetrasomi oluşumu mekanizması (Topaktaş ve Rencüzoğulları,2010).....	26
Şekil 2.24.	Önemli yapısal mutasyonların oluşum mekanizmaları (Anonim, 2015d).....	27
Şekil 3.1.	Araştırmanın yapıldığı Ilıca Deresinde örnekleme mevkiini gösteren GPS harita (Anonim, 2014d).....	38
Şekil 3.2.	Araştırmada kullanılan bıyıklı balık, <i>B. tauricus</i> Kessler, 1778 örneklerinin, a -Lateralden, b - Baş, c -Dorso-ventralden, d - Anal ve kaudal yüzgeç, e - Ventralden ağız ve bıyık, f -Ventralden tam boy görünüşü.....	39
Şekil 3.3.	<i>Barbus</i> larda ölçümü (metrik) ve sayımı (meristik) yapılan bazı özellikler: Meristik: D-Dorsal, P-Pektoral, V- Ventral (Pelvik), A-Anal, K-Kaudal Yüzgeç Işın Sayıları, LL- Yanal Çizgi pul sayısı, Metrik: 1-Toplam boy, 2-Çatal boy, 3-Standart boy, 4- Predorsal uzunluk, 5- Baş uzun., 6- Dorsal yüzgeç uzun., 7- Dorsal yüzgeç kaidesi genişliği, 8- Burun Uzun., 9- Göz Çapı, 10- Postorbital uzun., 11- Postdorsal mesafe, 12- Dorsal baş uzun., 13- Pektoral yüzgeç uzun., 14- Prepelvik mesafe, 15- Pelvik yüzgeç uzun., 16- Anal yüzgeç uzun., 17- Anal yüzgeç kaidesi uzun., 18- Postanal mesafe, 19- Preanal mesafe, 20- Kuyruk sapı kalınlığı, 21. Vücut Yüksekliği.....	40
Şekil 3.4.	Doku preparasyonunun yapılması: a . Örneklerin laboratuvara getirilmesi, b . Örneklerin bol havalandırılmalı akvaryumlarda adaptasyonu, c . Dorsalden kolçisin enjeksiyonu, d . Solungaçların çıkarılması, e . Yüzgeçlerin alınması, f . Dokuların hipotonik ve fiksatif muamelesi, g . Dokuların flakon şişelere konarak saklanması.....	43
Şekil 3.5.	Sert dokulardan kromozom preparasyonu ve Boyama: a) Doku örneğinin alınması b)Doku parçasına %50 asetik asit ilavesi c) Dokunun ezilmesi d) Doku süspansiyonunun pipete çekilmesi e) Pipetle yayma işlemi f) Prepatların Giemsa solüsyonuna yerleştirilmesi g) Boyanan preparatların çeşme suyu ile yıkanması h) Boyalı preparatların havada kurumaya bırakılması.....	44
Şekil 4.1.	<i>B. tauricus</i> 'a ait metafaz plağı, Bar-10 µ.....	50

Şekil 4.2.	<i>B. tauricus</i> 'a ait model kromozom tipi ve sayısını ($2n=100$) gösteren karyogram.....	51
Şekil 4.3.	<i>B. tauricus</i> 'a ait preparatlardan elde edilen model kromozom sayısından ($2n=100$) farklı sayıdaki metafazlar.....	54
Şekil 5.1.	MicroMeasure programı ile arpanın FISH ile boyalı $2n=8$ kromozom ölçümü ve ölçümden sonra verilerin aktarıldığı Microsoft Excel® dosyası görünümü (Reeves, 2001).....	62
Şekil 5.2.	Çörek otu, <i>Nigella sativa</i> 'nın farklı boydaki kromozomlarının İdeoKar programında ölçümü, veri dosyası ve ideogramını gösteren asıl ekran görünümü (Mirzaghaderi ve Marzangi,2015)	63
Şekil 5.3.	Cyprinidlerde karyolojik evrimin yeni modelinin şematik gösterimi, A- Primer poliploidizasyon, B- İkincil poliploidi evrimleşme yönü (Collares-Pereira,1994).....	72

ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelge No.</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1.	<i>B. tauricus</i> 'un taksonomisi (Kottelat ve Freyhof, 2007; Anonim, 2012a ve b).....	6
Çizelge 2.2.	Sentromerik pozisyon ve kol oranlarına (Uzun/Kısa kol) göre belirlenen kromozom tipleri (Levan ve ark.,1964).....	17
Çizelge 2.3.	Bazı türlerin somatik hücrelerindeki kromozom sayıları (Hayd, 2009;Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010; Gregory, 2015).....	22
Çizelge 2.4.	Kromozom sayısı değişimleri (Ploidi) şeması (Temizkan, 1994)	23
Çizelge 4.1.	Araştırmada örneklenen <i>Barbus tauricus</i> 'lara ait bazı metrik (Şekil 3.3'e göre) ölçümlerin ortalamaları (mm) \pm std. sapma, \pm standart hata ve bazı meristik karakterler.....	47
Çizelge 4.2.	<i>B. tauricus</i> 'a ait kromozom sayısı frekans tablosu ($\sum f_n=58$, $\sim\%14$, $2n=100$).....	49
Çizelge 4.3.	<i>B. tauricus</i> 'a ait n sayıdaki kromozomların nispi uzunlukları (μ), toplam uzunluk (μ), kol oranı (q/p) ve sınıflandırılması.....	52
Çizelge 4.4.	<i>B. tauricus</i> 'un haploit (n=50) kromozom setine göre ideogramı	53
Çizelge 5.1.	Barbinae alt familyası türleri üzerinde yapılan bazı sitogenetik çalışmalarında kullanılmış olan metotlar.....	58
Çizelge 5.2.	Bugüne kadar <i>Barbus</i> genusu üzerinde yapılmış sitogenetik çalışmaların sonuçlarına göre bıyıklı balıklarda kromozom sayısı değişimi.....	64
Çizelge 5.3.	Bugüne kadar bıyıklı balıklardan <i>Barbus</i> genusu üzerinde yapılmış sitogenetiksel çalışmaların sonuçları (*Arai, 2011; **Klinkhardt ve ark., 1995; ***Vasilyan ve ark., 2009).....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

$\sum f_n$: Toplam Örnek Sayısı (Frekans)
'	: Dakika
$\times 10$: 10 kat büyütme
$\times 100$: 100 kat büyütme
©	: Copyright
®	: Registered Sign
°C	: Celcius Degree- Santigrad Derece
μ	: Mikron
2n	: Diploit kromozom sayısı
a	: Akrosentrik
Ag-NOR	: Gümüş boyama
ATP	: Adenozin Trifosfat
CMA ₃	: Chromomycin A ₃ , Floresans boya
CoCl ₂	: Kobalt Klorür
D	: Doğu
DAPI	: 4',6-diamidino-2-phenylindole, Floresans boya
DNA	: Deoksiriboz Nükleik Asit
FISH	: Fluorescence <i>in situ</i> Hybridization, Floresans boyama
G	: Gap, Safha
g	: Gram
g VA	: Gram Vücut Ağırlığı
G-band	: Giemsa Boyama (Tripsinli)
HBSS	: Hank's Tuz Solüsyonu- Hank's Balanced Salt Solution
Hy	: Heterokromatin boyama
K	: Kuzey
K	: Karyotip
KCl	: Potasyum Klorür
KH ₂ PO ₄	: Potasyum Hidroksi Fosfat
M	: Molar
m	: Metasentrik kromozom
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
m/sm	: Meta-submetasentrik kromozom

MYö	: Milyon Yıl Öncesi
n	: Haploit Kromozom sayısı
Na ₂ HPO ₄	: Sodyum Hisroksi Fosfat
NaCl	: Sodyum Klorür
NF	: Number of Fundamental, Kromozom Kol Sayısı
NOR	: Nucleolus Organizer Regions- Çekirdekçiği Kotroleden Bölgeler
ODÜ	: Ordu Üniversitesi
pH	: Power of Hydrogen, asit-baz
PHA	: Phytohaemagglutinin
R-Bant	: Riverse Banding-R Bantlama
rRNA	: Ribozomal Riboz Nükleik Asit
SAT	: Satellit
sm	: Submetasentrik kromozom
st	: Subtelosentrik kromozom
st/a	: Subtelo-akrosentrik kromozom
T	: Telosentrik kromozom
T-banding	: Telomerik bantlama
™	: Trade Mark, Ticari Marka
X, Y	: Gonozomal kromozomlar

1. GİRİŞ

Sitogenetik 19. yüzyılın sonlarında kromozomların yapı, işlev ve evrimini araştıran bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmıştır. Balık sitogenetiği, son yıllarda oldukça yoğun olarak çalışılan konulardan birisidir. Balıklar üzerinde yapılan sitogenetik araştırmalar birçok farklı kullanım alanına sahiptirler. Balık yetiştiriciliğinde verim, büyük oranda balığın genetik yapısına bağlı olduğundan kültürü yapılan canlının genetik yapısı hakkındaki bilgiler verimin artırılabilmesi yönünde yapılacak çalışmalar için yararlı veriler sağlamaktadırlar (Saygun, 2005).

Karyotipik analizler genetik ıslah çalışmalarında, sistematik veya taksonomik çalışmalarda, türler arası ilişkilerin belirlenmesinde de sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Ulupınar ve Alaş, 2002).

Sitogenetik çalışmalar çeşitli kimyasalların mutajenik etkilerin test edilmesinde veya biyolojik kirlilik düzeylerinin belirlenmesinde indikatör olarak kullanımları açısından da balıklar üzerinde önemli bir yere sahiptirler (Ergene ve Çavaş, 1999)

Günümüzde doğal kaynakların bilinçsizce kullanılması ve nüfusun hızla artması sonucu besin ihtiyacını karşılamak için önemli bir yere sahip olan balık yetiştiriciliğinde verimin artırılması balıkçılığın geliştirilmesi için kültür ve ıslah çalışmaları yapılmaktadır. Büyüme oranı, verimlilik, üreme mevsimleri vb. çeşitli konuları kapsayan balık biyolojisi ile ilgili çalışmalar doğal popülasyonlara uygulandığında, popülasyonlar arasındaki genetik materyal değişimi temel konuyu oluşturmaktadır (Tüfek, 1993).

Diğer ülkelerde balıklarla ilgili sitogenetik bilgiler oldukça fazla olmasına rağmen Türkiye faunasında yer alan pek çok balığın karyotipi bilinmemektedir.

Türkiye’de omurgalı hayvanlar üzerindeki çalışmalar çoğunlukla memeliler üzerinde yapılmaktadır. Balıklar üzerinde bu tür çalışmalar oldukça sınırlıdır (Ergene ve ark., 1998). Balık kromozomlarının küçük ve çok fazla sayıda olması karyotip ve kromozomal çalışmalarında memelilere göre daha az çalışma yapılmasına neden olmuştur (Ergene ve Karahan, 1999).

Karyotip; bir hücredeki kromozomların özdeş çift kromozomlar halinde eşlendikten sonra belli bir düzene göre sıralanmasıdır. Her bireyin kromozom şekli ve büyüklüğü onun karyotipini anlatmaktadır (Temizkan, 1994; Demirsoy, 1995).

Balıkların karyotipi hakkındaki bilgilerden faydalanılarak türlerin kromozom haritaları çıkarılabilmektedir. Ayrıca bu bilgiler evrim, sitotaksonomi, mutasyonlar, mutajenlerin tespiti çalışmalarına da ışık tutmaktadır (Ölmez, 1997). Son yıllarda karyolojik analiz çalışmaları oldukça aktif bir araştırma alanı haline almıştır.

Dünyada tür/alttür bazında kromozomları incelenen balıkların sayısı yaklaşık 3425'i bulurken, toplam var olan balık tür çeşitliliğinin (62 Ordo, 515 Familya ve 27977 Türden oluşan balıklar içinde) %12.2'sini oluşturmaktadır. Bugüne kadar, bu çalışmada kromozomları incelenen *B. tauricus*'un da bulunduğu Cypriniformes takımına ait 747 türün (toplam karyotipe edilmiş balık türü içinde % 21.8'i) kromozom analizleri yapılmıştır: Cyprinidae familyasında 220 genusun 180'i üzerinde karyotip çalışması yapılırken toplamda 2420 türün içerisinde 628'inin kromozom yapısı ve sayısı ile ilgili kayıt bulunmaktadır. Örneğin *B. tauricus*'un yer aldığı Barbinae (Bıyıklı balıklar) alt familyasında toplamda 30 genusta 154 türün sitotaksonomisine bakılmıştır. Barbinae alt familyasında 3 farklı sitotipe türler olduğu belirlenmiştir. Diploit (2n) olanlarına 16 genusun 75 türünde, 4n (tetraploit)'lilere 9 genusun 57 türünde, 6n (heksaploit) olanlara ise 5 genusun 22 türünde rastlanmıştır. *Barbus* genusuna ait 50 türün kromozom analizi sonucu da kromozom sayılarının 48 ile 150 arasında olduğu tespit edilmiştir (Arai, 2011).

Bu çalışmada ilk defa olmak üzere, Ilıca Deresi'nde yaşayan *B. tauricus*'un kromozomları incelenerek kromozom yapıları ve sayılarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Taksonomik ve Biyolojik Bilgiler

2.1.1. Cyprininae (Barbinae) Alt Ailesi (SubClassis)

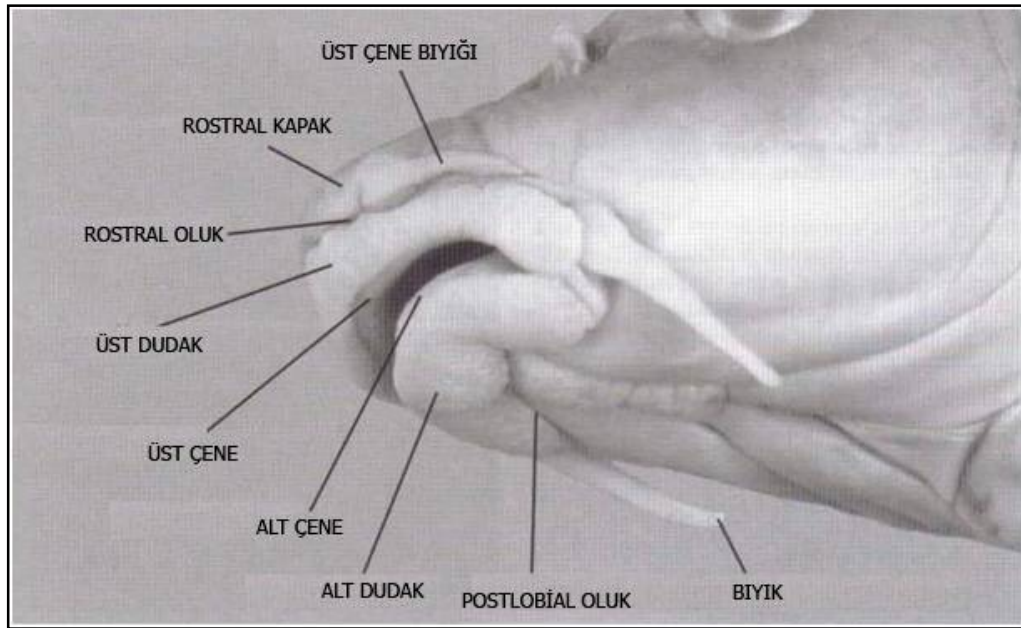
Cyprinidae familyası dünyada ve Türkiye’de oldukça geniş ve önemli bir familyadır. Asya, Avrupa ve Afrika’yı tamamen kaplamıştır. Ülkemizde yaşayan kemikli balıkların büyük bir kısmı bu familyaya dâhil olup, özellikle tatlı sularda dağılışı göstermektedirler. Bu familya dünya yüzünde 1500’e yakın tür ile temsil edilirse de Türkiye’de yaklaşık 30 cins ve 70 türü yaşamaktadır (Geldiay ve Balık, 2007).

Karadeniz’in de yer aldığı Akdeniz havzasında tatlısu formu olarak Cypriniformes takımı, Cyprinidae Familyası üyeleri omurgalı grupları içinde en yaygın olarak bulunan gruptur. Cyprinid balıklar tüm dünyada Antarktika, Avustralya ve Güney Amerika haricinde tüm kıtaların iç sularında doğal olarak bulunmaktadır. Biyocoğrafik dağılımın tarihsel gelişimi incelendiğinde iki senaryo üzerinde durulmaktadır: Klasik kuzey nehir sistemi oluşumu hipotezine göre Miyosen ve Pliyosen devirleri boyunca Turgai Denizi kurduğunda ilk tatlı su balıkları Asya’dan Avrupa’ya ulaşırlar ve sonra nehir oluşumlarının devam etmesi sonucunda Avrupa’dan da Güneye Afrika’ya yayılırlar. Diğer taraftan Güney Denizi hipotezine göre Akdeniz’i geçen Cyprinidler farklı bölgelere lokalize olduğu bildirilmektedir (Gante, 2011).

Cyprinidae ailesinin içinde en büyük alt aile Cyprininaedir. Bu subfamilya Barbinae ile parafiletiktir. Avrupa türleri bıyık ve $8^{1/2}$ veya $14-21^{1/2}$ dorsal ışınları ile ayırt edilir. Avrupa sularında 38 tür yerli Cyprininae vardır. Bazı türler 20 mm’ye ulaşır, Güneydoğuda 2 m’ye kadar büyüyebilir. Cyprininae’lerin derelerden göllere, nehir ağızlarından ve mağaralara kadar yaşam alanları çok çeşitlidir. Cyprinidae’de farklı yapılar cins teşhisi için önemlidir. Cyprinidae familyası rostral kapağı, üst ve alt çene bıyık içerir. Bunlar çeşitli şekillerde veya farklı cins olabilir. Rostral kapak burun ucundaki etli dokudur. Rostral kapak ile üst dudak ayrılır. Rostral kapak kısmen veya tamamen üst dudağı kapsayan sarkık kat şeklinde (Şekil 2.1) gelişmiştir (Kottelat ve Freyhof, 2007).

Cyprininae (Barbinae) Familyası sistematik tanımlama anahtarı

- 1a**-14-21^{1/2} yumuşak dorsal ışınlar; sonuncu basit anal ışınları, sert ve testere gibi dişli.....2
- 1b**-7-8^{1/2} yumuşak dorsal ışınlar ; sonuncu basit anal ışınları hiçbiri testere dişli değil.....3
- 2a**- Bıyıklı değil.....*Carassius*
- 2b**- İki çift bıyık.....*Cyprinus*
- 3a**- Pullar hemen hemen veya tamamen yoktur; dişilerde uzun üregenital papilla analin ön ucuna doğru kaynayıp birleşmiştir.....*Aulopyge*
- 3b**-Vücut tamamen pulludur, Dişilerde üregenital papilla analle birleşmemiştir.....4
- 4a**- Burun üzerinde birkaç tane ve büyük nuptial (üreme döneminde ortaya çıkan) tüberkül bulunur; Çoğu türde median lobsuz veya şişmiş yumuşak tabanı olmayan ince dudak vardır*Luciobarbus*
- 4b**- Vücudun anterior bölümü ve başın üzerinde çok sayıda çok küçük nuptial tüberküller yer alır, median bir lob veya şişmiş bir yumuşak tabanı olan alt dudak kalındır.....*Barbus*



Şekil 2.1.*Barbus* genusundan (Cyprinidae) balıkların genel ağız yapısı (Kottelat ve Freyhof, 2007)

2.1.2. *Barbus* Genusu

Arktiğin Batı Sınır Bölgesinde ve muhtemelen Avrasya'nın tamamına yayılmış olan Barbinae alt familyasından *Barbus* genusu cyprinid (Cyprinidae) genusları içinde en

çok tür (1000'den fazla) bulunan cinstir. Batı Hindistan Yarımadası'ndaki ve Doğu ve Güneydoğu Asya'daki birçok genusa ait çok sayıda tür önceden *Barbus* genusunda olduğu kabul edilmekteydi. Bu genuslar *Tor*, *Sipinibarbus*, *Puntius*, *Barbodes*, *Acrossocheilus*, *Sinocyccheilus* ve *Percocypris*'tir. Ekmekçi ve Bănărescu'ya (1998) göre son zamanlara kadar *Barbus* genusunda yer aldığı bilinen Batı Asya'daki yedi tür *Carasobarbus*, *Kosswigobarbus* ve *Mesopotamichthys* genuslarına dâhil edilmiştir (Bănărescu ve Bogutskaya, 2003).

Dünyadaki dağılımına bakıldığında iki büyük gruba ayrılmaktadırlar: 1) Avrupa türleri; genellikle İberya, Yunanistan, bazı Batı Asya türleri, 2) Batı Asya türleri; Bazı İberya türleri, Kuzey Afrika türleri, Bazı Yunanistan türleri yer alır (Berrebi ve Tsigenopoulos,2003).

Avrupa'da da *Barbus* genusu filogenetik olarak iki alt gruba ayrılabilir: ***Barbus sensu stricto*** (*Luciobarbus*). 1) Kuzey Akdeniz grubu(Subgenus *Barbus*); Bu grup da ikiye ayrılır: Fluvio-lacustrine grubu; genellikle göllerde yaşayan türlerdir. Diğeri Riverine grubu; bunlarda nehirlerde, dereler gibi akarsularda yaşaralar. 2) Güney Grubu (Subgenus *Luciobarbus*); Orta Doğu Türleri, İberya Türleri, Kuzeybatı Afrika türleri olarak üçe ayrılır. Dünyadaki dağılımlarına göre ***Barbus sensu lato*** alt grubundan olan türler Güney ve Batı Afrika'da bulunan çok sayıda "küçük" ve birkaç "büyük" bıyıklı (*Labeobarbus* olarak isimlendirilen)balık türünden oluşmaktadır (Berrebi ve Tsigenopoulos,2003).

Barbus sp.'de vücut genellikle uzunca ve silindirik şekilli olup küçük veya orta boydaki sikloid pullarla örtülmüştür. Ağız ventral konumlu ve yarım ay şeklinde olup etrafında iyi gelişmiş dudaklar bulunur. Ağızda daima iki çift bıyık vardır. Farinks dişleri 3 sıralı olup genellikle 2.3.5-5.3.2 nadiren de 2.3.4-4.3.2 şeklinde dizilmişlerdir. Dorsal yüzgecin sonuncu basit ışını gayet iyi gelişmiştir ve posterior kanalı daima testere şeklinde dişçikler taşır. Anal yüzgeç dorsale nazaran daha küçük yapılıdır ve sonuncu kemik ışınının arka kenarında dişçikler yoktur. *Ligne lateral* tamdır (50-70) ve genellikle karın bölgesine daha çok yaklaşmış olarak görülür. Kuyruk yüzgeci derin çatallı olup genellikle loplarının ucu sivridir. Peritoneum açık renkli veya kahverengimsidir. Genellikle hızlı akışlı, zemini çakıllı-kumlu akarsularda ve zaman zaman durgun olan akarsularda da görülebilirler. Ekseriyetle

derin suları sever ve zemine yakın sularda yüzerler. Soğuğu ve sıcaklığı seven değişik formları vardır. Özellikle soğuk seven türleri, akarsuların bol oksijenli yukarı zonlarında görülürler. Başlıca besinlerini küçük böcek larvaları; *Gammarus*, *Diatom* ve *Daphnia* gibi Krustaseler ve Mollusklarla çeşitli bitkisel artıklar oluşturur (Geldiay ve Balık, 2007).

2.1.3. *Barbus tauricus* Kessler, 1877

Bu çalışmada karasularımızda yaygın olarak bulunan Cyprinidae familyasından *Barbus tauricus* Kessler, 1877 karyolojik açıdan incelenmiştir (Şekil 2.2). Çizelge 2.1’de sistematikteki yeri ifade edilmiştir.

Çizelge 2.1. *B. tauricus*’un taksonomisi (Kottelat ve Freyhof,2007; Anonim, 2012a ve b)

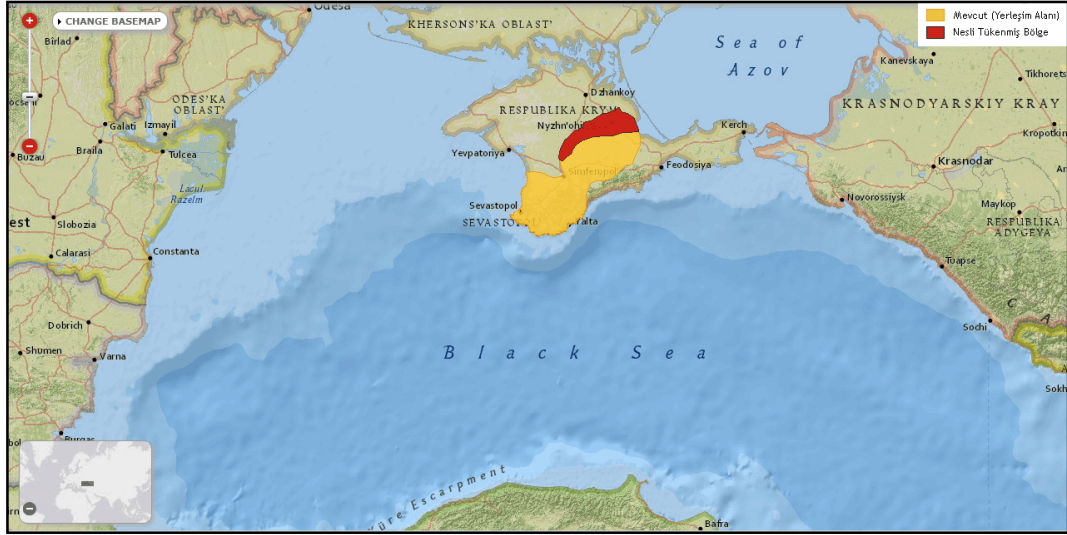
Regnum (Alem)	: Animalia (Hayvanlar)
Filum (Şube)	: Chordata (Sırtı İplikliler)
Subfilum (Altşube)	: Vertebrata (Omurgalılar)
Superclassis (Üst sınıf)	: Osteichthyes (Kemikli Balıklar)
Classis (Sınıf)	: Actinopterygii (Işın Yüzgeçli Balıklar)
Ordo (Takım)	: Cypriniformes (Sazanlar)
Familia (Aile)	: Cyprinidae (Sazanlar)
Subfamilia (Alt aile)	: Barbinae (Cyprininae)
Genus (Cins)	: <i>Barbus</i> Cuvier ve Cloquet, 1816 (Bıyıklı Balıklar)
Species (Tür)	: <i>B. tauricus</i> Kessler, 1877 (Kırım Barbusu)



Şekil 2.2. Kırım Bıyıklı Balığı, *B. tauricus* (Kottelat ve Freyhof, 2007)

Etimolojisine bakıldığında tür ismi olan *tauricus*, Kırım Yarımadasının Eski Yunanca ve Latince’deki ismi olan Tauris ve Taurida’dan gelmektedir. Alttür isimleri olan *kubanicus* Kuban Nehri’nden, ve diğer alttür isimleri olan *escherichii*, *bergi* ve *waleckii* de dünyaca bilinen ihtiyolojistlere Escherich, L.S. Berg ve A. Walecki’ye atfen verilmiştir (Bănărescu ve Bogutskaya, 2003).

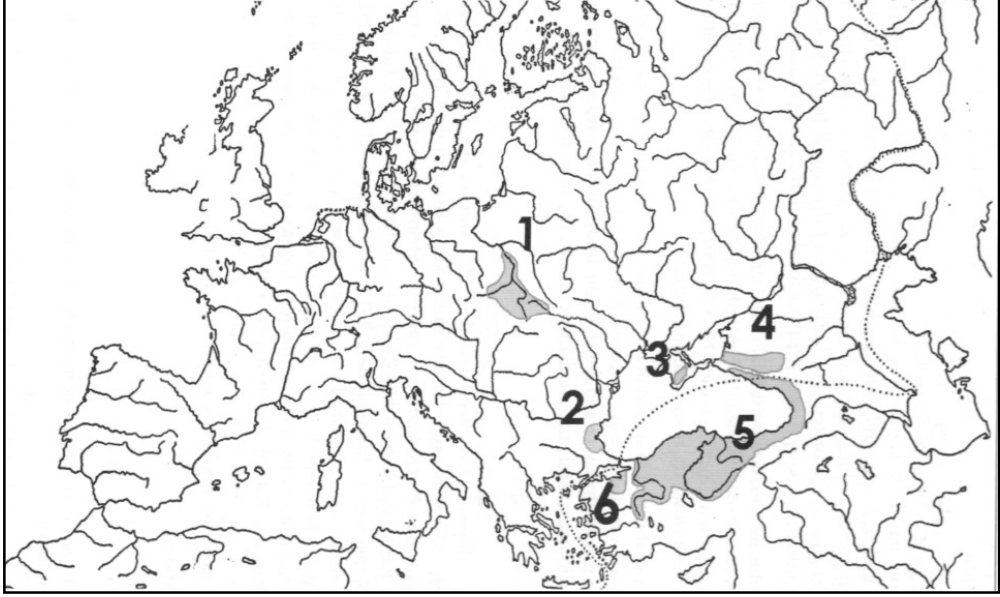
Kırım bıyıklı balığı olarak anılan *B. tauricus*'un doğal yayılım alanları Karadeniz ve Azak Denizi kıyılarında özellikle Ukrayna'da Kırım Yarımada'sındadır (Şekil 2.3). Bununla birlikte Türkiye kıyılarında da Karadeniz'e dökülen irili ufaklı derelerde görülmektedir (Verep ve ark., 2006; Fricke ve ark., 2007; Kottelat ve Freyhof, 2007).



Şekil 2.3. *B. tauricus*'un endemik olarak yaşadığı Kırım Yarımadası, Sarı bölge doğal yaşam alanı, kırmızı bölge: nesli tükenmekte olduğu bölge (Anonim, 2012c ve d)

B. tauricus'un yaklaşık bilinen 6 alttürü olduğu düşünülmektedir (1- *B. t. waleckii*, 2- *B. t. bergi*, 3- *B. t. tauricus*, 4- *B. t. kubanicus*, 5- *B. t. escherichii*, 6- *B. t. oligolepis*). Taksonomik olarak *Barbus tauricus* Kessler, 1877 tanımlanan *B. t. tauricus* alt türü Kırım'da Salgir Nehri'nde lokal olarak, *Barbus lacerta* var. *escherichii* Steindachner, 1897 tanımlanan *B. t. escherichii* Ankara ve Eskişehir arasında Kirmir ve Pursak çayı lokalitesinde, *Barbus tauricus kubanicus* Berg, 1913 olarak tanımlanan *B. t. kubanicus* Kuban ve Laba Nehir'lerinde (Rusya Federasyonu'nda Kafkasya'nın kuzeybatısında bir nehirdir), *Barbus barbus bergi* Chichkoff, 1935 olarak tanımlanan *B. t. bergi* Bulgaristan'ın doğusundaki Rezovska Nehri'nde, *Barbus cyclolepis waleckii* Rolik, 1970 olarak tespit edilmiş *B. t. waleckii* de lokalitesi Polonya'nın en uzun nehri olan Vistula'nın bir kolu olan San Nehrinde bulunduğu bildirilmiştir. *B. t. escherichii*'ye benzeyen ve üzerinde taksonomik olarak çalışılması gerektiği düşünülen *Barbus tauricus oligolepis* Battalgiç, 1941 Marmara Denizi'ne dökülen Simav Çayı'nda lokal olarak tespit edilmiştir. Daha geniş olarak

alttürlerin dağılım haritası Şekil 2.4’de gösterildiği gibidir (Bogutskaya ve ark., 2003).



Şekil 2.4. (1) *B. t. waleckii*, (2) *B. t. bergi*, (3) *B. t. tauricus*, (4) *B. t. kubanicus*, (5) *B. t. escherichii* (6) *B. t. oligolepis* alt türlerinin yayılım haritası (Bogutskaya ve ark., 2003)

Genellikle üreme zamanı ayrı ayrı; beslenme zamanı ise büyük gruplar halinde dolaştıkları izlenmiştir. Üreme periyodu dışındaki sürü teşkiline, bir taraftan suların sıcaklığının düşmesi diğer taraftan da toplu halde yaşama içgüdüsünün belirmesi sebep olmaktadır (Geldiay ve Balık, 2007).

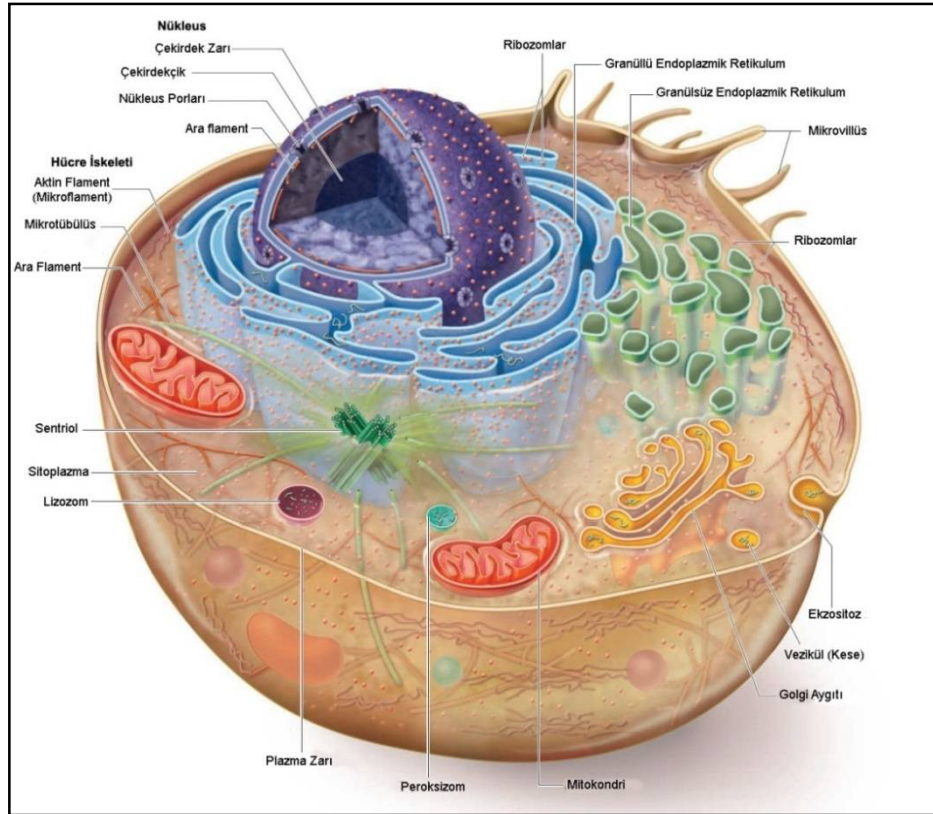
Yumurtlama periyodu türlere göre az çok değişmekle beraber, genellikle Mayıs’tan Temmuz ortalarına kadar devam eder. Yumurtlama periyodunda özellikle erkeklerin başları üzerinde ve sırt kısımlarında küçük kabarcıklar belirir ve kaudal yüzgeç üzerindeki benekler de iyice soluk bir hal alır. Kuluçka süresi, suyun sıcaklığına bağlı olarak 1-2 hafta içerisinde değişmekle beraber 17-19°C de 5-6 gün sürer (Geldiay ve Balık, 2007).

Vücudun sırt kısmı daha koyu olup zeytin yeşili veya esmer-kahverengi, yan taraflar ve karın kısmı ise sarı kahverengi görünümündedir. Dorsal, anal ve kaudal yüzgeçler üzerinde düzensiz dağılmış irili, ufaklı siyah benekler vardır. Küçük balıklardan oldukları için insan gıdası açısından ekonomik önemleri yoktur (Geldiay ve Balık, 2007).

2.2. Hücre Bilgisi

2.2.1. Hücre

Canlı organizmanın en küçük yapıtaşı hücredir. Bir bireyin kendine özgü karakterlerinden sorumlu olan kalıtsal madde de hücrelerde bulunur ve genetik olayların temeli kalıtsal maddenin hücre içerisindeki işlevlerine dayanır (Temizkan, 1994).

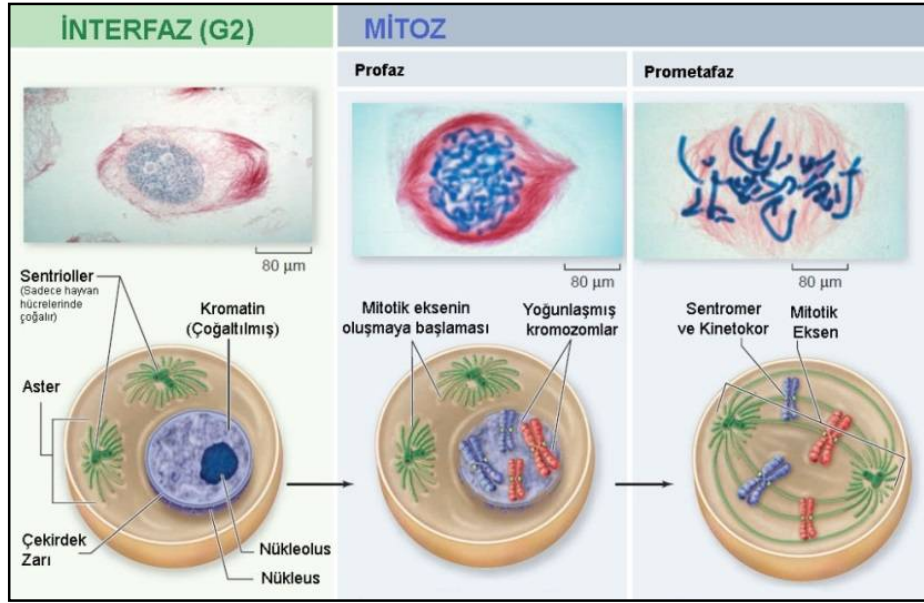


Şekil 2.5. Bir hayvan hücresi yapısı (Raven ve ark., 2011)

Hücrenin varlığı ilk kez Hooke tarafından 1665 yılında ortaya çıkarılmıştır. Robert Hooke 'Büyütücü Merceklerle Mantarın Yapısı' adlı eserinde şişe mantarının yapısını açıklamış ve mantarın içi boş odacıklar halinde olduğunu belirterek bu odacıklara 'cellula=hücre' adını vermiştir (Bilgin, 2004). Bir hayvan hücresinin genel yapısı Şekil 2.5'de şematize edilmiştir.

2.2.2. Mitoz Hücre Bölünmesi

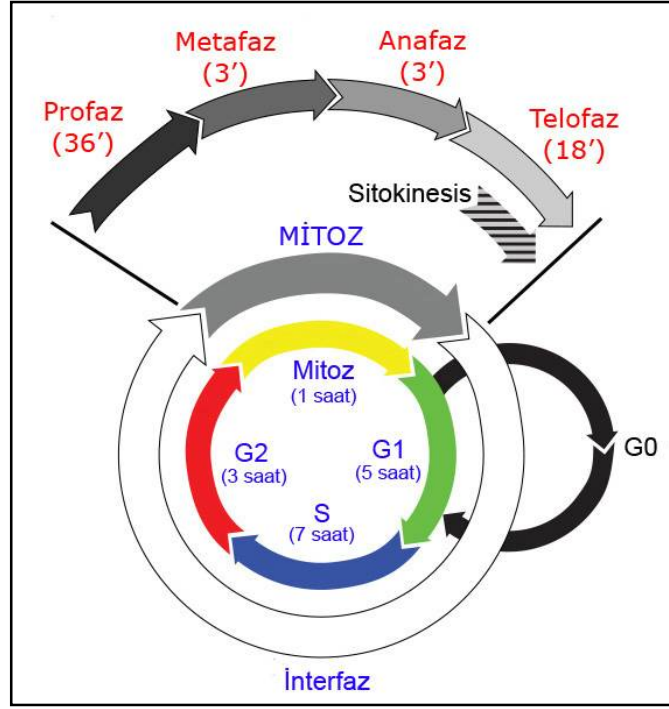
Bir hücreden, kalıtsal yapısı aynı olan iki yeni hücrenin oluşmasına **mitoz** bölünme denir. Bölünme hazırlıklarını tamamlamış olan hücrede nükleusun eşlenmesi gerçekleşir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Mitoz hücre bölünmesi (Raven ve ark., 2011)

Bölünme hazırlıklarını bitirmiş olan hücre; **profaz**, **metafaz**, **anafaz** ve **telofaz** evrelerini geçirek bölünmesini tamamlamış olur, buna hücre siklusu denir. Hücre siklusunun uzunluğu çok değişiklik göstermektedir (Şekil 2.7). Genellikle bitki hücrelerinde 10-30 saat, hayvan hücrelerinde 18-24 saat sürmesine rağmen, bazı organizmalarda 20 dakika, bazılarında birkaç gün hatta birkaç hafta devam etmektedir (Kuru ve Ergene Gözükar, 2001).

Bir hücrenin iki yaşam periyodu vardır. Bunlardan birisi bölünme evresi, diğeri ise bölünmeye hazırlık olan interfaz evresidir (Şekil 2.6 ve 2.7). **İnterfaz Evresi:** İnterfaz iki bölünme arasındaki devre olarak tanımlanabilir. Bu evrede metabolizma hızı çok yüksektir. İnterfaz evresi G₁, S ve G₂ olarak üç bölümden oluşur (Şekil 2.7) (Raven ve ark., 2011).



Şekil 2.7. İnsanda mitoz hücre bölünmesi safhalarının süreleri (Klug ve ark., 2012; Anonim, 2014a)

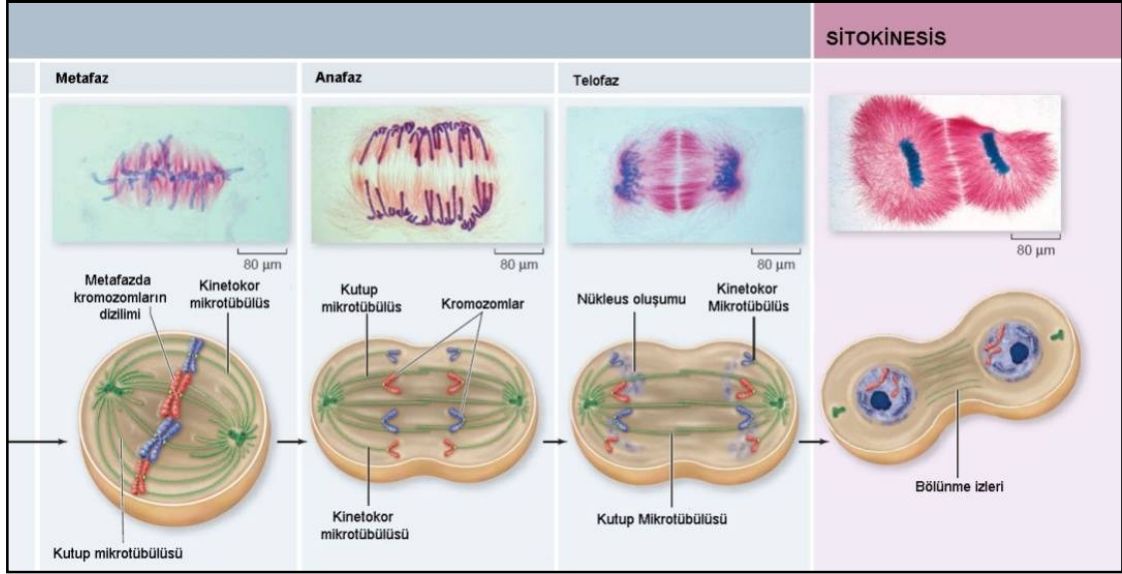
G0: Bölünmesi ya geçici ya da kalıcı olarak durduran hücre G0 evresine (Şekil 2.7) geçmiştir (Anonim, 2014a). **G1:** DNA miktarında değişiklik olmaz (Şekil 2.7). Hücre sitoplazma ve yüzey olarak büyür. Hücrenin normal metabolizması devam eder. **S:** DNA'nın semikonservatif replikasyonu yapılır (Şekil 2.7). Bu evre sonunda DNA miktarı iki katına çıkar. Yeni sentriollerin sentezi yapılır. **G2:** Bölünme sırasında kullanılacak enzimler, proteinler ve ATP enerjisi sentezlenir ve son hazırlıklar tanımlanır (Şekil 2.7). Bölünmeye geçiş evresidir (Raven ve ark., 2011).

Profaz Evresi: İnterfazın sonunda, eşlenmiş olarak bulunan kromatin iplikler kısalıp kalınlaşarak **kromozom** halini alır. Kromozomu oluşturan **kardeş kromatidler**, sentromer bölgesinde bir arada tutulur. Profaz evresinde iğ iplikleri oluşur. İğ ipliklerinin bir kısmı kinetokorlara bağlanır. Profaz evresinin sonuna doğru çekirdek zarı, çekirdekçik eriyerek kaybolur. Bu sayede çekirdek içindeki kromozomlar hücrenin sitoplazmasına dağılır (Şekil 2.6) (Demirsoy, 1995; Raven ve ark., 2011).

Metafaz Evresi: Bu evrede kromozomlar kısalıp kalınlaşır. Eşlenmiş durumdaki kromozomlar iğ ipliklerine tutulu olarak hücrenin ekvatorial düzleminde plak

şeklinde dizilirler. Kromozomlar en belirgin halini metafazda (Şekil 2.8) alır (Raven ve ark., 2011).

Anafaz Evresi: Kardeş kromatidler birbirinden ayrılır ve iğ plikleri tarafından hücrenin zıt kutuplarına doğru çekilmeye başlar. Anafaz sonunda, zıt kutuplara çekilmiş (Şekil 2.8) olan kromatidler kromozom olarak adlandırılır (Raven ve ark., 2011).



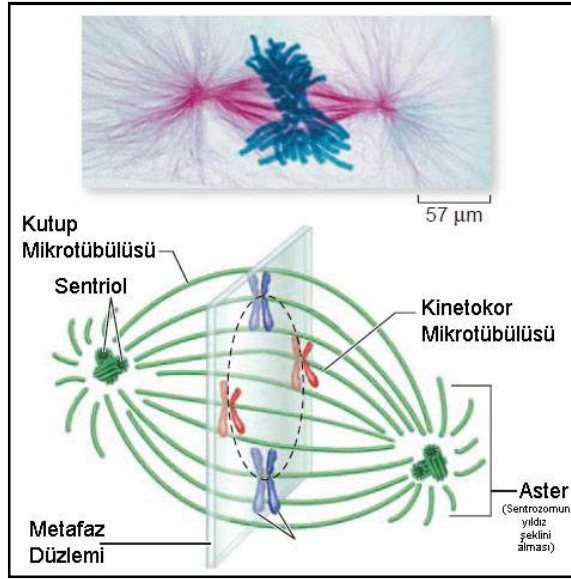
Şekil 2.8. Mitoz Hücre bölünmesi (Metafaz ve sonrası) (Raven ve ark., 2011)

Telofaz Evresi: Hücrenin zıt kutuplarındaki kromozom takımlarının etrafında çekirdek zarı yeniden oluşturulur. Çekirdekçik tekrar belirginleşir. Kromatidler proteinlerinden ayrılıp, kıvrımlarını çözerek tekrar kromatin haline gelmeye başlar. İğ iplikleri (Şekil 2.8) kaybolur (Raven ve ark., 2011).

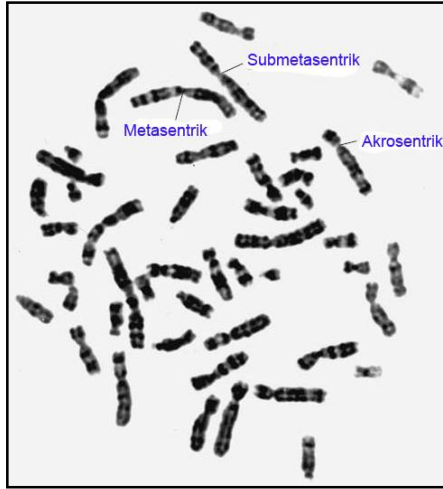
2.2.2.1. Metafaz Safhası

Kromozomlar sadece hücre bölünmesi sırasında belirgin olarak görülürler. Kromozom morfolojisinin incelenmesi için hücre bölünmesinde en uygun evreler metafaz ve anafazdır (Temizkan, 1994) (Şekil 2. 9). Metafaz evresinde iğ iplikleri kopar kromozomlar kısalıp kalınlaşarak hücrenin ekvator düzleminde plak şeklinde dizilir (Şekil 2. 9. ve 2.10). Kolçisin hücrenin mitoz bölünmenin metafaz evresinde durmasını sağlayarak kromozomları inceleme yapacak şekle getirir. Kromozomlar en belirgin halini metafazda alır. Bu evrede kromozom dizilişine göre karyotipler

belirlenir. Bu çalışmada da metafaz evresindeki (Şekil 2.9 ve 2.10) kromozomlar incelenmiştir (Raven ve ark., 2011).



Şekil 2.9. Metafaz evresinde kromozomların plak(a) gibi bir düzlemde görünür hale gelmesi (Raven ve ark., 2011)



Şekil 2.10. Bir insan metafaz kromozom plağı 100x büyütmede mikroskop görüntüsü (Hayd, 2009)

2.2.2.2.Hücre Çekirdeği (Nükleus) ve Kalıtsal Madde

İlk kez Brown tarafından 1831’de gözlenen nükleus (Şekil 2.5 ve 2.11.), kalıtsal maddenin tümüne yakın kısmını içermesi nedeniyle hücrenin metabolik aktivitesinin ve kalıtım olaylarının yönetildiği en önemli organeldir (Temizkan, 1994).

Kalıtsal maddenin, bölünme halinde olmayan hücrelerin nükleusunda meydana getirdiği yapıya **kromatin** adı verilir (Şekil 2.5 ve 2.11.). Kromatin, kalıtsal materyal

olarak DNA molekülünün özel bazı proteinlerle birlikte oluşturduğu kromatin iplikçiklerinden (Şekil 2.17) (**kromonema**) meydana gelir (Temizkan, 1994).

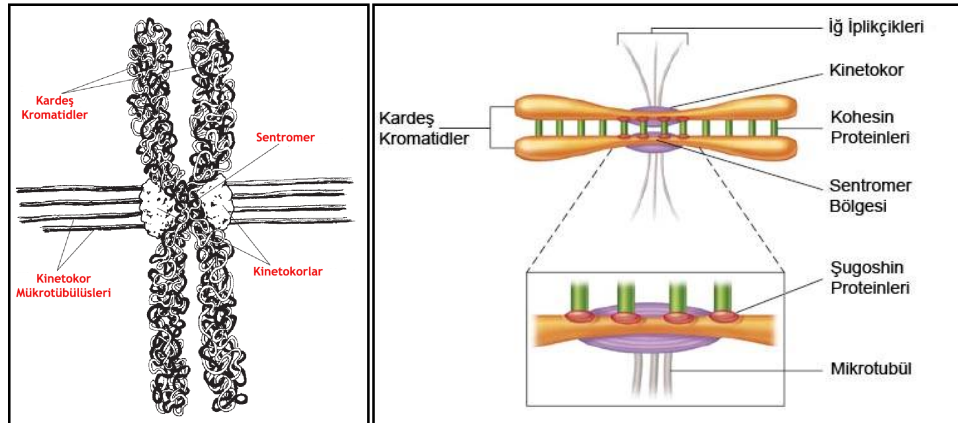
Hücre çekirdeği; çekirdek zarı, çekirdek plazması, çekirdekçik (nükleolus) ve kromatinden oluşmaktadır (Şekil 2.5 ve 2.11.)



Şekil 2.11. Nükleus, Nükleolus ve Kromatin yapısı (Anonim, 2015a)

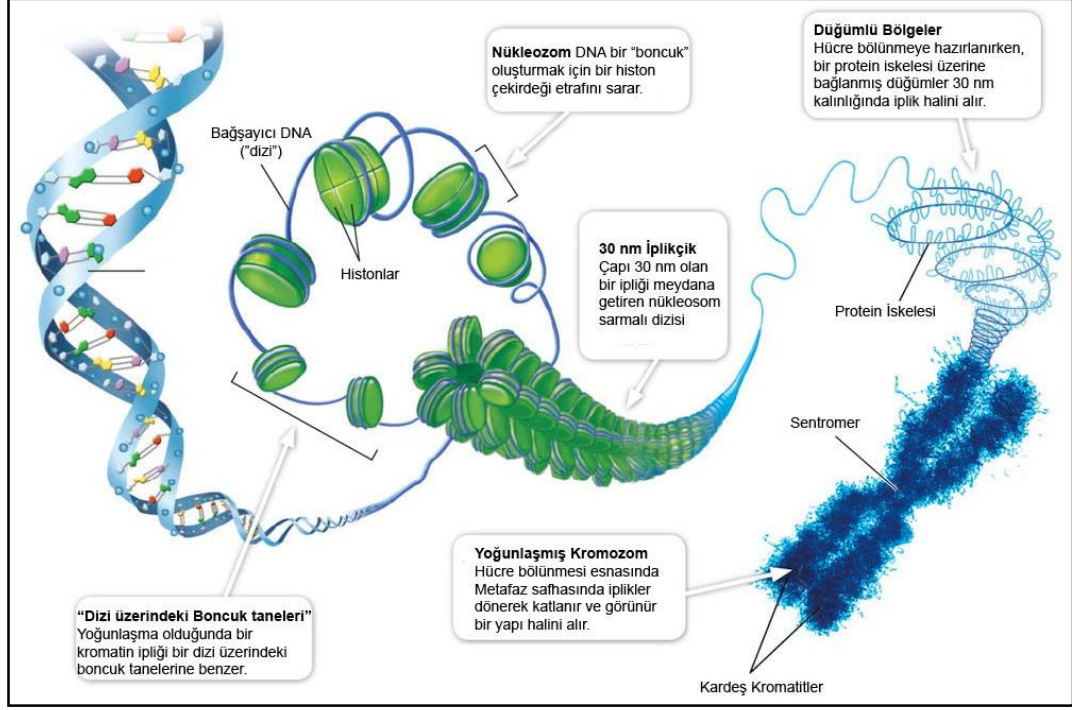
2.2.2.3. Kromozomların Yapısı

Kromozom (Şekil 2.13), nükleik asit olarak tamamen uniform bir element olan Deoksiriboz Nükleik Asit (DNA) ve bazik bir protein olan histona sahiptir (Bilgin, 2004; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010). Kromozomlar canlıya ait karakterin oluşmasında rol oynayan genlerin, nesilden nesile taşınmasını sağlayan yapılardır (Bilgin, 2004).



Şekil 2.12. Metafazda yoğunlaşmış kromozomun kromatin ağı (Ness ve Knight, 2004) ve Kinetokorun yapısı (Klug ve ark., 2012)

Hücre bölünmesi sırasında kromatin dönümler yapıp, boylarını kısaltıp, çaplarını arttırarak kromozomları oluştururlar. **Kromozom**, yoğunlaşmış ve biçimlenmiş kromatin (Şekil 2.12 ve 2.13) materyalidir (Temizkan, 1994; Demirsoy, 1995).

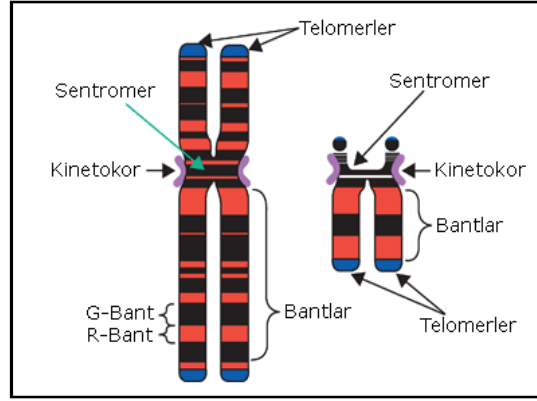


Şekil 2.13. Kromozomların yapısı, metafazda kromozomun oluşumu (Anonim, 2015b)

İlk defa 1840 yılında Hofmeister tarafından belirlenen kromozom, 1888 yılında Wilhelm Waldeyer tarafından yoğun olarak boyanan cisim’ anlamına gelen “kromozom” olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.13) (Temizkan, 1994; Demirsoy, 1995).

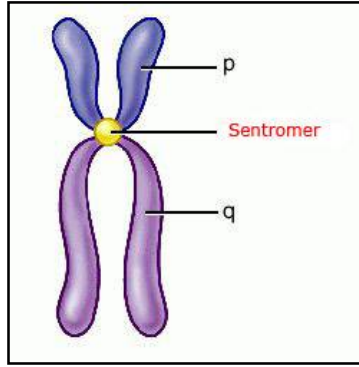
2.2.3. Kromozomların Nomenklatürü

Her bir kromozom iki kardeş kromatitten oluşmakta ve bu kromatitler sentromer (kinetokor) adı verilen bir boğumla (Şekil 2.12 ve 2.14) birbirine bağlı bulunmaktadır (Demirsoy, 1995; Bozcuk, 2005).



Şekil 2.14. Kromozomların anatomisi (G ve R-bantlı) (Keane ve O'Toole, 2005)

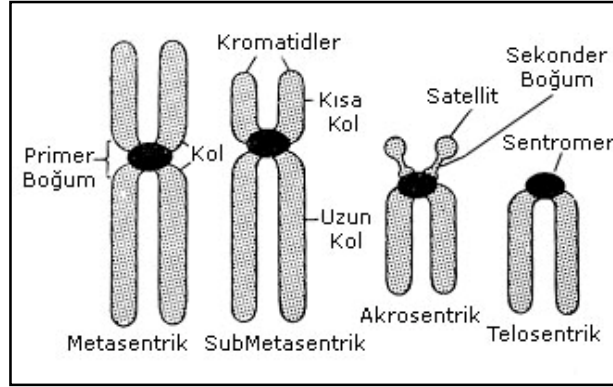
Sentromer (Şekil 2.15) aynı zamanda hücre bölünmesi sırasında kromozomun hareketlerini kontrol etmektedir (Bilgin, 2004).



Şekil 2.15. Kromozomların "p ve q" kolları (Anonim, 2007)

Sentromerin yeri kromozom morfolojisinin belirlenmesinde çok önemlidir. Bir kromozomun şekli ve adı, sahip olduğu sentromerin yerine göre (Şekil 15) isimlendirilmektedir (Temizkan, 1994; Demirsoy, 1995).

Sentromerin yerine göre kromozomlar **metasentrik**, **submetasentrik**, **akrosentrik** ve **telosentrik** olarak adlandırılmaktadır. Sentromeri ortada olan ve iki kolu (p ve q) birbirine eşit olan kromozomlara "metasentrik" kromozom, sentromeri ortada olmayan ve kolları eşit olmayanlara ise "submetasentrik" kromozom denir. Sentromer kromozomun bir ucunda ise akrosentrik, kromozomun tamamen ucunda ise sentromerden sonra parça yoksa "telosentrik" (Şekil 2.16, Çizelge 2.2.) kromozom olarak adlandırılmaktadır (Levan ve ark., 1964).



Şekil 2.16. Sentromerin yerine göre kromozom tipleri (Anonim, 2014c)

Çizelge 2.2. Sentromerik pozisyon ve kol oranlarına (Uzun/Kısa kol) göre belirlenen kromozom tipleri (Levan ve ark., 1964)

Sentromerik Pozisyon	Kol Oranı (q/p)	Kromozom Tipi
Median	1.00 : 1.70	Metasentrik (m)
Submedian	1.71 : 3.00	Submetasentrik (sm)
Subterminal	3.00 : 7.00	Subtelosentrik (st)
Terminal	7.01 : ∞	Akrosentrik/Telosentrik (a/t)

Bazı kromozomlar üzerinde primer (birincil) boğumun yanı sıra sekonder (ikincil) boğum olarak adlandırılan bir boğum da bulunabilir. Genellikle uç kısmında uydu ‘Satellit’ denilen yuvarlak ya da uzunca bir yapı bulunur. Uydu, kromozoma ince bir kromatin ipliğiyle bağlıdır. Bu tip kromozomlara SAT kromozomlar denir (Demirsoy, 1995). Sekonder boğumda bulunan genler, rRNA’lar ve dolayısıyla çekirdekçiğin oluşumunda görev alır. Bu boğumlara nükleus yapıcı veya nükleolar bölge de (NOR) (Şekil 2.17) denilmektedir (Demirsoy, 1995).

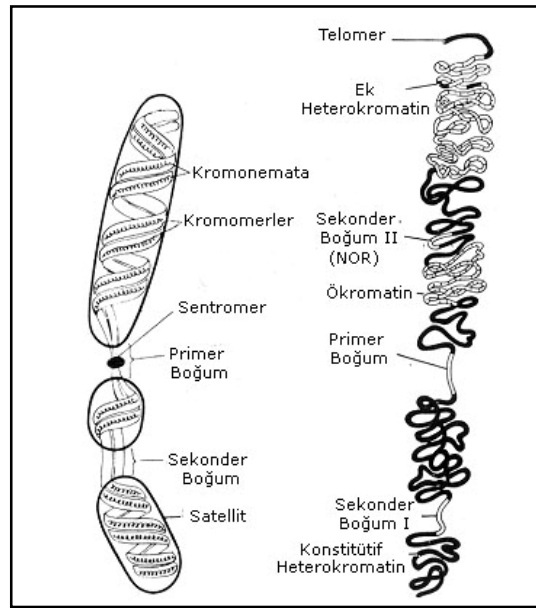
Bu boğum türe özgü sabit sayıda ve karakteristik yapıdadır (Şekil 2.17). Bu boğumda bulunan genler, rRNA’ları ve dolayısıyla çekirdekçikleri organize ederler. Her tür için karakteristik olması, iki türü birbirinden ayırmada kullanılan önemli bir taksonomik karakterdir (Denton, 1973).

Kromozomların kol sayısı (NF= Number of Fundamental) çift kollu kromozomların (p ve q kolu olan metasentrik ve submetasentrik) kollarının (Şekil 2.15 ve 2.16.) ve tek kollu kromozomların (akrosentrik veya subtelosentrik) kollarının tamamının

sayılması ile belirlenir (Naran, 1997). Bu sayı altta belirtildiği gibi formülize edilebilir (2.1):

$$NF = (M \text{ ve } SM \text{ kromozom sayısı} \times 2) + (ST, T \text{ ve } A \text{ kromozomların sayısı} \times 1) \quad (2.1)$$

İnterfazda, profazda ve metafazda bazik boylarla kuvvetli bir şekilde boyanan kromozomal bölgelere heterokromatin adı verilir. Daha soluk boyanan kromozomal bölgelere ökromatin bölgeler adı verilir. Önceleri heterokromatin bölgelerin genetik bakımdan inaktif bölgeler olduğu kabul ediliyordu. Sonraları bu bölgelerin de aktif genler taşıdığı saptanmıştır (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).



Şekil 2.17. Kromozomun yapısı; Kromomerler, kromonema üzerindeki koyu renkli bölgelerdir ve tek bir DNA molekülünün yoğun bir şekilde bükülüp katlanmasıyla oluşurlar (Anonim, 2014c)

2.2.4. Kromozom Çalışmaları

Kromozom çalışmaları yeryüzünde yaşayan pek çok organizma hücrelerinin çalışılmasıyla önemi giderek artan bir konu haline almıştır. Kromozomlar hücrenin yönetici organeli (DNA) oluşturması sebebiyle değişimlerinin veya kararlılıklarının hayvan veya bitki gelişiminde sağlığın ya da hastalığın göstergesidir. Özellikle kanser araştırmalarında kromozomların kontrolü önemli bir konu olmaktadır (Bilgin, 2004).

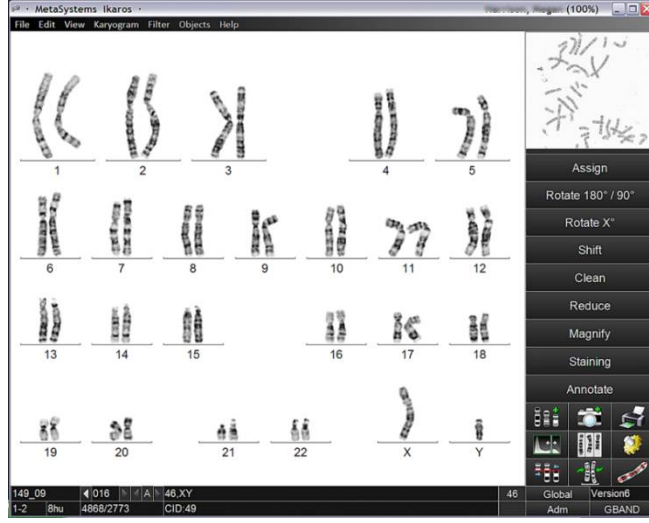
Kromozomlar hücreleri aktif olarak bölünebilen dokulardan alınabilir. Balıkların dokularından kromozomlarının çıkarılması ve analizlerinin yapılması için 2-3 saat

gibi süre yeterlidir. Karyolojik incelemeler için belirlenmiş değişik dokular vardır ve balık büyüklüğü ile morfolojisinde önemli farklar olması nedeniyle hiçbir doku bu amaç için sürekli olarak en iyi değildir (Denton, 1973). Kromozomların boylarını, büyüklüklerini ve şekillerini tespit etmek için çeşitli bilgisayar programları kullanılır. Bununla beraber çıplak gözle mikroskoptan görülen objelerin el ile çizilerek veya fotoğraf makineli bir araştırma mikroskobu yardımıyla da ölçümler kolaylıkla yapılabilmektedir.

Balıklarda çeşitli doku bölgelerinden; yüzgeç, pul, solungaç, dalak, böbrek, gonad, karaciğer, embriyo, lökositlerden (Denton, 1973; Thoorgaard ve Disney, 1990) spontan veya kültür yoluyla elde edilen preparatlara; çeşitli boyama teknikleriyle: Giemsa boyama, G-bantlama, Q-bantlama, C-bantlama, R-bantlama, T-bantlama, DAPI, N-, HY-, CMA3, Ag-NOR, Floresan ve Karbol-Fushin bantlanması uygulanır. Değişik tipteki mikroskoplarda boyama ile belirginleşen kromozomal bantlamalar saptanır. Karyotipe en uygun kromozom bölgelerinin fotoğrafları çekilir veya bir PC'ye aktarılır, şekil ve boyları ölçülür, ardından $NF =$ kromozom kol sayısı (2.1) belirlenir. Bir ideogram çıkarılır. Bir karyotipteki kromozomların boyları, uzun ve kısa kolların birbirine oranı ve sentromerin yeri göz önüne alınarak yapılan gruplara göre hazırlanan şemalara **ideogram** denir (Saygun, 2005).

2.2.5. Karyotipin Tanımlaması, Amaçları ve Çıkarılması

Karyotip boyutlarına göre sıralanmış ve dizilmiş metafaz kromozomlarını gösterir. İnsanlarda 22 çift otozomal ve bir çift gonozomal (X ve Y) kromozom bulunur (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Özel bir görüntü analiz programı ile çıkartılmış insan karyotipi (Anonim, 2014b)

Sitogenetikçiler kromozom incelemesini nasıl yapar?

Kromozomların her biri anneden ve babadan gelen bir kopyaya sahip olduğu için, bu birleşen kopyalar bir çift oluşturur. Birinci olarak kromozom çiftleri boyutlarına göre sıralanır. İkincisi, kromozomları sentromer durumuna göre kromozomları metasentrik, submetasentrik ya da akrosentrik olarak düzenlenmektedir. G-bantlama işlemi her bir kromozom çiftine özgü olan bantları görmemize yardımcı olur (Saygun, 2005).

Karyotip terimi bize hangi bilgileri verir?

- Her bir hücredeki kromozom sayısını
- Bazı türlerde cinsiyet kromozomlarının kompozisyonunu
- Herhangi bir kromozomal anomaliliğin teşhisi hakkında bilgi verebilir (Saygun, 2005).

Taksonomik Çalışmalarda Karyotipik Analizin Amacı Nedir?

Karyotip analizinin amacı iki farklı coğrafi bölgede yaşayan bir türün kromozom sayıları ve yapıları aynı mı farklı mı sorusuna cevap vermektir (Saygun, 2005).

Taksonomik Araştırmalarda Karyolojik alışmaların Yararları

- Türler orijinal tipten farklı ise sistematik karışıklıkları çözmede, sistematik kategorilerin belirlenmesinde kullanılır. Böylece türler arasında ilişkilere açıklık getirir.
- Karyotip analizi tür ve alt türlerin ayrımında, taksonomik durumu tartışmalı olan taksonların durumuna açıklık getirir.
- Karyolojik karakterlerin keşfi ekonomik önemi olan balıklardan daha çok verim alınmasını sağlar. Balıklarda verimin yükseltilebilmesi canlının yaşadığı evre koşullarına ve genetik yapısına bağlıdır. Bu noktada sitogenetik çalışmalar üretim arttırılması maksadıyla yapılan genetik ışlah sonuçlarının değerlendirilmesinde ve kültüre alınmasında genom tespiti yapılarak üretime etkileyecek genetik yapının değişim geçirip geirmediğinin belirlenmesine yardımcı olur (Saygun, 2005).

2.3. Kromozom Sayısının Değişimi ve Türler Arasındaki İlişi

Her canlı türü, türe zel Şekil ve sayıda kromozoma sahiptir (izelge 2.3). Farklı türlerin kromozom sayıları eşit olabilir, fakat bu durumda da Şekil ve yapıları arasında fark vardır. Somatik hücrede her kromozom kendi homoloğu ile birlikte bulunur. Dolayısıyla türler çift sayıda kromozoma sahiptirler. Homolog kromozomlar ise Şekil ve yapı bakımından birbirinin aynısı, biri anadan diğeri babadan gelen kromozomlardır. Homolog kromozomların karşılıklı lokusunda aynı karakter üzerine farklı yönde etki eden genler bulunursa bu genlere allel genler yahut allel gen ifti (Aa) denir. Aynı istikamette etki eden genler bulunursa bunlara da identik gen ifti (AA veya aa) adı verilir (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).

Çizelge 2.3. Bazı türlerin somatik hücrelerindeki kromozom sayıları (Hayd, 2009; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010; Gregory, 2015)

Canlı Türü	2n
Solucan (<i>Ascaris sp.</i>)	2
Meyve Sineği (<i>Drosophila melanogaster</i>)	8
Bakla (<i>Vicia faba</i>)	12
Bezelye (<i>Pisum sativum</i>)	14
Mısır (<i>Zea mays</i>)	20
Cırcır böceği (<i>Gryllus domesticus</i>)	22
Zambak (<i>Lilium longiflorum</i>)	24
Balarısı (<i>Apis mellifera</i>)	32
Boa Yılanı (<i>Constrictor constrictor</i>)	36
Ev Faresi (<i>Mus musculus</i>)	40
Kalkan Balığı(<i>Scophthalmus maximus</i>)	44
İnsan (<i>Homo sapiens</i>)	46
Japon Hamsisi(<i>Engraulis japonicas</i>)	48
Sivrisinek Balığı(<i>Gambusia affinis</i>)	48
Şempanze (<i>Pan troglodytes</i>)	48
Ton Balığı(<i>Thunnus alalunga</i>)	50
Piranha(<i>Serrasalmus hollandi</i>)	64
Güvercin (<i>Columba livia</i>)	80
Vatoz Balığı (<i>Raja clavata</i>)	98
Rus Mersini(<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>)	250
Eğreltiotu (<i>Ophioglossum reticulatum</i>)	1260

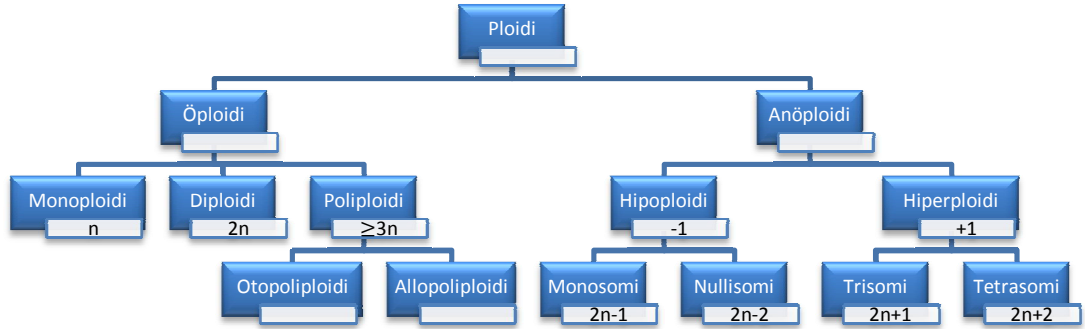
Kromozom sayısı kendiliğinden yahut dış etkenlerle değişirse öploidi veya anöploidi durumu ortaya çıkar (Çizelge 2.4).

2.3.1. Kromozom Sayısı Değişimleri (Ploidi)

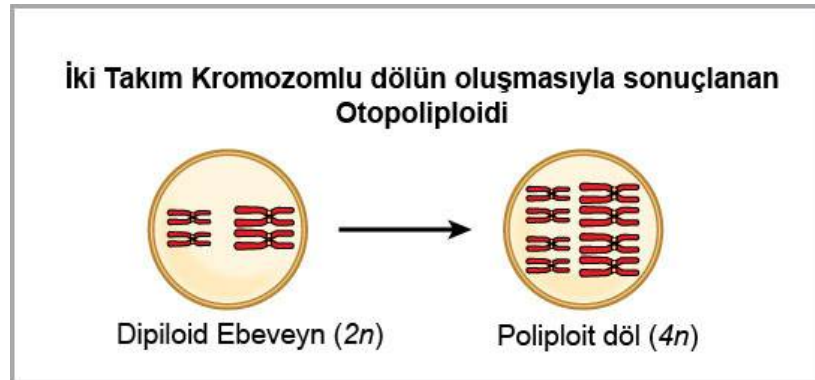
2.3.1.1. Öploidi (Euploidy)

Bir takımdaki kromozomların hepsinin birden sayısının tam katlar halinde yükselmesi veya o takımın organizmada tek bir defa bulunması olayıdır (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010). Bunun da çeşitleri vardır. Öploitinin oluş nedenleri Endomitoz ve Endoreduplikasyondur (Ulupınar ve Alaş, 2002).

Çizelge 2.4. Kromozom sayısı değişimleri (Ploidi) şeması (Temizkan, 1994)



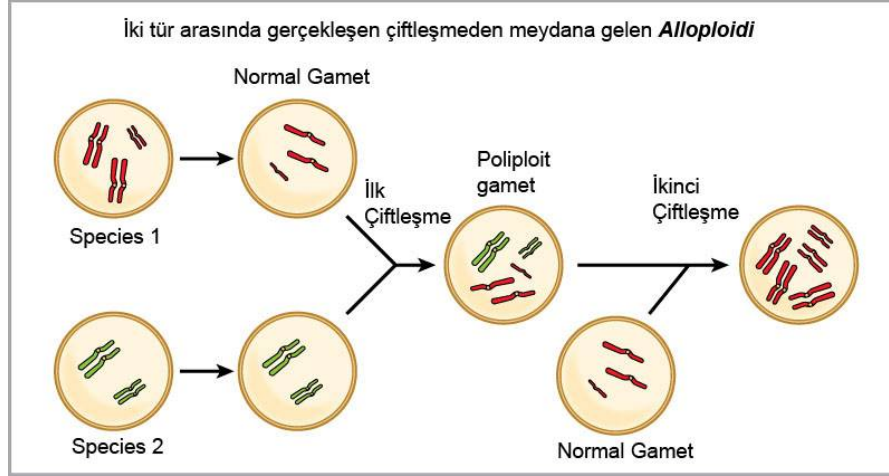
- A. Monoploidi:** Ferdin somatik hücrelerinde n sayıda kromozom bulunması olayına monoploidi, bu fertlere de monoploit adı verilir. Yani n sayıda kromozom taşıyan fertlerdir. Bu fertler morfolojik yönden diploidlere benzer fakat onlardan daha küçük bir yapıya sahip olup sterildirler (Temizkan, 1994; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).
- B. Polioploidi:** Bir takımdaki kromozomların hepsinin birden sayısının üç veya daha fazla katlar halinde yükselmesi olayıdır. Bunlar taşıdığı kromozom sayısına göre isim alır. $3n$ sayıda kromozom taşıyorsa triploit, $4n$ sayıda kromozom taşıyorsa tetraploit, $5n$ taşıyorsa pentaploit, $6n$ taşıyorsa hegzaploit vs. adı verilir. Bunlar da üçe ayrılır (Temizkan, 1994; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).
- a. Otopoliploidi (Autoploidy):** Bir polioploidin ihtiva ettiği genomların hepsi bir türden geliyor ise bu olaya otopoliploidi, böyle fertlere de otopoliplloit denir (Şekil 2.19). Fert triploit ise ototriploit (ör. AAA), tetraploit ise ototetraploit (ör. AAAA) adını alır (Temizkan, 1994; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).



Şekil 2.19. Otopoliploidinin oluşum mekanizması (Anonim, 2015c)

- b. Allopoliploidi (Allopolyploidy):** Bir polioploidin ihtiva ettiği genomların bir kısmı bir türden, bir kısmı da başka bir türden geliyorsa bu olaya allopoliploidi adı

verilir (Şekil 2.20). Böyle fertlere de **alloploiploit** fert denir. Alloploiploit organizmaların meydana gelmesinde farklı türlere ait fertlerin eşleşmesi gerekir. Bir alloploiploit fert aşağıdaki şekilde elde edilir (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).



Şekil 2.20. Allopoloidinin oluşum mekanizması (Anonim, 2015c)

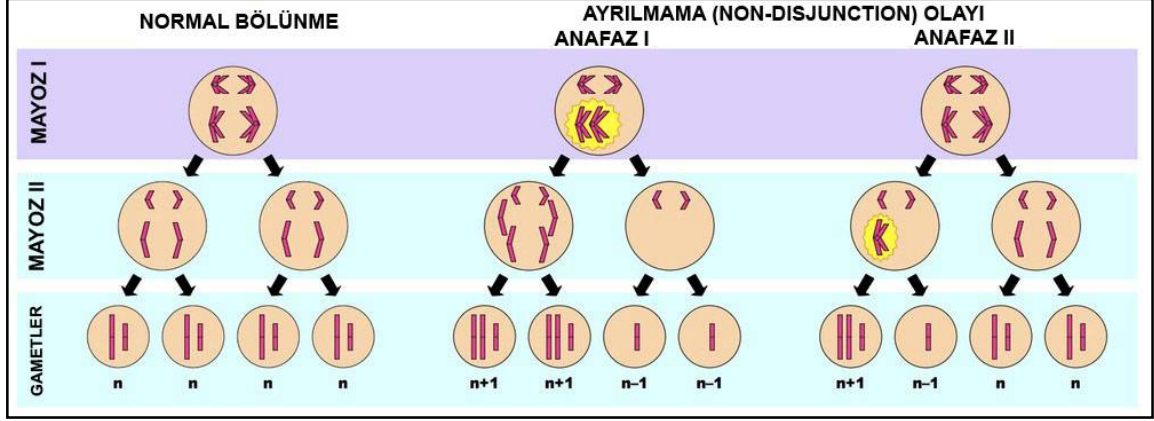
Tabiatta en fazla rastlanan alloploiploitler, allotetraploit (amfidiploit) (*Triticum durum* = makarnalık buğday) ve allohegzaploitlerdir (*T. aestivum*=ekmeklik buğday). Tabiatta birçok bitki alloploiploit serisi teşkil ederler. Alloploiploit'lerde diploit formlara nazaran bazı organlar daha büyüktür ve aynı zamanda zirai bakımdan önem taşırlar (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).

c. Endopoliploidi (Endoploidi): Endoploidi, endomitoz adı verilen olayın sonucu poliploit hücre meydana gelmesi olayıdır. Bazen farklılaşmış ve bölünme yeteneğini kaybetmiş olan hücrelerde nukleus zarı kaybolmadığı halde kromozomlar hücre bölünme fazına girecekmiş gibi iki iplikli hale geçerek mitozun anafazındaki gibi kromatidleri birbirinden ayrılırlar. Fakat bu olaylar nukleus zarı içinde cereyan eder. İşte bu olaya endomitoz, bu yolla poliploit hücrenin meydana gelmesine de endopoliploidi (polisomati), böyle hücreye de endoploit hücre adı verilir (Temizkan, 1994; Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010).

2.3.1.2 Anöploidi (Aneuploidy)

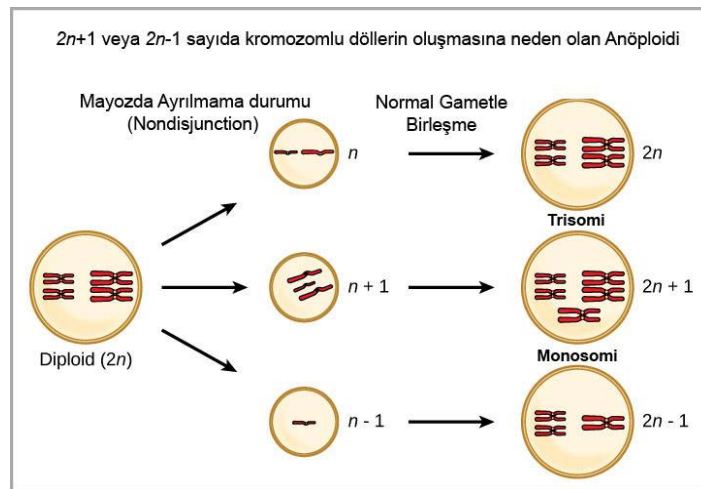
Bir takımdaki kromozomlardan birinin veya birden fazlasının sayısını değiştirmesi olayına aneuploidi denir. Bu olay bir diploit veya poliploitde gerçekleşebilir. Anöploidi, hipoploidi ve hiperploidi olarak ikiye ayrılır (Topaktaş ve

Rencüzoğulları,2010). Anöploidinin oluş mekanizmasında kromozomların ayrılmaması (Non-disjunction) (Şekil 2.21) ve anafaz gecikmesi ön plandadır (Ulupınar ve Alaş, 2002).



Şekil 2.21. Mayoz bölünmede Anafaz esnasında normal bölünme ve Anöploidiye neden olan "Ayrılmama" olayının oluşum mekanizması (Anonim, 2015d)

- A. Hipoplloidi:** Ferte kromozom sayısının azalması olayıdır. Bu da monosomi ve nullisomi diye ikiye ayrılır (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010):
- a. Monosomi:** Bir bireyde tek bir kromozomun eksik olması olayıdır ($2n-1$). Böyle bir birey, non-disjunction (Şekil 2.21) ile bir kromozomu eksik olan bir gametin normal bir gametle birleşmesi sonucu meydana gelir (Şekil 2.22).
- b. Nullisomi:** Bir canlıda bir kromozom çeşidinin homologuyla birlikte kaybolması olayıdır. Böyle diploit fertler $2n-2$ formülü ile gösterilir. Nullisomik fertler tesadüfen aynı çeşit kromozomu kaybetmiş olan iki gametin birleşmesi ile meydana gelir. Böyle fertlere monosomiklerin dölünde rastlanır.

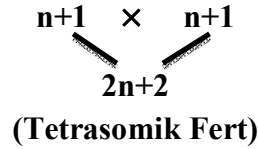


Şekil 2.22. Anöploidi oluşum mekanizması (Anonim, 2015c)

B. Hiperploidi: Bir takımdaki kromozomlardan birinin veya birkaçının sayısının yükselmesi olayıdır. Bunun da alt grupları vardır (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010):

a. Trisomi: Bir bireyle bir kromozomun fazla bulunması olayıdır (Şekil 2.22). Eğer iki farklı kromozom çeşidinin sayısı bir tane artmış ise böyle fertlere de çift trisomik fert adı verilir. Burada sayısı artan kromozomlar iki farklı kromozom olduğundan 1 rakamlarından birinin altı çizilmiştir.

b. Tetrasomi: Bir fertte takımdaki kromozomlardan birinden 4 tane bulunması olayıdır (Şekil 2.23). Böyle fertlere, tesadüfen aynı kromozomu bir fazla bulduran iki gametin birleşmesiyle meydana gelir. Böyle fertlere trisomiklerin dölünde rastlanır.



Şekil 2.23. Tetrasomi oluşumu mekanizması (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 2010)

2.3.2. Yapısal Kromozom Değişimleri (Mutasyonlar)

Kromozom yapısı değişimleri kendiliğinden meydana geldiği gibi (spontaneus mutasyon) “X” ışınları, ultraviyole ışınlar, gamma ışınları, çeşitli kimyasal maddeler v.s. kullanmak suretiyle yapay olarak da meydana getirilebilir. Bu etkenlerden herhangi biriyle karşı karşıya kalmış olan hücrelerde kromozom enine olarak bir veya daha fazla noktadan kopar. Kopmalar genellikle kromozomların iki kromatitli oldukları halde, tek iplik halinde görüldükleri interfaz ya da erken profaz evrelerinde meydana gelir. Bu durumda iki kromatitte de kopma olur ve daha sonra serbest kalan uçlar birleşir. Bu olaya “Sister Union” (S. U.) denir (Kuru ve Ergene Gözükara, 2001).

Mutasyonlar hem somatik hücrelerde hem de cinsiyet hücrelerinde görülebilir. Somatik hücrelerde olanlar nesilden nesile aktarılmazlar. Cinsiyet hücrelerinde görülenler ise kalıtsaldır ve gelecek nesillere aktarılabilirler.

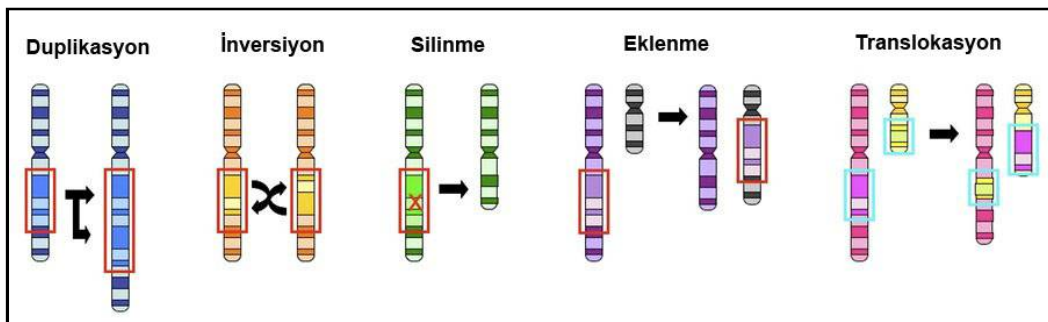
Balıklarda da görülebilen ve balık kromozomlarının sayılarında, türlerin evriminde önemli olan bazı yapısal mutasyonlar noktasal veya bölgesel olarak meydana gelirler. Bunlar aşağıda kısaca tanımlanmıştır (Şekil 2.24) (Anonim, 2015d).

Noktasal olanlar DNA kodlarında görülür (Anonim, 2015d):

- DNA kodonunda bir bazın yerine karşılığının gelmesi (ör. ATG kodunun ACG halini alması) (Substitisyon)
- Baz dizilimi içerisine yeni bir bazın eklenmesi (ör. ATG kodunun ATCG olması)- Eklenme (Insertion)
- Baz dizisinden bir bazın silinmesi (ör. ATG kodundan T'nin silinmesi AG olması) (Delesyon)
- Baz dizisindeki bazların yer değiştirmesi (ör. ATG'nin AGT olması)

Kromozomların kollarında blok halinde görülen değişimlerdir (Şekil 2.24) (Anonim, 2015d):

- *Duplikasyon*: Kromozomun bir kısmının kopyalanıp çoğalmasıdır.
- *Inversiyon*: Kromozomdan kopan bir parçanın ters dönerek koptuğu kısma yapışmasıdır.
- *Delesyon*: Kromozomun bir bölgesinin silinmesi veya kaybolmasıdır.
- *Eklenme*: Bir kromozomun bir parçasının koparak başka bir kromozoma yapışması, yani eklenmesidir.
- *Translokasyon*: İki kromozomun arasında kopan parçaların yer değiştirmesidir.



Şekil 2.24. Önemli yapısal mutasyonların oluşum mekanizmaları (Anonim, 2015d)

2.4. Literatür Özeti

Bu araştırmaya konu olan ve Türkiye’de ilk defa karyolojik olarak incelenen *B. tauricus* Kessler, 1778’in ve ait olduğu Barbinae Alt Familyası ve Cyprinidae familyasının türleri üzerinde yapılmış olan bazı sitogenetik araştırmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Barbus Genusu Türlerinde Yapılan Yabancı Kaynaklı Çalışmalar

Cataudella ve ark., (1977), Cypriniformes’te görülen poliploidliği araştırdıkları çalışmalarının sonucunda içerisinde *Barbus barbus plebejus* ve *B. meridionalis*’in de yer aldığı 11 Cyprinid ve 1 Cobitid türünün kromozomlarını belirlemişlerdir.

Ráb ve ark., (1981), yaptığı çalışmada Afrika bıyıklı balıklarından *Barbus bariloides* ve *B. holotaeina*’nın kromozomlarını ortaya çıkarmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre *B. bariloides*’in $2n=48$, *B. holotaeina*’nın ise $2n=50$ diploit sayıda kromozomu olduğun bildirmiştir. NF değerleri ise *bariloides*’te $NF=96$ ($K=32m+16sm$) ve *holotaeina*’da $NF=100$ ($K=24m+26sm$) olarak tespit etmişlerdir.

Vujořević ve ark., (1983), Sırbistan’ın Tuna Nehri bağlantılı iç sularında yaşayan Cyprinidae familyasına ait 7 türün vd. 2 türün daha kromozomlarını tespit etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda *Barbus meridionalis petenyi*’de 100 diploit kromozom ($10m+22sm+22st+46a$) bulunduğunu bildirmişlerdir.

Zan ve ark., (1984), çalışmalarında 7 tür tatlısu balığının karyotiplerini çıkarmışlar, bunların içerisinde Barbinae familyası üyesi *Barbodes lacustris* ve *B. daliensis*’in kromozom sayısını 96-98 arasında ve kromozom kol sayının da $NF=144-170$ olduğunu tespit etmişlerdir.

Li ve ark., (1986), Barbinae familyası üyesi 5 türün kromozomlarını incelediklerinde $2n$ kromozom sayısının hepsinde 50 olduğunu ve kol sayılarının ise 74-84 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Suzuki ve Taki, (1986), cyprinid balıklardan Barbinae alt familyasına ait iki türden biri olan *Probarbus jullieni*’nin 98 kromozomu (18 metasentrik, 18 submeta- ve

subtelosentrik ve 52 akrosentrik) ve *Leptobarbus hoevenii* 50 kromozomlu (10 metasentrik, 34 submeta- ve subtelosentrik ve 6 akrosentrik kromozom) olduğunu belirlemişlerdir.

Oellermann, (1988), Güney Afrika'da bazı nehirlerde yaşayan Barbinae alt familyasına 13 türe ait kromozom sayılarını tespit etmiştir. Bu türleri ploidi bakımından 3 gruba ayırmıştır: **Diploitler** *Barbus anoplus* (2n=48), *B. argenteus* (2n=52), *B. trimaculatus* (2n=42-48); **Tetraploitler** *B. serra* (2n=102), *B. trevelyani* (2n=96), *Pseudobarbus afer* (2n=96) ve *P. burgi* (2n=96); **Hegzaploitler** de *B. aeneus* (2n=148), *B. capensis* (2n=150), *B. kimberleyensis* (2n=148), *B. marequensis* (2n=130-150) *B. natalensis* (2n=150), *B. polylepis* (2n=150).

Collares-Pereira ve Madeira, (1990), Portekiz sularında yaşayan *Barbus* türlerinin sitotaksonomisini çıkarmışlardır ve ilginç de olsa 2n=100 kromozoma sahip olduklarını belirlemişlerdir. Karyotipleri ve NF değerleri arasında farklıların olduğunu bildirmişlerdir. Şöyle ki *B. bocagei* (NF=164, 16M, 48S, 36A ve 12M, 52S, 36A), *B. sclateri* (NF=154, 10M, 44S, 46A), *B. steindachneri* (NF=158, 10M, 48S, 42A), *B. microcephalus* (NF=168, 18M, 50S, 32A), *B. comiza* (NF=172, 12M, 60S, 28A). Cypriniformların atalarının 2n=50 olması Orta Avrupa'daki bu İberya *Barbus*larını ise tetraploit oldukları kanısına varmışlardır.

Oellermann ve Skelton, (1990), Güney Afrika'da yaşayan 5 küçük pullu bıyıklı balık (büyük *Barbus* spp.) 148-150 arasında model kromozom sayısının (*B. aeneus* 2n=148, 48m+100t, NF=196; *B. capensis* 2n=150, 58m+92t, NF=208; *B. kimberleyensis* 2n=148, 56m+92t, NF=204; *B. natalensis* 2n=150, 50M+100T, NF=200; *B. polylepis* 2n=150, 56m+94t, NF=206) olduğunu genelde Cyprinid türlerinin 2n=50 diploit sayıda kromozoma sahip olmasından yola çıkarak hegzaploit orjinli olduklarını bildirmişlerdir. Hegzaploit olmalarına karşın eşeyssel üreme gösterdiklerini ve diploitler gibi normal bir şekilde türlerini devam ettirdiklerini de tespit etmişlerdir.

Golubtsov ve Krysanov, (1993), Etiyopya'da örnekledikleri *Barbus sensu lato* ve *B. sensu stricto*, yani Afrika küçük bıyıklı balıkları ile Avrupa büyük bıyıklı balık türlerinin arasındaki ploidi farklılıklarını tespit etmişlerdir. Bu balıkların 2n

kromozom sayılarının 50 ile 150 arasında değiştiğini, benzer sayıya sahip olanların karyotiplerinin değiştiğini de bildirmişlerdir.

Ráb ve ark., (1993), Güney Fransa'dan ve Slovakya'dan örnekledikleri *Barbus meridionalis*'in taksonomik olarak alttür (*B. m. meridionalis* ve *B. m. petenyi*) karmaşası olması nedeniyle kromozomal seviyede karşılaştırma yapmışlardır. Bu iki alt türünde diploit kromozom sayısının 100 olduğu ve karyotiplerin de ise *B. m. meridionalis*'te metasentriklerde 1 kromozom fazlalık, *B. m. petenyi*'de 1 meta-submetasentrik kromozomun fazla olmasıyla aralarında farklılık olduğunu tespit etmişlerdir.

Balaseem ve ark., (1994), sitogenetik olarak ilk defa çalıştıkları *Barbus sharpeyi* 98 kromozomu ($2n$) olduğunu karyotipinin de 44 submeta-metasentrik ve 54 telo-subtelosentrik kromozoma ($NF=188$) sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Buldukları bu yüksek kromozom sayısının da *Barbus*'lar için bir fenomen olan poliploit durumdan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Guégan ve ark., (1995), Batı Afrika'da yaşayan (Guyana) "büyük" Afrika *Barbus* türleri (*sensu stricto*) üzerinde kromozomlarını belirlemişlerdir. Türlerden *B. petitjeani*'nin kromozom sayısını $2n=150$ (6 çift metasentrik, 15 çift submetasentrik ve subtelosentrik, 4 çift akrosentrik, $NF=186$) ve *B. bynni occidentalis* ile *B. wurtzi*'nin kromozom sayısını 148 olarak tespit etmişlerdir. Tüm bu türlerin karyotiplerinden hegzaploit olarak evrimsel gelişim geçirdiğini bildirirken *B. petitjeani*'nin otopoliploidi yoluyla hegzaploit sayıda kromozoma sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Ráb ve ark., (1995), yine Guyana'da (Afrika) yaşayan küçük Afrika *Barbus* (*sensu lato*) türlerini sitogenetik olarak incelediklerinde kromozom sayısı ($2n$) ve kromozom kol sayısını (NF) *B. bigornei*'de 48 (9 çift M, 15 çift SM) ve $NF=96$; *B. ablables*'in $2n=50$ (9 çift M, 15 çift sm, 1 çift st/a), $NF=98$; *B. macrops*'un da $2n=50$ (7 çift m, 14 çift sm, 4 çift st/a) ve $NF=92$ olduğunu; bununla birlikte büyük *Barbus* (*sensu stricto*) türleriyle uzak bir poliploit evrilmeye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Krysanov ve Golubtsov, (1996), Güneybatı Etiyopya'da ve Sudan Sınırındaki Baro ve Sobat nehirlerinden örnekledikleri *Barbus byinni byinni* ve *B. intermedius*'un

kromozom sayılarının $2n=150$ 'ye eşit olduğunu belirlemişler. Karyotipte (*B. b. bynni* 50m/sm+90a, *B. intermedius* 66m/sm+84a) ve buna bağlı olarak kromozom kol sayısında da ($NF_{bynni}=190$ ve $NF_{intermedius}=216$) farklılaşma gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ráb ve ark., (1996), Makedonya ve Yunanistan arasında devam eden Vardar Nehrinde yaygın olarak bulunan *Barbus cyclolepis* türünün karyotipini incelemişlerdir. Kromozom sayısını $2n=100$, karyotipi 13 çift metasentrik, 8 çift submetasentrik, 18 çift subtelosentrik, ve 11 çift akrosentrik kromozom bulunduğunu belirlemişlerdir. Tüm örneklerde yaptıkları gümüş boyama ve C-bantlama sonucunda, NOR'ların 2 küçük Subtelosentrik kromozomun kısa kolunda görüldüğünü NOR polimorfizminin oluşmadığı tespit etmişlerdir. Görülen NOR'ların da tipik "barbin" kromozom belirteci olduğunu, bununla birlikte *B. cyclolepis*'in karyotipinin diğer Avrupa *Barbus*'larına yakın benzerlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca *cyclolepis*'in *Barbuss. str.* genusunun tetraploit soylarına mensup olduğunu kaydetmişlerdir.

Naran, (1997), yaptığı yüksek lisans çalışmasında Güney Afrika'nın nehirlerinde yaşayan bazı *Barbus* ve *Pesudobarbus* türlerinin kromozomlarını ortaya çıkarmıştır. Çalışmasında 23 türe ait karyotipi, kromozom sayısı ve NF değerlerini belirlemiştir.

Fişter ve ark. (1999), Sırbistan'da Vapa Nehrinde yaşayan *Barbus peloponnensius* ve *B. barbus* üzerinde yaptıkları sitotaksonomik analiz sonucunda kromozom sayıları birbirine eşit olup $2n=100$ olduğunu, karyotiplerinin ise sırasıyla 30m, 18sm, 52a ($NF=150$) ve 10m, 44sm, 46a ($NF=148$) kromozoma sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Krysanov, (1999), Ermenistan'da Sevan Gölü'nde yaşayan *Barbus goktschaicus*'un karyotipini çıkarmıştır. Elde ettiği sonuca göre *B. goktschaicus*'un $2n=100$ kromozomu olduğu ve karyotipinin 24 meta-submetasentrik ve 76 akrosentrik kromozomdan ($NF=124$) meydana geldiğini bildirmiştir.

Gorshkova ve ark., (2002), Cyprinidae familyasından *Barbus canis* ve *Capoeta domascina* türlerinin karyotiplerini çalışmışlardır. Her iki tür için diploit kromozom

sayısı $2n=148-150$ bulunmuştur. *C. damascina* için kromozom kol sayısı 228 karyotipte ise 32 metasentrik kromozom tespit edilmişti ve *B. canis* için $NF=224$ bulunurken karyotipi 26 metasentrik kromozomdan oluştuğu bildirilmiştir.

Golubtsov ve Krysanov, (2003), Afrika'da Nil Nehir sisteminde yaşayan küçük *Barbus* türlerinden morfolojik olarak diğerlerinden dorsal yüzgecindeki sert ışınla ayrılan *Barbus paludinosus*'un ve *B. pleurogramma*'nın birbirine eşit $2n=50$ kromozoma sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Karyotiplerinin de sırasıyla 46 meta-submetasentrik ve 6 subtelo-akrosentrik ($44m/sm+6st/a$) kromozomdan ($NF=94$) oluştuğunu belirlemişlerdir.

Naran ve ark., (2006), Güney Afrika'daki bazı nehirlerden örnekledikleri Cyprinidae familyasından *Pseudobarbus afer*, *P. asper*, *P. burchelli*, *P. burgi*, *P. phlegethon* ve *P. tenuis* geleneksel giemsa boyama metoduyla kromozomlarını tespit etmişlerdir. Kromozom sayılarının 6 türde de $2n=100$ bulmuşlardır. Kromozom kol sayısı $NF=186-192$ arasında olduğu bildirilmiştir.

Pourali Darestani ve ark., (2006), Kuzey İran'da Sefidroud ve Shahroud nehirlerinde yaşayan *Barbus capito*, *B. mursa* ve *Capoeta capoeta gracilis*'in karyotip analizini yapmışlardır. *Barbus*'ların kromozom sayılarının eşit $2n=100$ olduğunu Karyotip (K_{capito} , $12m+60sm+4st+24t$; K_{mursa} , $6m+34sm+10st+50t$) ve NF değerlerinin farklılaştığını sırasıyla $NF=172$ ve $NF=140$ olarak belirlemişlerdir.

Vasilyan ve ark., (2009), Ermenistan'daki bazı iç sularda yaşayan çeşitli Cyprinid türlerini karyolojik olarak incelemişlerdir. Sonuçta *Barbus mursa* $2n=100$ kromozoma sahip olduğunu ve karyotipinin de $6m, 36sm, 58 st/a$ olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Kromozom kol sayısının (NF) da 142 olarak tespit etmişlerdir.

Luca ve ark., (2010), Romanya'nın güneyinde ki bir bölgeden geçen Tuna nehrinde yaşayan bazı cyprinid türlerinin karyotiplerini diğer makalelerle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Yaptıkları çalışmada Barbinae subfamilyasından *Barbus barbus* türünün tetraploit ve $2n=96$ kromozoma sahip olduğunu, NF değerini 146 ($K=12m+38sm+46a$) olarak bildirmiştir.

Geng ve ark., (2013), *Barbus capito*'nun kromozomlarını tespit etmeyi ve yeni bir esim analiz programı ile kromozomları ölçüm denemelerini yapmışlardır. Saydıkları

kromozomları %63,16'sında $2n=100$ olarak belirlemişlerdir. Karyotiplerinin de 12m, 38sm, 8st, 12t (NF=150) olduğunu tespit etmişlerdir.

Barbinae Altfamilyası Türlerinde Ve Türkiye'de Cyprinidlerde Yapılan Çalışmalar

Kuru'nun (2004) bildirdiğine göre, Ladiges (1960) yaptığı çalışmada Türkiye için verdiği 21 *Barbus* türü, Karaman (1971) tarafından da dört cins (*Barbus*, *Tor*, *Bertinius* ve *Carasobarbus*) altında toplanmış, türlerin birçoğunun sinonim oldukları kabul edilmiştir. Türkiye'de *Barbus* türleri üzerine karyolojik çalışmalar henüz çok az sayıdadır.

Barbinae:

Ergene ve ark., (1998), Erzurum'un çeşitli bölgelerinden örnekledikleri *Barbus plebejus lacerta* balığının (Cyprinidae) karyolojik analizini yapmışlardır. *B. plebejus lacerta*'nın $2n=48$ kromozoma ve $K=32m+16a$ karyotipine sahip olduğunu bulmuşlardır.

Kılıç Demirok'un (2000), yapmış olduğu doktora tez çalışmasında Dicle Nehri'nde yaşayan bazı Cyprinidae tür ve alttürlerinin (*Alburnoides bipunctatus*, *Barbus rajanorum mystraceus*, *Capoetta trutta*, *C. capoetta umbla*, *Cyprinodon macrostomus*, *Gara rufa obstusa*, *G. variabilis* ve *Leuciscus cephalus orientalis*) kromozom sayılarını belirlemiş ve karyotiplerini çıkarmıştır. *B. r. mystraceus*'un kromozom sayısı $2n=100$ ve $K=22m+30sm+48st/a$ kromozom olduğunu belirlemiştir.

Turan ve ark., (2005), tarafından Asi Nehri'nde yaşayan *Barbus rajanorum*, *B. longiceps* ve *B. capito pectoralis*'in sitogenetik analizini yapılmıştır. Kromozom sayısı *B. rajanorum*'un $2n=125$, *B. longiceps* $2n=148$ ve *B. capito pectoralis*'in $2n=150$ olarak tespit edilmiştir.

Kaya, (2009), Göksu nehrinde yapmış olduğu doktora çalışması sonuçlarına göre ülkemiz için ilk defa karyolojik olarak incelenen *Barbus capito*'nun 32m, 42sm, 8st ve 38a olmak üzere $2n=120$ diploit kromozoma sahip olduğu ve temel kol sayısının

da NF= 194 olduğu ve *Carasobarbus luteus* örneklerinde diploit kromozom sayısı $2n=150$ (NF=238), karyotipinin de 34m, 54sm, 14st ve 48a olarak belirlenmiştir.

Değer ve ark. (2011a ve 2011b), iç sularımızda yaşayan Barbinae familyası üyesi olan alt genuslarındaki *Carasobarbus luteus* ve *Kosswigobarbus kosswigi* türler üzerine yaptıkları iki ayrı karyolojik incelemede diploit kromozom sayılarını sırasıyla $2n=150$ (K=84m/sm+66st/a, NF=234) ve $2n=148$ (K=86m/sm+62st/a, NF=234) olduğunu bulmuşlardır.

Gaffaroğlu ve ark., (2013), Kızılırmak ve Sakarya Nehrinde yaşayan *Luciobarbus escherichii* (Steindachner, 1897) üzerinde yaptıkları kromozom tespit çalışmasına göre $2n=100$ ve karyotipinin ise 14m, 44sm, 42st/a kromozomlardan oluştuğunu, kromozom kola sayısının NF= 158 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca 2 çift submetasentrik kromozomun kısa kolunun uçlarında NOR bölgeleri olduğunu bildirmişlerdir.

Cyprinidae:

Çolak ve ark., (1985), Sivas'ın Kangal ilçesi Topardıç Suyu'ndan örnekledikleri Cyprinidae familyasına ait beni balığının *Cyprinion macrostomum*'un kromozom sayısını $2n=48$ ve karyotipini 4 çift metasentrik, 26 çift submetasentrik, 18 çift akrosentrik olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada Karakaya Baraj Gölü'nde (Kayseri) örnekledikleri *C. macrostomum*'un araştırmalar sonucunda diploit kromozom sayısı $2n=50$, karyotip 3 çift metasentrik, 12 çift submetasentrik, 6 çift subtelosentrik, 4 çift akrosentrik kromozom ve kol sayısı 92 olarak bulunmuştur (Gaffaroğlu ve Yüksel, 2004).

Gül ve ark., (2000), Sazangiller (Cyprinidae) familyasına ait Gümüş Balığı'nın (*Chalcalburnus mossulensis* Heckel, 1843) kromozomlarının sayı ve yapıları inceleyerek, karyotip analizi yapmışlardır. Gümüş balığının $2n=48$ kromozoma sahip olduğu belirlenmiştir. Bunların karyotiplerinin ise 6 metasentrik, 10 submetasentrik ve 8 akrosentrik kromozom çiftinden oluştuğu saptanmıştır.

Kılıç Demirok ve Ünlü, (2001), Dicle Nehrinde bulunan Cyprinidae familyasına ait olan *Capoeta trutta* ve *C. capoeta umbla* türlerinin karyotiplerini incelemişlerdir. *C. trutta* (NF= 220 ve K= 70m/sm+80st/a) ve *C. c. umbla* balığının (NF= 236 ve K=

86m/sm+64st/a) kromozom sayılarının 150 olduğunu ama karyotiplerinin farklı olduğunu bildirmişlerdir.

Ölmez Aydın ve Kuru, (2001), tarafından Kızılırmak'ın Kayseri ili sınırları içerisindeki Yemliha ve Boğazköprü civarından örnekledikleri *Carassius auratus*'un kromozom sayısı $2n=104$ bulunmuştur. Bunun 12 çifti metasentrik (m), 17 çifti submetasentrik (sm), 23 çifti ise akrosentriktir (a) ve kromozom kol sayısı $NF=162$ olarak bulunmuştur.

Gül ve ark., (2003), Van Gölü'nde endemik olarak bulunan inci kefali, *Chalcalburnus tarichi* balığının kromozomlarını C-, G- ve restriksiyon endonükleaz enzim bantlaması yapmışlar ve *C. tarichi* balığının $2n=50$ kromozomu olduğunu ve karyotipinin ise 16m, 10sm ve 24a kromozomdan meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Hamalosmanoğlu, (2003), yaptığı çalışmada Mogan Gölü'nde yaşayan Cyprinidae familyasından *Cyprinus carpio*'nun kromozom sayısı araştırmıştır. Sonuçta $2n=100$ diploit kromozom, karyotipinin de 12'sinin metasentrik, 38'inin subtelosentrik ve 50'sinin ise akrosentrik olduğunu tespit etmiştir.

Pekol, (2003), çalışmasında Cyprinidae familyasından *C. carpio*'nun Kastamonu-Beyler Barajı popülasyonunun NOR fenotipi belirlemiştir. "One-Step" metoduna göre belirlenen NOR bölgelerinin; büyük bir çift homolog ya da homolog olmayan submetasentriğin kısa kolu boyunca ya da metasentrik kromozomun kolları boyunca yerleştiği belirlemiştir.

Hamalosmanoğlu ve Kuru, (2004), Mogan Gölü'nde yaşayan sazan türlerinden *Tinca tinca*'nın (Kadife Balığı) diploit kromozom sayısını $2n=48$ olarak bulurken, karyotipinin ise 6 çift metasentrik, 8 çift subtelosentrik ve 10 çift akrosentrik kromozomdan oluştuğunu kaydetmişlerdir.

Gül ve ark., (2004), Cyprinidae familyasına ait *Alburnus heckeli* balığının karyotip analizini yapmışlardır *A. heckeli* balığının kromozom sayısı $2n=50$, $K=14m+18sm+18a$ ve ($NF=82$) olduğunu tespit etmişlerdir.

Ergene Gözükar ve Çavaş, (2004), Doğu Akdeniz iç sularında yaygın olarak bulunan sazan türlerinden *Garra rufa*'da sitotaksonomik olarak yaptıkları çalışmada

diploit kromozom sayısını $2n=44$ ($K=22m+20sm+2a$) olduğunu ve kromozom kol sayısının da karyotipe bağlı olarak $NF=85$ olarak belirlemişlerdir.

Kaya ve Ergene Gözükkara, (2004), Seyhan Nehri'nden örnekledikleri bir sazan balığı türü olan *Capoeta barroisi* balığının kromozom analizine göre karyotipinin 26 metasentrik, 54 submetasentrik, 26 subtelosentrik ve 44 akrosentrik kromozomdan oluştuğu ve $2n=150$ diploit sayıda kromozoma sahip olduğunu belirlemişlerdir. Temel kol sayısının da $NF=230$ olduğunu tespit etmişlerdir.

Gül ve ark., (2006), Kars Çayı'ndan örnekledikleri *Alburnus filippi* (Cyprinidae) balığının kromozomlarını incelemişlerdir. *A. filippi* balığının diploit kromozom sayısının $2n=50$ ve $K=8M$, $NF=82$ oluştuğunu belirlemişlerdir.

Gaffaroğlu ve ark., (2006), Karaya Baraj Gölü'nden elde edilen 10 erkek, 12 dişi *Acanthobrama marmid*'in (Cyprinidae) kromozomlarını $2n=50$, karyotipini 16m, 26sm, 8 st/a kromozomu olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda araştırmalarında orta boylu 2 çift submeta ve subtelosentrik kromozomların telomerlerinde NOR bölgelerini tespit etmişlerdir.

Nur, (2006), bildirdiğine göre, Kura-Aras Havzasına Endemik *Acanthalburnus microlepis* ve *Alburnus filippii*'nin (Cyprinidae) kromozomlarının sayı ve yapılarının birbirine benzer tespit edilmiştir. Her iki türde $2n=50$ kromozom sayısına sahipler fakat karotipte sırasıyla 8 metasentrik, 7 submetasentrik ve 10 akrosentrik kromozom çiftinden ($NF=80$) ve 8 metasentrik, 8 submetasentrik ve 9 akrosentrik kromozom çiftinden ($NF=82$) oluşan farklılık saptamıştır.

Yüksel ve Gaffaroğlu, (2008a), Doktor balık da denilen *Chalcalburnus mossulensis*'te yaptıkları sitogenetiksel çalışmada $2n=50$ kromozom sayısı elde etmişlerdir. Karyotipin 12m+16sm+10st+12a kromozomdan oluştuğunu belirlerken, NOR bölgelerini 2 çift kromozomda görüntülemişlerdir. Birinci NOR büyük submetasentrik kromozomun daha uzun kolunda terminal olarak, orta büyüklükteki submetasentrik kromozomun kısa kolunda 2. NOR belirlemişlerdir.

Yüksel ve Gaffaroğlu, (2008b), *Cyprinion macrostomus*'ta kromozom incelemesi yapmışlardır. Diploit kromozom sayısını $2n=50$ ve karyotipi ise 3çift metasentrik, 12 çift submetasentrik, 6 çift subtelosentrik ve 4 çift akrosentrik kromozom olarak tespit

etmişlerdir. NOR'lar orta büyüklükteki submetasentrik kromozomun kısa kolunun ucunda olduğunu belirtmişlerdir.

Gaffaroğlu ve ark., (2009), Kızılırmak'tan yakalanan *Pseudorasbora parva*'nın karyotipini çıkardılar. Diploit kromozom sayısının $2n=50$, Karyotipi, 7 çift metasentrik, 10 çift submetasentrik ve 8 çift subtelosentrik kromozomdan (NF=100) meydana geldiğini saptamışlardır.

Karasu ve ark., (2011), Fırat Nehir sisteminde yaşayan *Pseudophoxinus firati*'nin kromozomlarını C-band ve Ag-NOR boyama yöntemlerini uygulayarak ortaya çıkarmışlar. $2n$ diploit kromozom sayısının 50 olduğunu, NF kol sayısının da 88 olduğunu bulmuşlardır. C-band pozitif bölgelerinin 6 çift kromozomun perisentromerik bölgesinde ve 2 çift submeta-subtelosentrik kromozomun kısa kollarında NOR taşıdığını bildirmişlerdir.

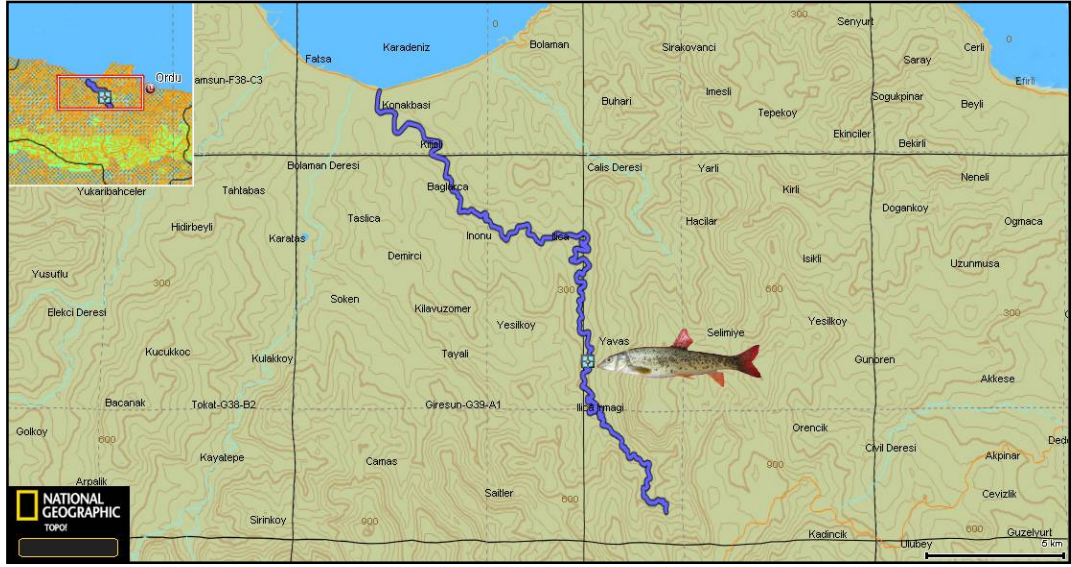
Arslan ve Taki, (2012), Konya'nın Beyşehir gölünden örnekledikleri kadife balığında (*Tinca tinca*) sitogenetiksel olarak incelediklerinde, diploit kromozom sayısının $2n=48$, karyotipinin de 6 çift m, 10 çift sm ve 8 çift st kromozomdan, kromozom kol sayısının da NF=80 olduğunu tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri ve Örnekleme Çalışması

10.08.2010 – 11.07.2012 tarihleri arasında Fatsa Ilıca Irmağı'nın Yavaş Dere'si bağlantısından 40,93177° K – 37,62693° D koordinatlarındaki bölgeden serpm ağlarla örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırmanın yapıldığı Ilıca Deresinde örnekleme mevkiini gösteren GPS harita (Anonim, 2014d)

Çalışmada kullanılan balıklar, Türkiye Tatlı Su Balıkları Kataloğu (Kuru, 2004), Geldiay ve Balık'ın (2007) Türkiye Tatlı Su Balıkları için düzenlenen tür tayin anahtarlarından, Bănărescu ve Bogutskaya, (2003) ve Kottelat ve Freyhof'un (2007) Avrupa İç Su Balıkları kataloğundan faydalanılarak teşhis edilmiştir.

3.1.2. Balık Materyali

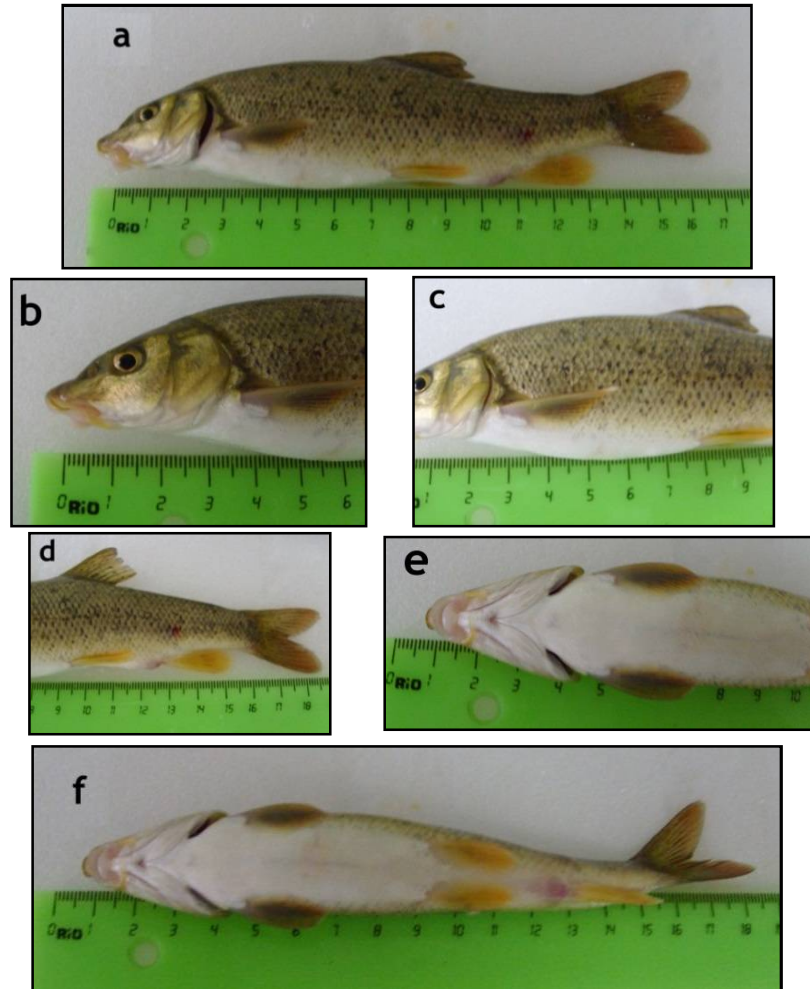
Karyolojik analizlerde kullanılacak balık örnekleri yerel balıkçılar vasıtasıyla serpm ağlarla yakalanarak, ODÜ Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi Biyokimya Laboratuvarına havalandırılmalı livar içerisinde canlı olarak getirilen *B. tauricus*'lar yine havalandırılmalı akvaryuma yerleştirilmiştir. Araziden getirilen balıkların ortama adaptasyonları sağlandıktan sonra sırasıyla metot kısmında belirtilen işlemler uygulanmıştır.

Çalışmada çeşitli büyüklüklerde 24 bıyıklı balık veya Kırım *Barbus*'u (*B. tauricus*) örneği kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bu örneklerden elde edilen doku preparatlarından kromozomlar analiz edilmiştir.

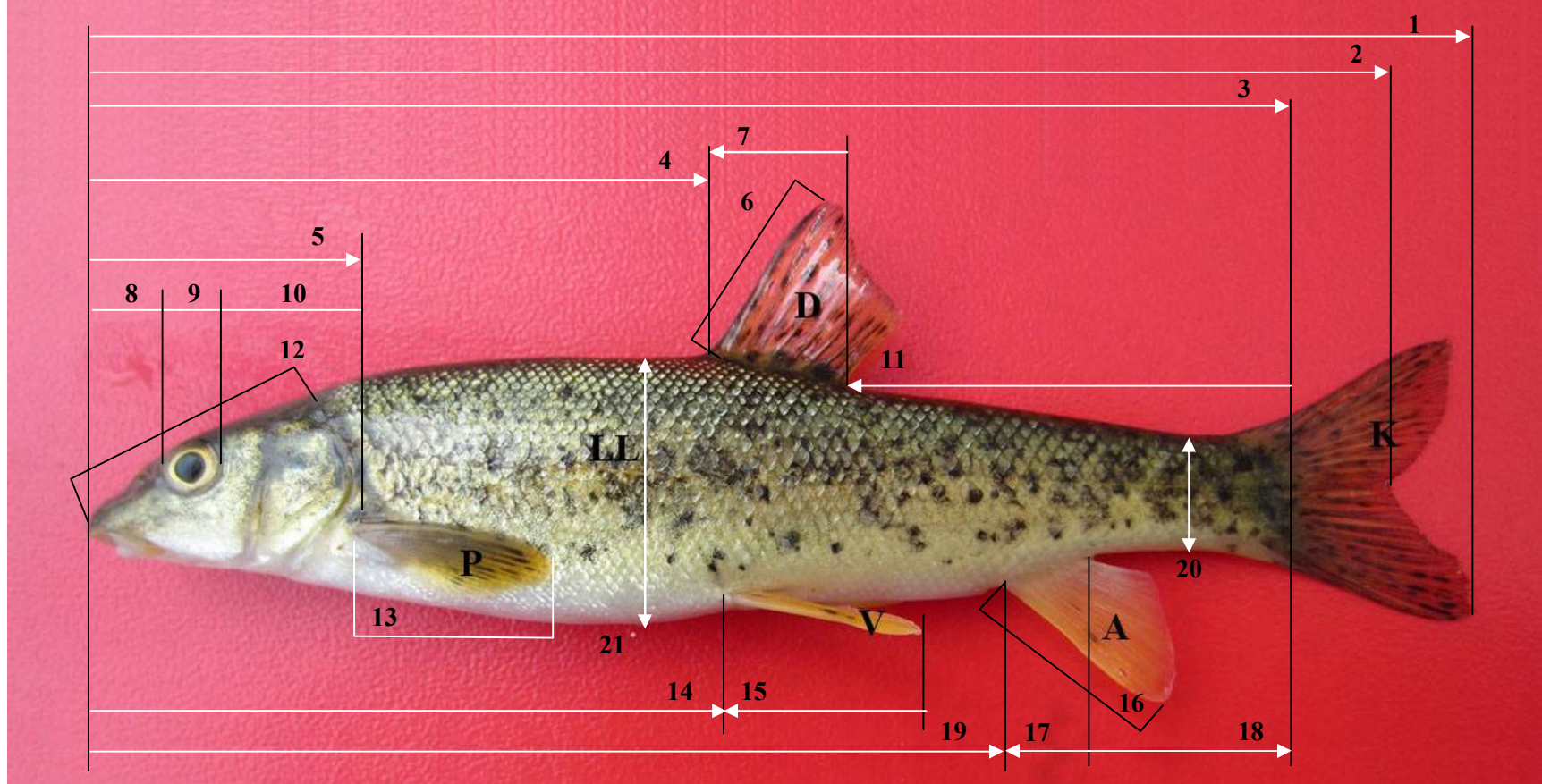
3.2. Yöntem

Taksonomik ve Sistemik İnceleme

Barbus örneklerinde metrik ve meristik veriler Kottelat ve Freyhof'un (2007) belirttiği (Şekil 3.3) şekilde alınmıştır. Yapılan taksonomik ve morfolojik analiz sonucunda elde edilen veriler çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Araştırmada kullanılan bıyıklı balıkların, *B. tauricus* Kessler, 1778 bazı morfolojik özellikleri Şekil 3.2. ve 3.3.'de belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan bıyıklı balık, *B. tauricus* Kessler, 1778 örneklerinin, **a-** Lateralden, **b-** Baş, **c-**Dorso-ventralden, **d-** Anal ve kaudal yüzgeç, **e-** Ventralden ağız ve bıyık, **f-**Ventralden tam boy görünüşü



Şekil 3.3. *Barbus*larda ölçümü (metrik) ve sayımı (meristik) yapılan bazı özellikler: **Meristik:** **D**-Dorsal, **P**-Pektoral, **V**- Ventral (Pelvik), **A**-Anal, **K**-Kaudal Yüzgeç Işın Sayıları, **LL**- Yanal Çizgi pul sayısı, **Metrik:** **1**-Toplam boy, **2**-Çatal boy, **3**-Standart boy, **4**- Predorsal uzunluk, **5**- Baş uzun., **6**- Dorsal yüzgeç uzun., **7**- Dorsal yüzgeç kaidesi genişliği, **8**- Burun Uzun., **9**- Göz Çapı, **10**- Postorbital uzun., **11**- Postdorsal mesafe, **12**- Dorsal baş uzun., **13**- Pektoral yüzgeç uzun., **14**- Prepelvik mesafe, **15**- Pelvik yüzgeç uzun., **16**- Anal yüzgeç uzun., **17**- Anal yüzgeç kaidesi uzun., **18**- Postanal mesafe, **19**- Preeanal mesafe, **20**- Kuyruk sapı kalınlığı, **21**. Vücut Yüksekliği

Karyolojik İnceleme

Balık kromozomları mitotik olarak durdurulan (*in vivo* yöntem) metafaz hücrelerinden elde edildikten sonra mikroskopik olarak incelenmiştir. Kolçisin en sık kullanılan mitotik inhibitördür. Çekirdek (nükleus) maddesinin akıcılığını arttırarak sitoplazmanın kolloidal durumunda değişiklikler meydana getirir ve iğ ipliğinin dağılmasına neden olur (Naran, 1997).

Kolçisin süs bitkisi olan “sonbahar çiğdeminden” (*Colchicum autumnale*) elde edilen kuvvetli toksik etkili bir maddedir. Saf halde $C_{22}H_{25}NO_6$ kimyasal formülünde renksiz ve toksik bir maddedir. Kolçisin, bölünme esnasında iğ ipliklerinin oluşmasını önler, anafazda kromozomlar kutuplara doğru hareket edemez. Böylece bölünme metafaz safhasında kalır, kromozomların incelenmeye uygun bir şekilde dağılmasına yardım ederek analizleri kolaylaştırır (Anonim, 2014e).

3.2.1. Kimyasal Maddelerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan kimyasal maddelerin ve solüsyonların hazırlanmasında Welcher, (1966), Denton, (1973), Dutrillaux ve Cotuier, (1981) ve Macgregor ve Varley’in (1983) tekniklerinden yararlanılmıştır.

% 0,1 Kolçisin Solüsyonu: 1 mg *kolçisin* 10 ml distile suda çözülmüştür.

%0,01 Kolçisin Solüsyonu: 1 mg *kolçisin* 100 ml distile suda çözülmüştür.

Hipotonik Solüsyonu (% 0,4 KCl):0,4 g *Potasyum Klorür* 100 ml distile suda çözülmüştür.

Fiksatif (Carnoy): 3:1 oranında *metanol:glasialasetik asit* karıştırılmıştır.

Fosfat Tamponu (PBS):

A-Çözeltisi: 11,34 g KH_2PO_4 + 250 ml distile su ile çözülmüştür.

B-Çözeltisi: 14,83 g $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ + 250 ml distile su ile çözülmüştür.

%5 Giemsa Boya Solüsyonu: Giemsa solüsyonu fosfat tamponu ile hazırlanmıştır. 5ml A + 5ml B = 100 ml fosfat tamponu (pH 6,8) çözeltisine 5 ml Giemsa ilave edilmiştir.

3.2.2. Doku ve Kromozom Preparasyonu

Araştırmada ön denemeler sonucunda modifiye edilen Denton, (1973), Kligerman ve Bloom, (1977) ve Pisano ve ark.'nın (2007) belirttiği yöntemler uygulanmıştır. Ön denemeler yapılarak yöntemde bazı modifikasyonlar yapılmıştır.

3.2.2.1. Ön Muamele

Araştırmada ön muamele olarak somatik hücrelerden kromozomları ortaya çıkarmada kolçisin kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında 24 saat balıkların adaptasyonları için bekledikten sonra her 20g başına % 0,1'lik kolçisinden 1 ml hazırlanmış insülin enjektörle balığın intraperitoneal veya intramuskular bölgesinden organlara zarar vermeksizin enjeksiyon yapılmıştır ve 6 saat bol havalandırmalı akvaryumda bekletilmıştir (Şekil 3.4.b ve c.).

3.2.2.2. Hipotonik Çözelti İle Muamele

Bu süre sonunda buz şoku uygulanarak dekapite edilen balıkların solungaçları ve yüzgeçleri alınmıştır (Şekil 3.4.d. ve 3.4.e.). Alınan dokular önce bistüri ile ufak parçalara ayrılmıştır. Diseksiyonla çıkarılan solungaç epitel dokuları taze olarak hazırlanan 0,075 M KCl (Merck™) hipotonik solüsyonunda 30'– 45' bekletilmıştir (Şekil 3.4.f). Hipotonik çözeltinin etkisi dokulara göre değişeceğinden etkinin en iyi olduğu süreyi bulmak önemlidir. Dokuların hipotonik çözelti ile muamele edilmesindeki amaç hücrelerin şişmesini ve bu sayede nükleolustaki kromozomların dağılmasını sağlamaktır.

3.2.2.3. Fiksasyon

Fiksasyon metodun kritik safhalarından birisidir. Fiksasyonun amacı çalışılan hücre öğelerinin biçiminin bozulmasına neden olmaksızın tespit edilmesini sağlamaktır. Bu nedenle fiksasyon işlemi ne kromozom yapısının görünürlüğünü artırır, ne de kromozom morfolojisinin detaylarını örneğin primer ve sekonder boğumlarını, heterokromatin bölgeleri ortaya çıkarmaz. Asetik asit güçlü bir nükleik asit çöktürücüsüdür ve nötür koşullardaki hücrelerin diğer sitoplazmik proteinleri üzerine çok az bir etkisi vardır (Naran, 1997). Doku hücrelerinin bulunduğu, 3:1 Carnoy (Metanol:Glasiyal asetik asit) fiksatif karışımından her bir tüpün üzerine 10 ml'lik

pipetle 5 ml fiksatif ilave edilmiş ve her doku parçası Carnoy fiksatifinde 30 dk bekletilmiştir (Şekil 3.4.f). Bu işlem 3 kez tekrarlandıktan sonra dolapta bekletilmeye bırakılmıştır (Şekil 3.4.g).



Şekil 3.4. Doku preparasyonunun yapılması: **a.** Örneklerin laboratuvara getirilmesi, **b.** Örneklerin bol havalandırılmalı akvaryumlarda adaptasyonu, **c.** Dorsalden kolçisin enjeksiyonu, **d.** Solungaçların çıkarılması, **e.** Yüzgeçlerin alınması, **f.** Dokuların hipotonik ve fiksatif muamelesi, **g.** Dokuların flakon şişelere konarak saklanması

3.2.3. Sert Dokulardan Kromozom Yayılımlarının Elde Edilmesi ve Boyama

Bu işlem için Kligerman ve Bloom'un (1977) metodu kullanılmıştır. İnceleme için aşağıdaki işlemler yapılmıştır. Solungaç ve yüzgeç dokuları fiksatiften çıkartılmıştır (Şekil 3.5.a). Örnekler tablaya yerleştirilerek ve 1-2 damla %50'lik glacial asetik asit ilave edilmiştir (Şekil 3.5.b). Bir hücre süspansiyonu oluşturmak için (solungaç/yüzgeç) doku 1 dakika müddetle ince uçlu pensle parçalanarak 10' bekletilmiştir (Şekil 3.5.c).

Bir miktar hücre süspansiyonu mikrohematokrit pipeti içine çekilip (Şekil 3.5.d) üzerinde 40-50 °C'ye kadar ısıtılmış ısıtıcı tabla üzerindeki temiz mikroskop lamaları üzerine damlatılmıştır (Şekil 3.5.e). Süspansiyon damlasının bir kısmı kurumadan

mikrohematokrit pipeti ile geri çekilerek tekrar lamlardaki boş alanlara damlatılmıştır ve sonra lamlar havada kurutulmaya başlatılmıştır. Oda sıcaklığında kuruyan preparatlar % 5'lik Giemsa (pH 6,8) solüsyonu bulunan şalelerde 20-30 dakika bekletilerek metafaz plakları boyanmıştır (Şekil 3.5.f, g ve h).



Şekil 3.5. Sert dokulardan kromozom preparasyonu ve Boyama: a) Doku örneğinin alınması b) Doku parçasına %50 asetik asit ilavesi c) Dokunun ezilmesi d) Doku süspansiyonunun pipete çekilmesi e) Pipetle yayma işlemi f) Preparatların Giemsa solüsyonuna yerleştirilmesi g) Boyanan preparatların çeşme suyu ile yıkanması h) Boyalı preparatların havada kurumaya bırakılması

3.2.4. Kromozomların İncelenmesi

Araştırmada yukarıda belirtilen bölgeden örneklenen balıkların her birinden en az 10 adet preparat (Denton, 1973) hazırlanarak ve bu preparatlardan kromozomların tespit edilmesinde faz kontrast mikroskobu kullanılmıştır.

Lam preparatlarındaki metafaz siteleri immersiyon yağı yardımıyla $\times 100$ 'lük objektifle ($\times 10$ oküler) Nikon Eclipse 80i faz kontrast mikroskobunda incelenerek mikroskopa bütünleşik dijital kamera (Nikon DSFi1) ile fotoğrafları çekilmiştir. İncelemeler esnasında her bir örnekten 50-100 arasında olmak üzere metafazın

(Thorgaard ve Disney 1990) 1000'e yakın fotoğrafı çekilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Mikroskop altında genel olarak incelenen preparatlardan kromozomları sayım ve karyotip analizi yapmaya uygun olanlar (50-100 arasında) devamlı preparat haline getirilmiştir.

Kromozom morfolojisi, en az üç özellikle tanımlanabilir: Kromozom boyu, sentromerin durumu ve morfolojik özellikleri örneğin sayı ve satellitin durumu (Naran, 1997). Mikroskopta çekilen fotoğraflardan her örnek için en uygun olanlarından en az 10 (Diniz ve ark. 2008) metafaz sitesindeki kromozomların nispi boyları (μ) ve kol uzunlukları (μ) MicroMeasure© (Version 3.3 PC Software) (Reeves, 2001; Jankun ve ark., 2003) ve mikroskopa özgü görüntü analiz programları ile ölçülmüştür. Ölçüm değerleri Microsoft® Office Exel programında boy uzunluklarına göre eşleştirilen kromozomlar (homolog kromozomlar) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Adobe® Photoshop® programı ile fotoğrafların üzerinden kesilerek boylarına ve kromozom tiplerine göre karyogram (sınıflarına göre kromozomların büyükten küçüğe sıralandığı tablo) oluşturulmuştur (Şekil 4.2).

Toplam Kromozom Kol Sayısı (NF)

Kromozom yapısındaki değişimler örneğin perisentrik inversiyonlar, translokasyonlar, heterokromatin eklenmesi/silinmesi cyprinidlerde kromozom kol sayılarındaki farklılıklara sebep olmaktadır (Naran, 1997; Berrebi ve Ráb, 1998; Naran ve ark., 2006).

Kromozomların kol sayısı (NF) çift kollu kromozomların (p ve q kolu olan metasentrik ve submetasentrik) kollarının ve tek kollu kromozomların (akrosentrik veya sub/telosentrik) kollarının tamamının sayılması (Denklem 2.1.) ile belirlenmiştir (Denton, 1973; Thorgaard ve Disney, 1990). Çizelge 4.3'de haploit (n) sayıdaki kromozomların kol uzunlukları oranlarına (q/p) göre sınıflarına (metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik) ayrıldıktan sonra sentromerik eksen üzerinde (p ve q kolu uzunluklarına göre) büyükten küçüğe doğru sıralanarak kromozomların şematik olarak görülmesini sağlayan ideogram çizilmiştir (Şekil 4.3). İdeogramın hazırlanmasında Adobe Photoshop® programı kullanılmıştır.

Araştırmanın tüm deneysel aşamaları Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Genetik ve Biyokimya Laboratuvarında icra edilmiştir. Çalışmada hem kimyasal maddelerin hem de balık örneklerinin tartımında hassas terazi (Metler Toledo™), solüsyonların hazırlanmasında çalkalayıcı (Velp Are™), inkübasyon amaçlı olarak etüv (Memmert INB 500), lamlara kromozom yayılımlarında ısıtıcı tabla (hotplate; Termal™), kromozom incelemelerinde ve dijital mikrofotograf çekiminde trinoküler faz kontrast (Nikon Eclipse 80i) ve fotoğraf makineli (Leica ICC50) binoküler araştırma mikroskopu (Leica DM500) kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Taksonomik Bulgular

Taksonomik açıdan yapılan incelemeler sonucunda elde edilen metrik ve meristik veriler Çizelge 4.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırmada örneklenen *Barbus tauricus*’lara ait bazı metrik (Şekil 3.3’e göre) ölçümlerin ortalamaları (mm) \pm Std. Sapma, \pm standart hata ve bazı meristik karakterler

Parametre No	Parametre	Ortalama	\pm Std. Sapma	\pm Std. Hata	Ölçüm aralığı
1	Toplam boy	123,08	22,33	4,56	95-170
2	Çatal boy	112,71	21,17	4,32	85-154
3	Standart boy	102,71	19,39	3,96	75-139
4	Predorsal uzunluk	54,13	10,90	2,22	38-77
5	Baş uzunluğu	27,79	5,16	1,05	21-38
6	Dorsal yüzgeç uzunluğu	20,88	3,20	0,65	16-27
7	Dorsal yüzgeç kaidesi genişliği	14,29	2,52	0,52	11-21
8	Burun Uzunluğu	11,88	3,11	0,64	8-18
9	Göz Çapı	5,21	0,64	0,13	4-7
10	Postorbital uzunluk	12,15	2,54	0,52	9-18
11	Postdorsal mesafe	35,29	7,07	1,44	26-54
12	Dorsal baş uzunluğu	24,25	4,32	0,88	19-34
13	Pektoral yüzgeç uzunluğu	17,00	6,11	1,25	14-25
14	Prepelvik Mesafe	56,54	10,95	2,23	42-77
15	Pelvik yüzgeç uzunluğu	16,00	4,32	0,88	12-23
16	Anal yüzgeç uzunluğu	16,81	6,70	1,37	11,5-28
17	Anal yüzgeç kaidesi uzunluğu	8,33	2,39	0,49	5-15
18	Postanal mesafe	16,63	3,43	0,70	11-23
19	Preanal mesafe	78,83	14,68	3,00	58-105
20	Kuyruk sapı kalınlığı	11,15	2,26	0,46	9-18
21	Vücut Yüksekliği	20,83	4,26	0,87	16-32
22	Vücut genişliği	15,13	2,92	0,60	12-23
23	Gözler arası mesafe	8,56	1,60	0,33	6-12
24	Anterior Bıyık uzunluğu	6,92	1,08	0,22	5-9
25	Posterior Bıyık uzunluğu	7,92	1,15	0,24	6-10
	D (Dorsal Yüzgeç Işın Sayısı)				(I) 7-8
	P (Pektoral Yüzgeç Işın Sayısı)				(I) 9-11
	V (Pelvik Yüzgeç Işın Sayısı)				(I) 8
	A (Anal Yüzgeç Işın Sayısı)				(I) 4-7
	LL (Linea lateral pul sayısı)				51-57

Karyolojik Bulgular

Yapılan çalışmada *B. tauricus* Kessler, 1778'in diploit kromozomlarının elde edilmesi için metot kısmında belirtilen yöntemler uygulanmıştır.

Kromozom analizini kolaylaştırmak için yapılan **kolçisinen** jeksiyonundan sonra, 6 saat bekleme süresinin en iyi sonuç verdiği, bu süre arttırıldığında kromozom kollarının çok fazla kısaldığı ve analizlerinin zorlaştığı gözlenmiştir.

Balıkların kromozom analizlerini yapmak için balığın rejenerasyon yeteneği fazla olan solungaç epitelyum hücrelerinden yapılan preparatlarda çok sayıda metafaz alanı elde edilmiştir.

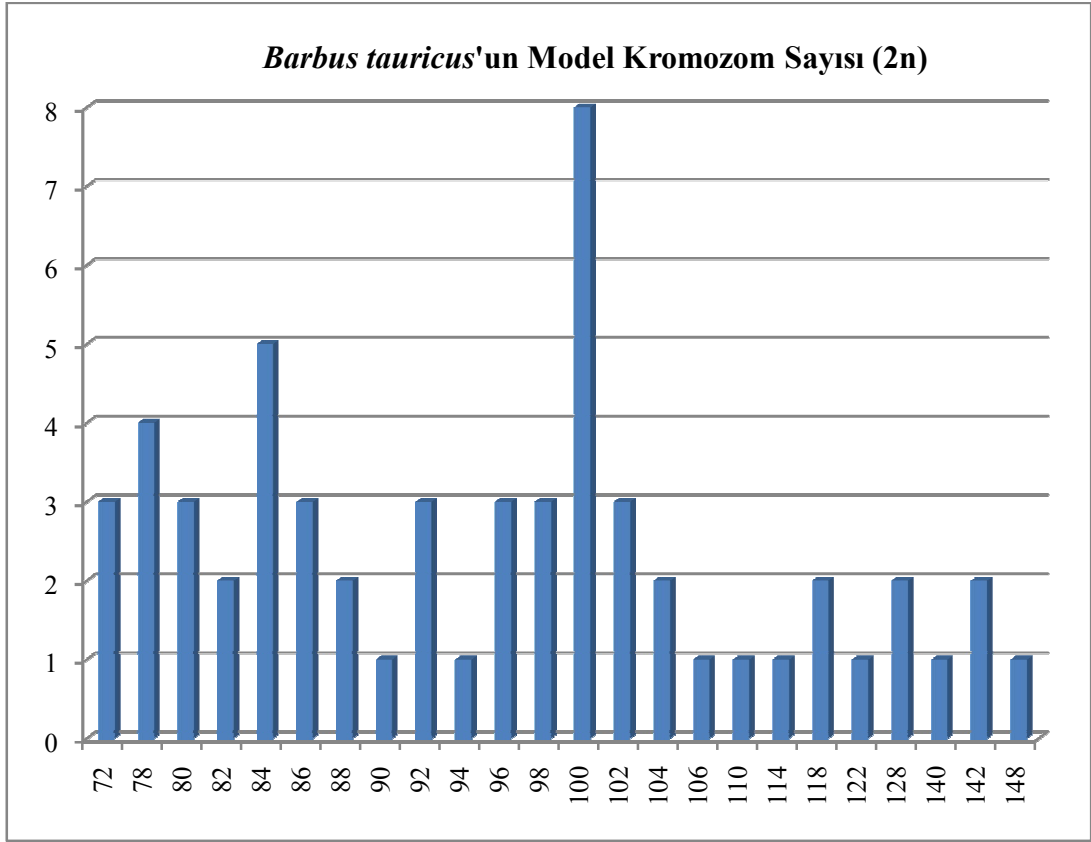
KCl çözeltisi ile muamelede bekleme süresi 45' olarak tespit edilmiştir. Oda sıcaklığında 30-35' da hücrelerin şişmediği, 45-50' sonunda ise hücrelerin patladığı gözlemlenmiştir.

Fiksatif olarak seçilen metanol ve glacial asetik asitin işlem sırasında taze olarak hazırlanıp soğuk olarak kullanılması sonucunda daha güzel preparatlar elde edilmiştir.

Materyalin lam üzerine alınması sırasında damlatma mesafesinin önemli olduğu gözlenmiştir. Bu mesafe çok yakın olduğu takdirde hücrelerin patlamadığı ve metafaz kromozomlarının hücre içinde kaldığı, mesafe arttırıldığında ise kromozomların çok fazla dağıldığı ve 2n kromozom sayısının çok üstünde alanlar tespit edilmiştir.

Kromozom model sayısını tespit etmek için fotoğraf makineli Leica DM 500 araştırma mikroskopu ile 1000'e yakın metafazın dijital mikrofotografı çekilmiştir. Model diploit sayının bunları içerisinde en iyi dağılmış ve sayılabilen metafazlar ($\sum f_n = 58$) arasından en fazla frekansta **2n=100** olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.2). Buna göre elde edilen uygun metafaz sitesinden MicroMeasure© programı vasıtasıyla nispi boyları ölçülmüştür. Nispi olarak sentromere göre n haploit sayıda kromozomların kol (p kısa kol, q uzun kol) uzunlukları ve bunların oranlarına göre (Çizelge 4.3) ideogram çizilmiştir (Şekil 4.1), kromozom tipleri Levan ve ark.'nın (1964) belirlediği ve sitogenetikçilerin kabul ettiği nomenklatür değerlerinden tespit edilmiştir.

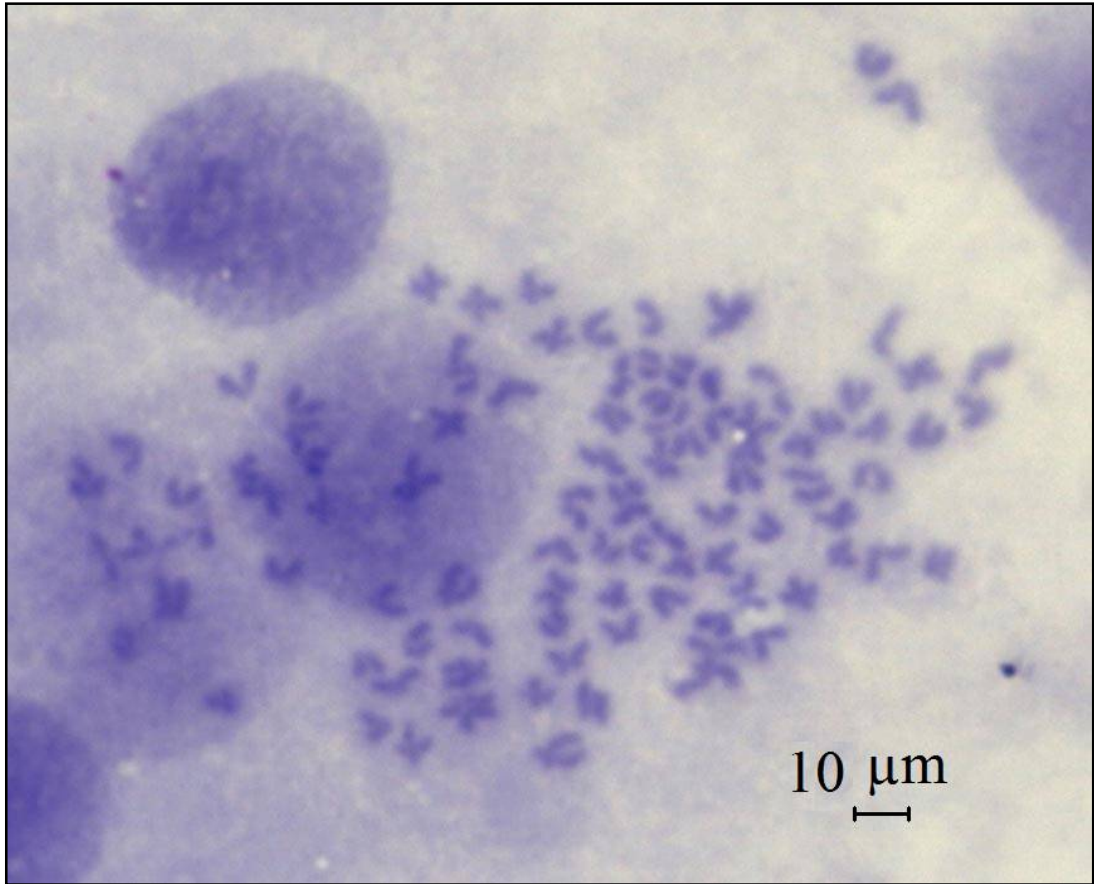
Çizelge 4.2. *B. tauricus*'a ait kromozom sayısı frekans tablosu ($\sum f_n=58, \sim\%14, 2n=100$)



Elde edilen verilere göre (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3) *Barbus tauricus*'un karyotipi **6 metasentrik, 24 submetasentrik, 38 subtelosentrik ve 32 akrosentrik kromozoma** sahip olduğu belirlenmiştir. **Kromozom kol sayısı=NF değeri** (Denklem 2.1) metasentrik ve submetasentrik kromozomları çift olmak üzere subtelosentrik ve akrosentrik kromozomlarda tek sayılmış olup sonuçta NF=130 olduğu saptanmıştır.

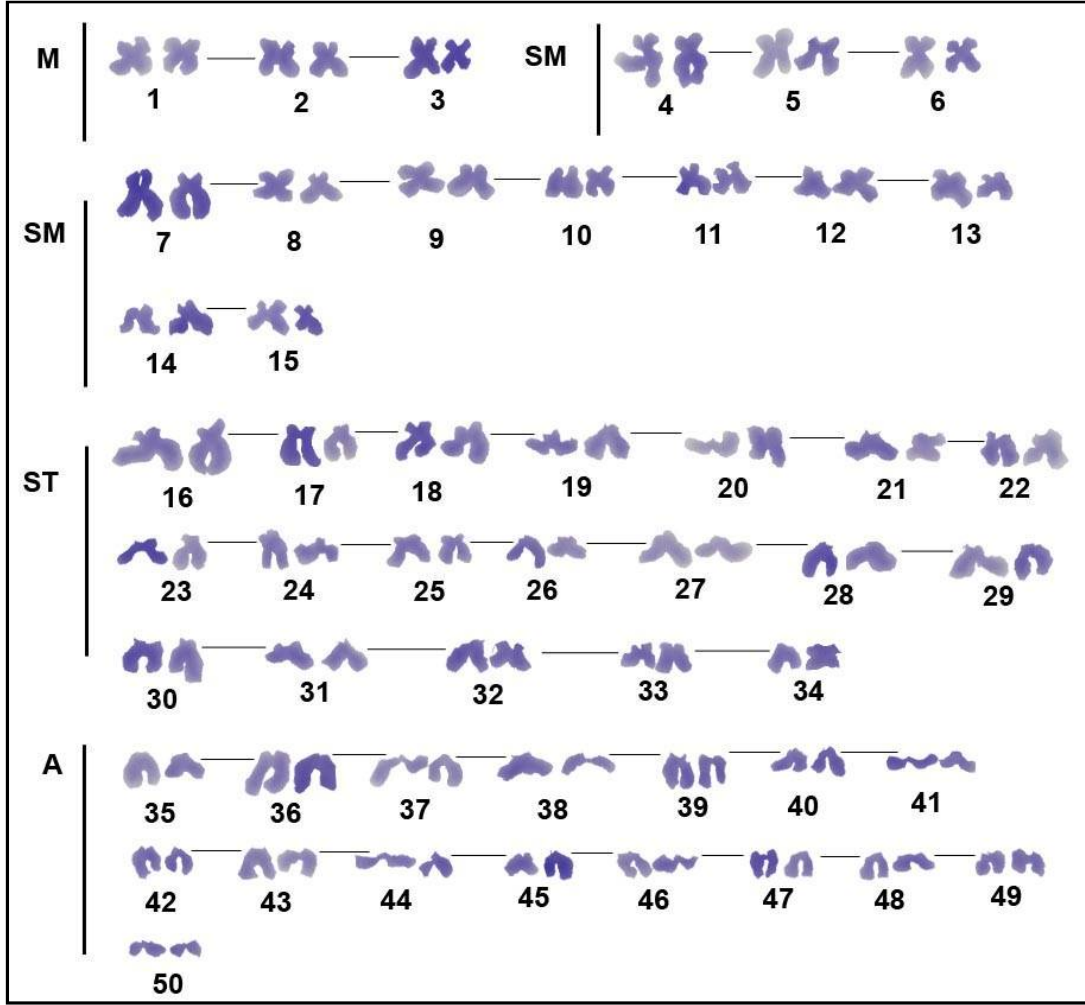
Kromozom sayısının tespitinde elde edilen model sayıya yakın sayılar da görülmüştür. Genelde bu tür sapmaların olması *in vivo* yöntemlerin balık örneklerinin elde edilmesinden mikroskop muayenesine kadar her aşamasında birçok sebebe bağlanmaktadır (Denton, 1973; Oellermann, 1988; Naran, 1997): *Mitostatik Muamale*; Kolçisin enjeksiyonu öncesi mitoz hızlandırıcının uygulanıp uygulanmaması, sonrasında inkübasyon süresi, enjektörde oranı ve miktarı. *Diseksiyon*; alınan dokular (solungaç, yüzgeç vd.), *Hipotonizasyon*; hipotonik etken maddesi, oranı ve muamele süresi, *Fiksasyon*; fiksatifin soğuk/sıcak olması, uygulama şekli (santrifüjle veya santrifüjsüz) süresi ve/veya tekrarı, saklama koşulları (+4°C),

Preparasyon; kromozom yayma esnasında dokuların ezilmesi ve süresi, damlatma yüksekliği, lamaların soğuk/sıcak olması, preparatların kurutma şekline, *Boyama* veya *Bantlama*; boya solüsyonunun hazırlandığı tampon çözeltinin içeriği, pH'sına ve boyama süresine kadar birçok aşamada oluşabilecek endikasyonlara bağlıdır. Bunları bertaraf etmek amacıyla ön denemeler yapılarak, belli sayıda balık örneği ve farklı doku örnekleri alınabilir ve preparatlardan çok sayıda hazırlanabilir. Her sitogenetik çalışmada rutin olarak rastlanan bu durum bu tez araştırmasında da tespit edilmiştir (Çizelge 4.2. ve Şekil 4.3).



Şekil 4.1. *B. tauricus*'a ait metafaz plağı, Bar-10 μ

Araştırmada 24 örnek alınmış ve bunlardan solungaç ve yüzgeçlerden materyal ve yöntem bölümünde anlatıldığı gibi preparasyon yapılmıştır. Elde edilen diploit sayılar $2n=72-148$ arasında değişmiştir (Şekil 4.4). İncelenen 300'ü aşkın preparattan fotoğrafları çekilen 1000'e yakın metafazda kromozomların sayılabilenlerinde bu aralık (12-182) daha da açılmaktadır.



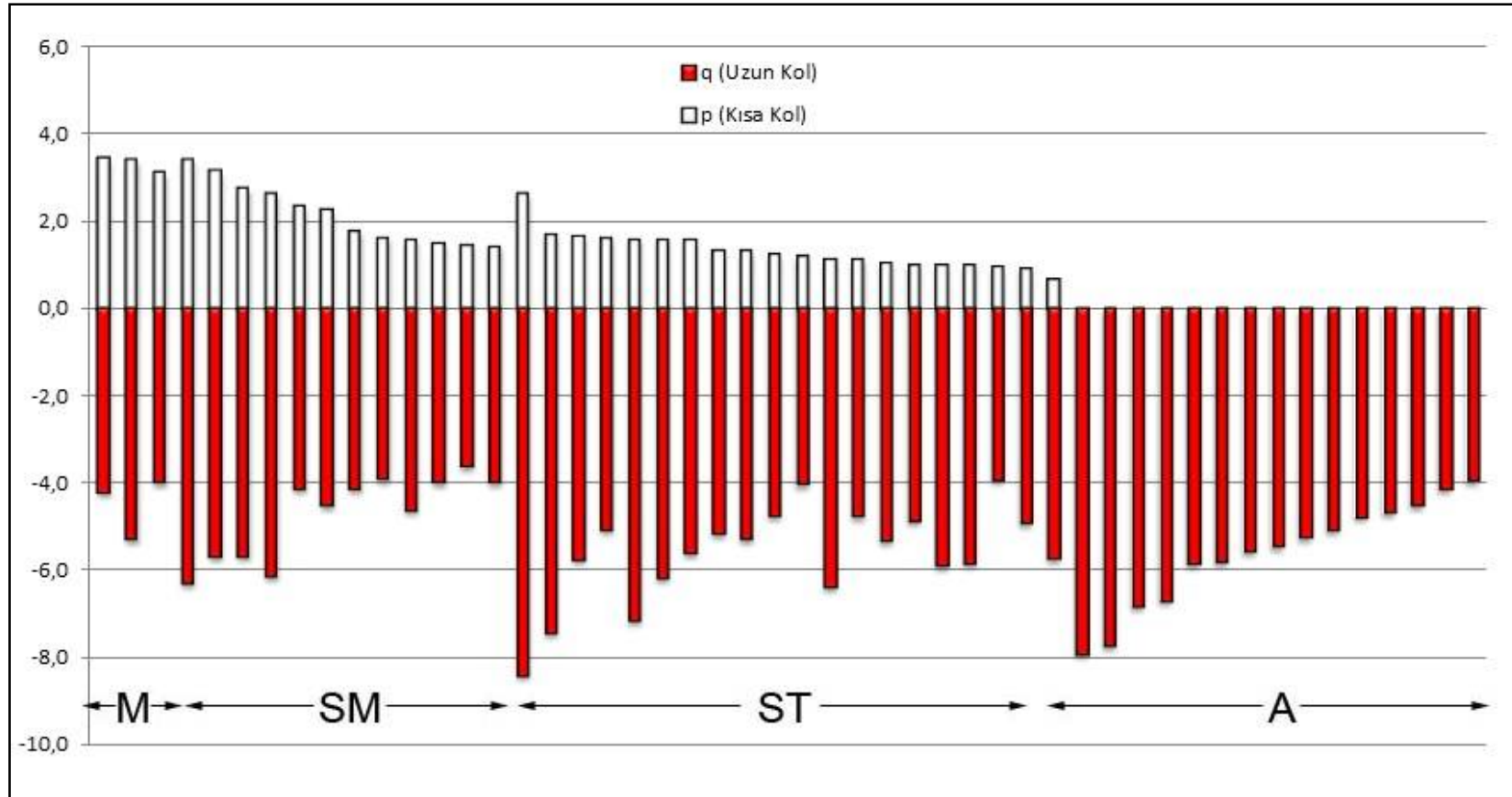
Şekil 4.2. *B. tauricus*'a ait model kromozom tipi ve sayısını ($2n=100$) gösteren karyogram

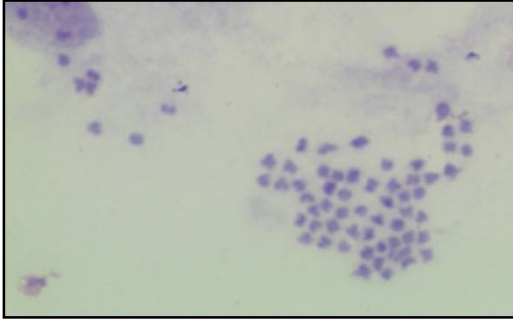
Şekil 4.1. ve 4.2'de *B. tauricus*'un model kromozom sayısına sahip metafaz örneği ve Çizelge 4.3'den faydalanarak Photoshop® resim programında kromozom sınıflarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak (Metasentrik: m, Submetasentrik: sm, Subtelosentrik: st ve Akrosentrik: a) karyogram hazırlanmıştır. Daha sonra yine çizelge 4.3'deki nispi kromozom boylarına göre Microsoft Excel® programıyla yapılan grafiklerinden faydalanarak haploit sayıda kromozomların boy sıralamasının gösterildiği ideogram hazırlanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. *B. tauricus*'a ait n sayıdaki kromozomların nispi uzunlukları (μ), toplam uzunluk (μ), kol oranı (q/p) ve sınıflandırılması

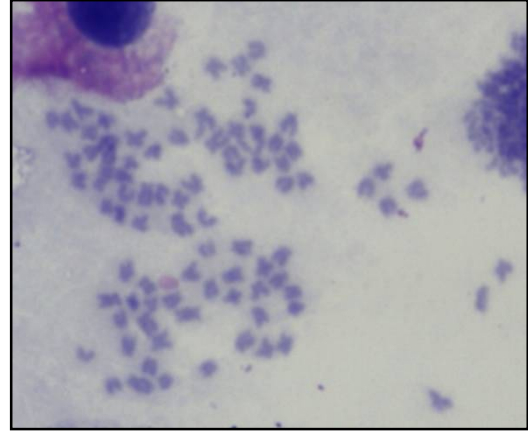
Kromozom Çifti	Nispi Uzunluk		Toplam Uzunluk p+q	Kol Oranı q/p	Kromozom Tipi	Kromozom Çifti	Nispi Uzunluk		Toplam Uzunluk p+q	Kol Oranı q/p	Kromozom Tipi
	Kısa Kol p	Uzun Kol q					Kısa Kol p	Uzun Kol q			
1	3,5	4,2	7,7	1,2	M	26	1,2	4,0	5,3	3,3	ST
2	3,4	5,3	8,7	1,6	M	27	1,1	6,4	7,5	5,7	ST
3	3,1	4,0	7,1	1,3	M	28	1,1	4,8	5,9	4,2	ST
4	3,4	6,3	9,7	1,8	SM	29	1,1	5,3	6,4	5,0	ST
5	3,2	5,7	8,8	1,8	SM	30	1,0	4,9	5,9	4,8	ST
6	2,8	5,7	8,4	2,1	SM	31	1,0	5,9	6,9	5,9	ST
7	2,7	6,1	8,8	2,3	SM	32	1,0	5,8	6,8	5,8	ST
8	2,4	4,1	6,5	1,8	SM	33	1,0	3,9	4,9	4,1	ST
9	2,3	4,5	6,8	2,0	SM	34	0,9	4,9	5,9	5,3	ST
10	1,8	4,1	5,9	2,3	SM	35	0,7	5,7	6,4	8,5	A
11	1,6	3,9	5,6	2,4	SM	36	0,0	7,9	7,9	∞	A
12	1,6	4,6	6,2	2,9	SM	37	0,0	7,7	7,7	∞	A
13	1,5	4,0	5,5	2,7	SM	38	0,0	6,8	6,8	∞	A
14	1,5	3,6	5,1	2,4	SM	39	0,0	6,7	6,7	∞	A
15	1,4	4,0	5,4	2,8	SM	40	0,0	5,9	5,9	∞	A
16	2,6	8,4	11,0	3,2	ST	41	0,0	5,8	5,8	∞	A
17	1,7	7,4	9,2	4,3	ST	42	0,0	5,6	5,6	∞	A
18	1,7	5,8	7,4	3,4	ST	43	0,0	5,5	6,5	∞	A
19	1,6	5,1	6,7	3,1	ST	44	0,0	5,3	5,3	∞	A
20	1,6	7,2	8,8	4,5	ST	45	0,0	5,1	5,1	∞	A
21	1,6	6,2	7,8	3,9	ST	46	0,0	4,8	4,8	∞	A
22	1,6	5,6	7,2	3,5	ST	47	0,0	4,7	4,7	∞	A
23	1,3	5,2	6,5	3,8	ST	48	0,0	4,5	4,5	∞	A
24	1,3	5,3	6,6	4,0	ST	49	0,0	4,1	4,1	∞	A
25	1,2	4,8	6,0	3,8	ST	50	0,0	3,9	3,9	∞	A

Çizelge 4.4.B. *tauricus*'un haploit (n=50) kromozom setine göre ideogramı

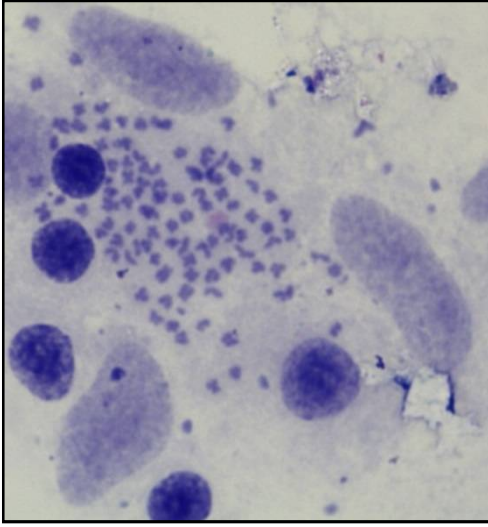




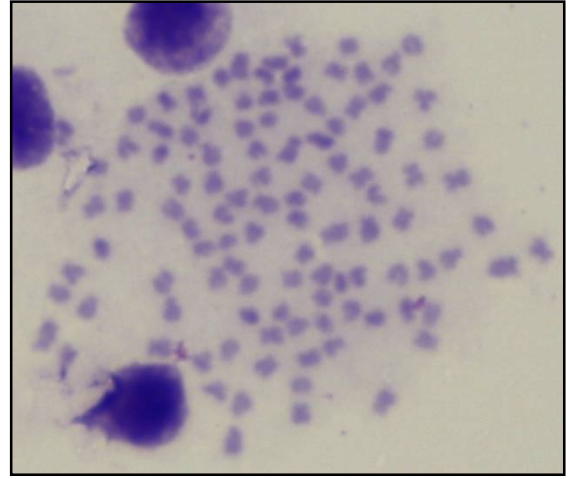
2n=68



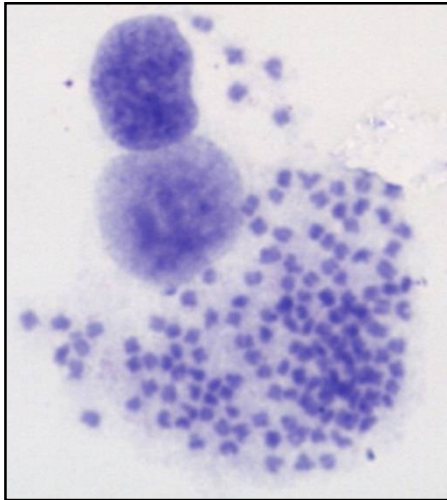
2n=84



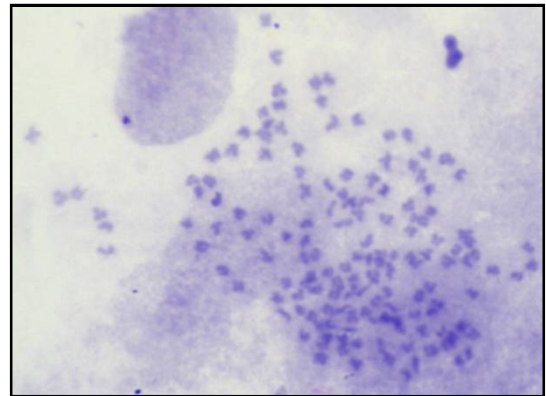
2n=96



2n=104



2n=128



2n=140

Şekil 4.3. *B. tauricus*'a ait preparatlardan elde edilen model kromozom sayısından ($2n=100$) farklı sayıdaki metafazlar

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada 24 Bıyıklı Balık, *Barbus tauricus* örneği Ilıca (Fatsa/Ordu) Irmağından çeşitli av araçlarıyla örneklenmiştir. Karyolojik sonuçlara göre *B. tauricus*'un diploit kromozom sayısı $2n=100$ olduğu fakat bazı örneklerden elde edilen kromozom sayıları çizelge 4.2'de gösterildiği gibi 72'den 148'e (Şekil 4.4.'te örnekleri gösterilen 58 iyi durumdaki metafaza plağına göre) kadar değiştiği bunun da deney basamaklarındaki uygulamalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Metodolojik bakımdan;

Balık örneği bakımından sitolojik çalışmalarda genellikle 5-15 veya 20-25 arasında örnek üzerinde çalışma yapılmaktadır (Çizelge 5.1). Bazen örnekleme yapılırken nadir türlerin olması bu sayıyı çok daha düşürmeye mecbur kılmaktadır. Örneğin, her türden 2 ile 4 örnek arasında (Ráb, 1981; Suzuki ve Taki, 1986; Guegan ve ark., 1995), 5 örnek (Balasem ve ark., 1994), 9-13 örnek (Naran, 1997), 16 örnek (Ergene ve ark., 1998; Geng ve ark., 2013), 4-37 örnek (Collares-Pereira ve Madeira, 1990) karyolojik çalışmalarda kullanılmıştır. Bu araştırmada daha fazla kromozomal veri alınması bakımından 24 örnek kullanılmıştır. Bu 24 örnekten de sadece iyi metafaz bulunması açısından 15'inde başarı sağlanmıştır.

Bazı araştırmalarda kolçisin muamelesinden önce mitotik aktiviteyi tetiklemek veya hızlandırmak için çeşitli uyarıcılar enjekte edilmiş ve de karyolojik inceleme için uygun metafaz sayısının arttırılabildiği gözlenmiştir. Bunlara, en çok kullanılan mitozu hızlandırdığı bilinen kolçisinden 18 veya 48 saat önce hamur mayası enjeksiyonu uygulaması (Naran, 1997; Naran ve ark., 2006; Nirchio ve ark., 2013) ve kolçisinden 12-24 saat önce tek doz veya 2 doz şeklinde PHA enjeksiyonu (Kalbassi ve ark., 2006; Nasri ve ark., 2010; Ganai ve Yousuf, 2011; Geng ve ark., 2013) örnek olarak verilebilir. Bir araştırmada ön muamele olarak 24 saat önce örneklere % 0,1 $CoCl_2$ enjeksiyonu (1ml $CoCl_2/100g$ VA) yapılmıştır (Knytl ve ark., 2013). Bu muameleler yaygın olarak kullanılmadığı için çalışmada bu şekilde bir uygulama yapılmamıştır.

Araştırmada olduğu gibi *in vivo* olarak yapılan çalışmalarda mitotik inhibitör olarak kolçisin kullanılmıştır (Suzuki ve Taki, 1986; Collares-Pereira ve Madeira, 1990; Guegan ve ark., 1995; Naran, 1997; Ergene ve ark., 1998, Kaya, 2009; Luca ve

ark.,2010; Geng ve ark., 2013; Gaffaroğlu ve ark., 2013). Bazı araştırmacılar da özellikle memelilerde yaygın olarak uygulanan diğer bir mitostatik olan kolsemiti de (1 ml %0.1 kolsemid \times 50g VA, 2 saat inkübasyon; Ráb, 1981) kullanmaktadır. Bu çalışmada büyük balıklara genellikle enjeksiyon şeklinde çok çeşitli oranlarda-inkübasyon sürelerinde uygulamalar vardır. Örneğin 10 g VA %0.006'lık solüsyon 3.5-4 saat (Ergene ve ark., 1998), 1 μ g kolçisin/g VA 3 saat (Geng ve ark., 2013), 6 saat %0.05-0.005 kolçisin g VA (Saygun, 2005; Bencsik ve ark., 2011), 25 μ g-50 μ g/g VA kolçisin enjekte edilip 7 saat beklenmiştir (Nasri ve ark., 2010; Ganai ve Yousuf, 2011). Örneklere kolçisin muamelesi bu tez çalışmasına başlanmadan önce türe özel olarak oran, dozaj ve inkübasyon süresinin standardizasyonu için birçok defa ön deneme yapılmıştır. Buna göre bu araştırmada Denton, (1973), Kligerman ve Bloom, (1977) ve Pisano ve ark.'nın (2007) belirttiği yöntemler bazı değişikliklerle balıklara uygulanmıştır: Örneklerin her 20g ağırlığına % 0,1'lik kolçisinden 1 ml kadar insülin enjektörle balığın intraperitoneal veya intramuskular bölgesinden organlara zarar vermeksizin enjeksiyon yapılmıştır ve 6 saat bol havalandırmalı akvaryumda bekletilmiştir. Bu çalışmaya benzer uygulama olarak 100g balık ağırlığına 0.5 ml %0.5 kolçisin enjeksiyonundan 3 saat sonra da sakrifikasyon yapılarak alınan dokulardan preparat hazırlanabileceği bildirilmiştir (Guegan ve ark., 1995).

Mitotik inhibitör uygulamasından belli bir süre geçtikten sonra balıkların buzla sersemletildikten sonra diseksiyonu ve tam mortalite sağlandıktan hemen sonra makas ve pensler vasıtasıyla solungaç ve yüzgeçlerinden doku parçaları alınmıştır. Birçok direkt yöntem (*in vivo*) uygulanan araştırmada kromozom elde edilen doku tipinde çok farklılıklar görölmektedir. Bazı araştırmalarda hem solungaçlar hem de böbrek dokusu çalışılmış (Suzuki ve Taki, 1986; Ergene ve ark., 1998; Gorshkova ve ark., 2002; Vasilyan ve ark., 2009; Kaya, 2009; Geng ve ark., 2013), çoğunluğunda böbrek dokusu kullanılmıştır (Ráb, 1981; Guegan ve ark., 1995; Naran, 1997; Luca ve ark., 2010; Gaffaroğlu ve ark., 2013). Ráb, (1981), ayrıca böbrek dokularını HBSS'de, Geng ve ark., (2013), %0.65'lik tuz solüsyonunda parçalamış ve sonrasında santrifüj yapmışlardır.

Kolçisin muamelesinden sonraki önemli adım da dokularda metafaz safhasında durdurulan hücrelerin çekirdeğini hidrolize ederek patlatacak olan hipotonik muamelesidir. Araştırmacılar bu amaçla genelde tuzlu bileşikler kullanmışlardır.

Çoğunlukla KCl'nin 0.075 M ve % 0.56 gibi değişik oranlarda kullanmışlardır. Bazı araştırmalarda dokuya bağlı olarak böbrek dokusu için hipotonik olarak % 4 NaCl'de (Naran ve ark., 2006), emriyolarda % 0.7 NaCl'de (Bencsik ve ark., 2011) çözeltisi 30' lık muamele şeklinde uygulanmıştır. Diğer farklı bir çözelti de Sodyum Sitrat olup %1 oranda kullanılmıştır (Nasri ve ark., 2010; Ganai ve Yousuf, 2011). Oranlar kadar muamele süresi de çok önemli olmakla birlikte bu çalışmada olduğu gibi KCl genellikle 40-45' olarak uygulanmakla (Collares-Pereira ve Madeira, 1990; Guegan ve ark., 1995; Ergene ve ark., 1998; Saygun, 2005; Geng ve ark., 2013) birlikte 15' (Ráb 1981), 20' (Balasem ve ark., 1994, Luca ve ark., 2010) gibi sürelerde uygulanmıştır. Bununla birlikte doku hücresi süspansiyonu KCl'de 10'1000-2000 devirde santrifüj yapılarak hipotonizasyon da yapılmaktadır (Naran, 1997; Kaya, 2009; Ganai ve Yousuf, 2011). Bir araştırma da ise böbrek dokuları %1'lik Sitrat çözeltisinde 3 saat hipotonize işlemi yapılmıştır (Vujošević ve ark., 1983).

Sitogenetik çalışmalarında fiksasyon doku preparasyonunda en son uygulanan işlem olup süre ve uygulama tekrarında dikkatli olunmalıdır. Fiksatif olarak çoğunlukla Carnoy solüsyonu yani 3:1 oranında Metanol:Asetik Asit karışımı kullanılır (Denton, 1973; Ráb, 1981; Vujošević ve ark., 1983; Guegan ve ark., 1995; Naran, 1997). Genellikle de muameleden hemen önce taze olarak ve soğuk hazırlanı. Bu nedenle metanol buzdolabında saklanır. Bu işlem tezde olduğu gibi 30'lık aralıklarla 3 defa direkt olarak bekletme şeklinde uygulanır (Saygun, 2005). Bazen de uygulama doku hücre solüsyonu üzerine 5-7 ml soğuk fiksatifin 3 defa 800-2000 devir arasında 10' lık santrifüjlemeden (Naran, 1997) sonra süpernatant atılarak hücre peleti dolapta minimum 1 ay (Kligerman ve Bloom, 1977) saklanabilir.

Çizelge 5.1. Barbinae alt familyası türleri üzerinde yapılan bazı sitogenetik çalışmalarında kullanılmış olan metotlar

Yapılan Çalışmalar	Tür(ler)	Örnek Sayısı ve Yeri	Kolçisin Muamelesi	Hipotonik Muamelesi	Fiksatif Muamelesi	Preparasyon ve Giemsa vd. Boyama Yöntemleri
Ráb (1981)	<i>Barbus bariloides</i> B. <i>holotaenia</i>	3'er örnek	1ml/50g VA (vücut ağırlığı) kolsemid enjeksiyonu ve 2 saat inkübasyon yapılmış	Böbrek dokusu çıkarılmış HBSS'de parçalandıktan sonra 0.075 M KCl'de 15' hipotonize edilmiş	3:1 Carnoy fiksatif ile fikse edilmiş	%10 pH 6.8 Giemsa ile boyama yapılmış
Collares-Pereira ve Madeira (1990)	<i>Barbus bocagei</i> , B. <i>sclateri</i> , B. <i>steindachneri</i> , B. <i>microcephalus</i> , B. <i>comiza</i>	4'le 37 arası örnek, İberya	0.05-0.08cc %0.1'lik Kolçisin dorsalden enjekte edilmiş. Örnekler 2 saat bekletilmiş	0.075 M KCl ile 45' muamele edilmiş	Asetik asit:alkol (1:3)	Havada Kurutma yöntemi, Giemsa boyama yapılmış
Balaseem ve ark. (1994)	<i>Barbus sharpeyi</i>	5 örnek	0.01ml/g VA enjeksiyondan sonra 4-6 saat inkübasyon yapılmış	0.075M KCl 20' muamele edilir		Giemsa boyama yapılmış
Guegan ve ark. (1995)	<i>Barbus bynni</i> <i>occidentalis</i> , <i>B. petitjeani</i> , <i>B. wurtzi</i>	2-4 örnek arası, Guyana	100g balık ağırlığına 0.5 ml %0.5 kolçisin intraperitona enjeksiyonundan 3 saat sonra sakrifikasyon yapılmış	%0.56 KCl solüsyonunda 45' bekletilmiş	1000rpm'de Asetik asit:alkol (1:3) 10' 5 defa santrifüj edilmiş	%5 Giemsa Boyama yapılmış
Naran (1997)	16 <i>Barbus</i> ve 6 <i>Pseudobarbus</i> türü	9-13 örnek Güney Afrika	Ön muameleden sonra Balıklara %0.01 kolçisin 0.1 ml/g VA olacak şekilde enjeksiyon yapıldıktan sonra 1.5 -2 saat bekletilmiş	30' KCl (%0.4) hipotonize edilmiş, büyük parçalar ilk on dakika iyice parçalanmış, sonra hücre süspansiyonu 10' 1000 devirde santrifüj yapılmış ve Süpernatant atılmış	800 rpm de 5' Carnoy fiksatifinde fikse edilmiş, bu işlem 2 kez daha tekrar edilmiş. Son kalan hücre peleti taze fiksatifle sulandırılmış.	%4-6 soğuk Giemsa solüsyonunda 5' boyanmış.

Çizelge 5.1. Barbinae alt familyası türleri üzerinde yapılan bazı sitogenetik çalışmalarında kullanılmış olan metotlar (*devamı*)

Yapılan Çalışmalar	Tür(ler)	Örnek Sayısı ve Yeri	Kolçisin Muamelesi	Hipotonik Muamelesi	Fiksatif Muamelesi	Preparasyon ve Giemsa vd. Boyama Yöntemleri
Ergene ve ark. (1998)	<i>Barbus plebejus lacerta</i>	16 örnek Serçeme ve Madrek Dereleri	0.006mg/1ml/10g VA enjeksiyondan 3.5-4 saat sonra solungaç ve böbrek dokuları çıkarılmış	Dokular 0.075 M KCl'de 35-40' bekletilmiş		%8 Giemsa'da 35' boyanmış
Kaya (2009)	<i>Barbus capito, Carasobarbus luteus</i>	Göksu Nehri	PHA ön Muamelesinden sonra 10 gram ağırlık için % 0.06'lık kolçisin enjekte edilmiş (2.5-4.5 saat)	Böbrek, solungaç dokuları KCl'de 10' 2000 rpm de santrifüj edilmiş	Hücre peleti Carnoy fiksatif ile 3 defa 10' 2000 rpm de santrifüj edilmiş.	Hücrelerin yayma işleminden hava da kurutmadan sonra %5 Sorenson tamponuyla hazırlanmış Giemsa ile 15-20' boyama yapılmıştır
Luca ve ark. (2010)	<i>Barbus barbus</i>	Tuna Nehri Romanya	%0,1 kolçisin 0.02 ml/g VA olacak şekilde enjekte edilir. 3 saat beklenmiş ve sonrasında diseksiyonla ön böbrek dokusu alınmış	0,75 M KCl de 20' beklenmiş	Taze Carnoy fiksatif ile 40' fikse edilmiş	%4'lük Giemsa ile 5' boyanmış
Geng ve ark. (2013)	<i>Barbus capito</i>	16 Örnek Çin	1µg/g VA (vücut ağırlığı) 3 saat inkübasyon, Solungaçları ve ön böbrek çıkarılmış	%0,65 tuz solüsyonunda küçük parçalara ayrılmış ve santrifüj edilmiş, hücreler 0.075 M KCl'de 37°C'de 30' hipotonize edilmiş	Soğuk Carnoy fiksatif ile 45' fiske edilmiş	Doku hücreleri lamlara yayılır ve 1 gece bekletilmiş ve %10 Giemsa ile 30' boyanmış.
Bu çalışmada (2015)	<i>Barbus tauricus</i>	24 Örnek Ilica Irmağı-Fatsa	Örneklerin her 20g ağırlığına % 0,1'lik kolçisinden 1 ml kadar insülin enjektörle balığın intraperitoneal veya intramuskular bölgesinden organlara zarar vermeksizin enjeksiyon yapılmıştır ve 6 saat bol havalandırmalı akvaryumda bekletilmiştir	Solungaç ve yüzgeç dokusu çıkartıldıktan sonra petri kaplarında % 0.4'lük KCl'de 30-40' arasında bekletilmiştir	Doku hücreleri Carnoy fiksatifinde 30' bekletilmiş ve 3-4 kez bu işlem tekrarlanmıştır	Bir miktar hücre süspansiyonu mikrohematokrit pipeti (kılcal pipet) ile 40-50 °C'ye kadar ısıtılmış lamlara damlatılmıştır. Kuruyan preparatlar % 5 Giemsa (pH 6.8) solüsyonu ile 15' boyanmıştır.

Bu tez çalışmasında dolapta +4°C'de 9-12 aylık ve daha fazla sürelerdeki fiksatifte duran dokulardan başarılı metafazlar elde edilmiştir. Bazı araştırmalarda tek seferde yine Carnoy fiksatifi ile 40-45' (Luca ve ark., 2010; Geng ve ark., 2013) ve santrifüj olarak 3'den fazla tekrar en az 5 defa 10' fiksatifle muamele yapılabilmektedir (Guegan ve ark., 1995).

Geleneksel boyama yöntemi genellikle fosfat tamponlu Giemsa ile boyama günümüzde moleküler sitogenetik incelemeler dâhil birçok karyolojik araştırmada ilk olarak yapılan boyamadır. Bu çalışmada başarıyla uygulanmış olan %5 Sorenson tamponu veya PBS ile hazırlanmış 6.8 pH değerli Giemsa solüsyonuyla 20-30' boyanmıştır. Yine bu işlem de süre, tampon çözelti ve boya oranları değişmektedir: %10, pH 6.8 (Ráb, 1981); %5, 15-20' (Guegan ve ark., 1995; Kaya, 2009); %4-6 soğuk Giemsa solüsyonunda 5' (Naran, 1997; Luca ve ark., 2010); %8, 35' (Ergene ve ark., 1998); %10, 30' boyanmış (Geng ve ark., 2013) çalışmalar mevcuttur.

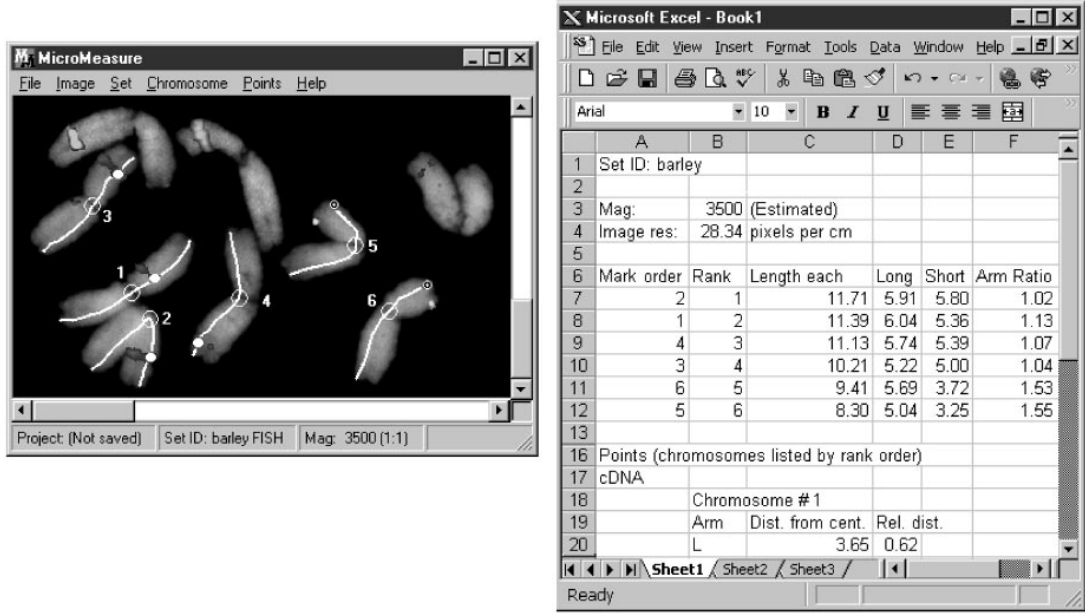
Kromozomların boylarının ölçümü ve sınıflandırılmasında önceleri elle mikroskopta görülen metafazların resimleri çizilerek karyotipler çıkarılıyordu. Daha sonraları fotomikrografik yöntemler gelişerek mikroskoplara bir şekilde fotoğraf makineleri takılıyor ve metafaz resimleri çekilebiliyordu. Sonrasında çekilen fotoğraflar mikrometrik cetvellerle ölçülüp, resimler doğrudan makasla kesilip homolog kromozomlar eşleştiriliyor ve karyogramlar hazırlanabiliyordu. Elektronikteki atılımlar ve bilgisayar teknolojisi geliştikten sonra artık kromozomlar dijital fotoğraf makineli trinoküler araştırma mikroskopları kullanılmaya başlandı. Kromozomların boylarının ölçülmesi, sıralanmasında ve ideogramların çizilmesinde resim analiz programları geliştirildi. Artık günümüzde insan kromozomları otomatik olarak boylama ve dizilim yapılabilir hale geldi. Fakat balık kromozomları küçük, sayıca fazla olması, türden türe hatta tür içinde bile morfolojik ve sayısal olarak değişmesi nedeniyle bu amaç için geliştirilmiş özel resim analiz programları yoktur. Ayrıca tek bir programla kromozom boyu ölçümü, sıralaması ve ideogram çizimi yapılamamaktadır. Bu amaçla geliştirilen programlar çoğunlukla memeliler için olmakla birlikte diğer hayvan ve bitkilerin kromozomları içinde kullanılabilenleri vardır.

Bu programlar gelişen sitogenetik tekniklerle (moleküler sitoloji, floresan boyama ve bantlamalar) birlikte mikroskop firmaları ile bağlantılı olarak büyük yatırımlar

yapılarak ticari olarak geliştirilmiştir. Özel olarak kromozom analiz programları yazılmaktadır. Bu özel yazılımlar da yüksek fiyatlarla ancak rutin olarak çalışan enstitü ve üniversite laboratuvarları, hatta özel laboratuvarlar tarafından satın alınmaktadır. Bunlara örnek olarak, ImagePro Plus®, Optimas®, BioView Cytogenetics Suite®, Ikaros®, Isis-Karyotyping Software®, Relosys Precise and Fast Automatic Relocation®, Beion Chromosome Auto Karyotyping Image System®, VideoTesT-Karyo®, CytoVision®, yerli yazılım olarak da BAB Bs Sitogenetik/ Karyotype® vd. verilebilir. Bu yazılımlar insan sitogenetiği için geliştirilmiştir. Hayvan ve bitki sitogenetikçileri için üniversiteler ve enstitüler tarafından geliştirilmektedir, çoğu ücretsiz olan yazılımlardır.

Balıklarda karyotiplemede kullanılabilen ücretsiz programlardan bazıları şu şekildedir: MicroMeasure, ImageJ, E-Ruler, NucType ve İdeoKar.

Bu programların ortak özelliği karyotipleme için kromozom ölçümleri manuel olarak yapılmakta ve ölçümlerin sonuçlarını çıkarmakta tek başına otomatik karyotipleme yapılamamaktadır. Yardımcı olarak Microsoft Excel ve bazı işlemlerde de Adobe Photoshop programlarına gereksinim duyulmaktadır. Araştırmada Kolorado Eyalet Üniversitesi (ABD) bilim adamları tarafından geliştirilen **MicroMeasure V3.3** yazılımı kullanılmıştır. Programın yazılımında yer alan Biyoloji bölümü öğretim üyesi Reeves'in (2001) bildirdiğine göre, bu sürümde bantlı kromozomların manuel olarak çok noktada bükümlerine rağmen çok basit olarak sentromerik noktasına göre p ve q kolları ölçülebilir, kaydedilebilir ve verileri Microsoft Excel ile büyütme oranına göre nispi uzunlukları otomatik olarak sıralayabilmektedir (Şekil 5.1). Bu programda FISH, CMA₃ benzeri floresan boyanmış kromozomlar üzerinde ökromatin ve heterokromatin bölgeler gösterilerek ölçümler yapılabilmektedir (Reeves, 2001). Bu program bitki ve hayvan sitogenetikçileri için geliştirilmiş fakat en son versiyonundan günümüze kadar bir gelişim göstermemiştir. Programın yeni sürümü çıkmadığından en son çıkan işletim sistemlerinde (Windows 7 64Bit, Windows 8) çalışmadığı için düşük versiyonlarda (Microsoft Windows 95, 98, 2000, Millenium Edition, NT 4.0, Windows Vista, Windows 7 32Bit,) kullanılabilceği görülmüştür.

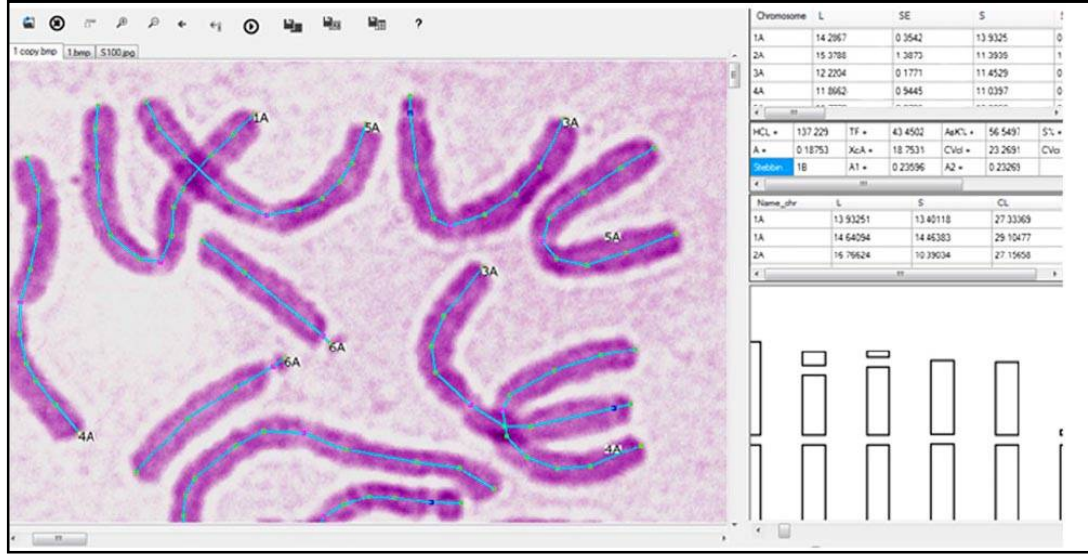


Şekil 5.1. MicroMeasure programı ile arpanın FISH ile boyalı $2n=8$ kromozom ölçümü ve ölçümden sonra verilerin aktarıldığı Microsoft Excel® dosyası görünümü (Reeves, 2001)

Bu programla diğerlerini karşılaştırmak gerekirse özellikle balık kromozomlarında da kullanılmış olan **E-Ruler** programının metafaz kromozomlarının morfolojik yapısından kaynaklanan bükülme noktalarının Adobe Photoshop® gibi doğrusal ölçüm yapabilen programlara göre çok rahatlıkla yapılabileceğini belirtilmektedir. Bilgisayarda rahatlıkla kullanıcı tarafından çok noktada bükülmeleri olan kromozomların kısa ve uzun kolları ve tam boylarının kesin ve doğru olarak ölçümünde kullanılabilmesi bildirilmiştir (Geng ve ark., 2013). Sadece Çince sürümü olması nedeniyle bu çalışmada programla deneme yapma imkânı bulunamamıştır. **ImageJ** programı da aynı mantıkla kromozomların kıvrımlarına göre çok noktalı ölçümler sonucunda kromozom boyları ve ölçüm sonuçları Microsoft Excel'e otomatik olarak atılabilmektedir (Ferreria ve Rasband, 2012). **NucType** Çin menşeli bir "free software" tipinde Version1.5'i olan bir karyotipleme programıdır. Yine diğer programlar gibi elle kromozomu ölçmeye ve gruplandırmaya yarayan kullanışlı bir programdır (Yu ve ark., 2008).

İdeoKar yeni bir program olmakla birlikte MicroMeasure yazılımına benzer bir şekilde sentromerik pozisyona göre Microsoft Excel'de büyükten küçüğe aynı ekranda sıralaması ve ideogram çizimi de yapılabilmektedir (Şekil 5.2). Bu programın MikroMeasure'e göre resim üzerindeki gerçek uzaklığın mikron olarak

ayarlaması yapılabilmekte, tek bir tuşla ölçüm sonuçlarının Excel'e aktarılması tek ekranda gösterilirken otomatik olarak ideogramın da çizildiği aynı ekrandan görülebilmesi, ayrıca en son işletim sistemlerinde (Windows 7 ve 8) kullanımının olması avantajları arasında olduğu belirtilmektedir (Mirzaghaderi ve Marzangi, 2015). Bu program üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Balık sitogenetikçileri tarafından kullanıldıkça yaygınlaşabileceği düşünülmektedir.



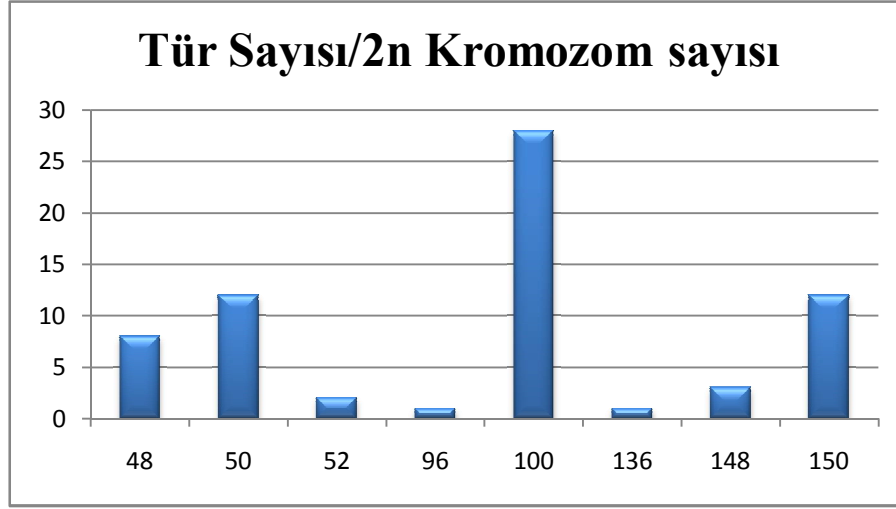
Şekil 5.2. Çörek otu, *Nigella sativa*'nın farklı boydaki kromozomlarının IdeoKar programında ölçümü, veri dosyası ve ideogramını gösteren asıl ekran görünümü (Mirzaghaderi ve Marzangi, 2015)

Karyolojik Bakımdan;

Kromozom sayıları bakımından Barbinae familyası üyelerinden *Barbus* genusunun kromozom sayılarının 48 ile 150 (Çizelge 5.2 ve 5.3) arasında olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmektedir (Arai, 2011). Bununla birlikte, kromozomları incelenen *Barbus* türlerinin çoğunluğunun $2n=100$ kromozomu olduğu anlaşılmaktadır.

Bu tez çalışmasındaki *Barbus*'un kromozom sayısı $2n=100$ olması bu genellemeyle uyum sağlamaktadır. Bununla birlikte, *Barbus tauricus* türü ile yapılmış iki çalışmada da kromozom sayıları bakımından bu çalışma sonuçlarıyla aynı olmakla birlikte, Vasiliev, (1985), ve Nguen Thi Nga, (1989), tarafından yapılan çalışmalar da Rusya'da yaşayan alt tür *B. t. cubanicus*'ün kromozomları $2n=100$ olarak bildirilmiş fakat karyotip belirtilmemiştir (Arai, 2011; Vasilyan ve ark., 2009). Bănărescu ve Bogutskaya'ya (2003) göre Karadeniz'de yayılım gösteren tür/alttür *B. t. escherichii* olarak belirtilmektedir.

Çizelge 5.2. Bugüne kadar *Barbus* genusu üzerinde yapılmış sitogenetik çalışmaların sonuçlarına göre bıyıklı balıklarda kromozom sayısı değişimi



Balıkların daha fazla telosentrik kromozoma sahip olan türleri ilkel olarak, metasentrik ve submetasentrik kromozomları bulunan türlerin daha gelişmiş olduğunu kabul eden bilim adamları Barbinae türleri için de bu hipotezi doğrulamaktadır (Geng ve ark., 2013). Çizelge 5.3'te yer alan verilere göre Metasentrik-Submetasentrik (m/sm) ve subtelosentrik-akrosentrik (st/a) kromozomların *Babrus*'larda sıklıkla görüldüğü anlaşılmaktadır. Aynı çizelgeden de görüldüğü gibi birçok çalışmada ortaya çıkan veriler, *Barbus* genomlarında a ve st/a tipi kromozomların iki kollu kromozomlardan (m ve sm) fazla olması bu genusun primitif olması hipotezini destekler niteliktedir. Bu çalışmada, *B. tauricus*'un tespit edilen karyotipinde (6m, 24sm, 38st ve 32a) de tek kollu kromozomların fazla olması nedeniyle, bu türün de ilkel (primitif) olduğu söylenebilir. Aynı şekilde çift kollu kromozomları m/sm olarak düşündüğümüzde çizelge 5.3'te belirtildiği gibi *Barbus*ların yaklaşık % 35-40'ında 28-35 m/sm görülmekte çalışmamız da bulduğumuz *B. tauricus*'un m ve sm kromozom sayıları toplamı 30 olması türdeşlerine uyum göstermektedir.

Kromozom kol sayıları (NF) karyotipe bağlı olarak değişmekte olan bir veridir. Türler arasındaki farklılaşmanın belirteci olarak da kullanılabilir. Yapılan çalışmalarda NF değerleri en düşük 74 en yüksek 276 olarak görünse de çoğunlukla 74-100 arasında değiştiği görülmektedir. Bu çalışmada, NF=130'dur fakat karyotipteki tek kollu kromozomların sayısının fazla olması bu sayının yükselmesini engeller (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi *Barbus anoplus*'ta yapılan iki çalışmada kromozom sayıları farklılaşmış $2n=48$ (Skelton ve Naran, 1995), ve $2n=50$ (Tsigenopoulos ve Berrebi, 2000) olduğu gibi, *B. barbuis*'un farklı yerlerdeki (Slovenya-Podrad Nehri, İtalya, Fransa-Garonne Nehri, Hırvatistan, Romanya) popülasyonlarda kromozom sayıları hep aynı $2n=100$ olduğu halde karyotip ve NF değerleri değişmekle birlikte sırasıyla, Valenta ve ark.'nın (1979) bildirdiği $28m+46sm+4st+22a - NF= 174$ (Klinkhardt ve ark. 1995), $26m+18sm+18st+38a - NF= 144$ (Cataudella ve ark., 1977), Hafez ve ark.'nın (1978a ve b) saptadığı $12m+48sm/st+40a - NF=160$ (Arai, 2011), $10m+44sm+46a - NF= 148$ (Fişter ve ark., 1999), $12m+38sm+46a - NF=146$ (Luca ve ark., 2010) gibi verilerde farklılaşmalar görülmektedir (Çizelge 5.3).

Bir başka örnek de, *B. bynni* ve *B. bynni bynni* türleri üzerine aynı araştırmacılar (Golubtsov ve Krysanov, 1993; Krysanov ve Golubtsov, 1996) tarafından aynı bölgede fakat farklı sulardaki (Etiyopya'da Abaya Gölü, Baro Nehri, Abaya Gölü, Tana Gölü Havzası) bu türler için buldukları kromozom sayıları aynı olup ($2n=150$) karyotiplerinin ve NF'lerin değiştiği bildirilmektedir. Yine aynı araştırmacılar Etiyopya'da *B. intermedius* için de bulgularda diploit sayı ($2n=150$) aynı, NF ve Karyotiplerde benzer sapmalar elde etmişlerdir (Çizelge 5.3).

B. capito için de bir takım karyolojik verilere göre coğrafik farklılıklara rağmen benzer olmayan durumlar görülmüştür. Bu tür için iki araştırmacı $2n= 100$ diploit sayıyı tespit ederken, Çin'de Geng ve ark., (2013), $K=12m+38sm+8st+12t- NF= 150$ ve İran'da Pourali Darestani ve ark., (2006), $K=12m+60sm+4st+24t -NF= 172$ karyotipleri ve NF değerlerini çok farklı bulmuşlardır. Bununla birlikte, Türkiye'de Göksu Nehri'nde yaşayan bu tür için $2n=120$ sayıda kromozom (Kaya, 2009) gibi aşırı bir farklılık da bulunmuştur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Bugüne kadar bıyıklı balıklardan *Barbus* genusu üzerinde yapılmış sitogenetiksel çalışmaların sonuçları (*Arai, 2011; **Klinkhardt ve ark., 1995; ***Vasilyan ve ark., 2009)

Species	n	2n	Karyotip	NF	Yer	Referans
<i>Barbus aeneus</i>	148		48m/sm+100st/a	196	Güney Afrika	Oellermann ve Skelton, 1990
<i>B. ablabe</i>	50		18m+30sm+2st/a	98	Guyana (Afrika)	Ráb ve ark., 1995
<i>B. amatolicus</i>	48		22m/sm +26st/a	70	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. andrewi</i>	100		34m/sm +66st/a	134	Güney Afrika	Tsigenopoulos ve ark., 2002
<i>B. anema</i>	50		42 m/sm +8a	92	Etiyopya (Alvero Nehri)	Golubtsov veKrysanov, 1993
<i>B. anoplus</i>	48		30 m/sm +18st/a	78	Güney Afrika (Elands)	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. anoplus</i>	50				Güney Afrika	Tsigenopoulos ve Berrebi, 2000
<i>B. argenteus</i>	50		44 m/sm +6st/a	94	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. barbuis</i>	100		28m +46sm +4st +22a	174	Poprad Nehri	Valenta ve ark., 1979**
<i>B. barbuis</i>	100		26m +18sm+18st +38a	144	İtalya	Cataudella ve ark., 1977
<i>B. barbuis</i>	100		12m +48sm/st +40a	160	Fransa (Garonne Nh.)	Hafez ve ark., 1978a ve b*
<i>B. barbuis</i>	100		10m+44sm +46a	148	Hırvatistan	Fišter ve ark., 1999
<i>B. barbuis</i>	96		12m +38sm +46a	146	Romanya	Luca ve ark., 2010
<i>B. bariloides</i>	48		32m +16sm	96		Ráb, 1981
<i>B. bigornei</i>	48		18m +30sm	96	Guyana (Afrika)	Ráb ve ark., 1995
<i>B. bocagei</i>	100		16m+48 sm+36st/a	164	Portekiz (Tejo, Mondego)	Collares-Pereira ve Madeira, 1990
<i>B. bocagei</i>	100		12m+52sm+36st/a	164	Portekiz (Chelei., Colar.)	Collares-Pereira ve Madeira, 1990
<i>B. brachycephalus</i>	100		24m+76sm/st/a			Vasiliev, 1985*
<i>B. brevipinnis</i>	48		40m/sm+8st/a	88	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. bynni</i>	150		70m/sm+80st/a	220	Etiyopya (Abaya Gölü)	Golubtsov veKrysanov, 1993
<i>B. bynni bynni</i>	150		50m/sm+100st/a	200	Etiyopya (Baro Nehri)	Krysanov ve Golubtsov, 1996
<i>B. bynni bynni</i>	150		70m/sm+80a	220	Etiyopya (Abaya Gölü)	Krysanov ve Golubtsov, 1996
<i>B. bynni bynni</i>	150		50m/sm +90a	190	Etiyopya, Tana Gölü Havzası	Krysanov ve Golubtsov, 1996
<i>B. bynni occidentalis</i>	148				Guyana (Batı Afrika)	Guégan ve ark., 1995
<i>B. bynni waldroni</i>	150				Batı Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. calidus</i>	100			126	Güney Afrika (Noordhokes)	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. callensis</i>	100				Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. canis</i>	150		76m+24st+50a	226	İsrail (Jordan Nehri)	Gorshkova ve ark., 2002

Çizelge 5.3. Bugüne kadar bıyıklı balıklardan *Barbus* genusu üzerinde yapılmış sitogenetiksel çalışmaların sonuçları (*Arai, 2011; **Klinkhardt ve ark., 1995; ***Vasilyan ve ark., 2009)(devamı)

Species	n	2n	Karyotip	NF	Yer	Referans
<i>B. capito</i>		100	12m+38sm+8st+12t	150	Çin	Geng ve ark., 2013
<i>B. capito</i>		100	12m+60sm+4st+24t	172	Kuzey İran	Pourali Darestani ve ark., 2006
<i>B. capito</i>		120	32m+42sm+8st+38a	194	Göksu Nehri	Kaya, 2009
<i>B. capito pectoralis</i>		150			Asi Nehri	Turan ve ark., 2005
<i>B. capensis</i>		150	58m/sm+92st/a	208	Güney Afrika	Oellermann ve Skelton, 1990
<i>B. comiza</i>		100	12m+60sm+28st/a	172	Portekiz (Guadiana, Tejo)	Collares-Pereira ve Madeira, 1990
<i>B. conchoniis</i>	24					Post, 1965**
<i>B. cyclolepis</i>		100	26m+16sm+36st+22a	142	Makedonya	Ráb ve ark., 1996
<i>B. erubescens</i>		100				Durand ve ark., 2002
<i>B. ethiopicus</i>		150	40m/sm +110st/a	190	Etiyopya (Meki Nehri)	Golubtsov veKrysanov, 1993
<i>B. eutaenia</i>		48	34m/sm+14st/a	82	Güney Afrika (Sabi)	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. eutaenia</i>		48	36m/sm+12st/a	82	Güney Afrika (Sabi)	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. fasciatus</i>		52	30m/sm+4st+18a	82		Ohno ve ark., 1967**
<i>B. fasciolatus</i>		48	32m+16sm	96	Afrika	Ráb, 1981
<i>B. filamentosus</i>	24					Post, 1965
<i>B. goktschaicus</i>		100	6m+18sm+76st/a	124	Ermenistan (Sevan Gölü)	Krysanov, 1999*
<i>B. gurneyi</i>		50	26m/sm+24st/a	76	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. holotaenia</i>		50	24m+26sm/st	100	Afrika	Ráb, 1981
<i>B. hospes</i>		96	46m/sm+50st/a	142	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. intermedius</i>		150	90m+60a	240	Etiyopya	Golubtsov veKrysanov, 1993
<i>B. intermedius</i>		150	66m+84a	216	Etiyopya	Golubtsov veKrysanov, 1993
<i>B. intermedius</i>		150	66m/sm+84a	216	Etiyopya, Tana Gölü Havzası	Krysanov ve Golubtsov, 1996
<i>B. issenensis</i>		100			Kuzey Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. kerstenii</i>		50	34m/sm+16a	84	Etiyopya (Abaya Gölü)	Golubtsov veKrysanov, 1993
<i>B. kimberleyensis</i>		148	56m/sm+92st/a	204	Güney Afrika	Oellermann ve Skelton, 1990
<i>B. ksibi</i>		100			Kuzey Batı Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. longiceps</i>		148			Asi Nehri	Turan ve ark., 2005

Çizelge 5.3. Bugüne kadar bıyıklı balıklardan *Barbus* genusu üzerinde yapılmış sitogenetiksel çalışmaların sonuçları (*Arai, 2011; **Klinkhardt ve ark., 1995; ***Vasilyan ve ark., 2009) (devamı)

Species	n	2n	Karyotip	NF	Yer	Referans
<i>B. macrops</i>		50	14m+28sm+8st/a	92	Guyana	Ráb ve ark.,1995
<i>B. marequensis</i>		136	60m/sm+76st/a	196	Güney Afrika (Marico)	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. meridionalis meridionalis</i>		100	14m+23m/sm+2st+11a	178	Güney Fransa	Ráb ve ark., 1993
<i>B. massaensis</i>		100			Kuzey Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. meridionalis</i>		100	22m+20sm+12st+46a	142	İtalya	Cataudella ve ark., 1977
<i>B. meridionalis</i>		100			Yugoslavya (Bosna)	Valenta ve ark., 1979**
<i>B. meridionalis</i>		100	28m+46sm+4st+22a	174	Poprad Nehri (Bosna).	Sofradz'ija ve Berberovic, 1973**
... <i>B. meridionalis petenyi</i>		100	10m+22sm+22st+46a		Hırvatistan	Vujošević ve ark., 1983
<i>B. meridionalis petenyi</i>		100	13m+24m/sm+2st+11a		Güney Fransa ve Slovakya	Ráb ve ark., 1993
<i>B. microcephalus</i>		100	18m+50sm+32st/a	168	Portekiz (Guadiana)	Collares-Pereira ve Madeira, 1990
<i>B. motenbensis</i>		50	24m/sm +26st/a	74	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. moulouyensis</i>		100			Kuzey Batı Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. nasus</i>		100			Kuzey Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. mursa</i>		100	6m+34sm+10st+50t	140	Kuzey İran	Pourali Darestani ve ark., 2006
<i>B. mursa</i>		100	6m+36sm+58st/a	142	Ermenistan	Vasilyan ve ark.,2009
<i>B. natalensis</i>		150	50m/sm+100st/a	200	Güney Afrika	Oellermann ve Skelton, 1990**
<i>B. oligolepis</i>	24					Post, 1965**
<i>B. paludinosus</i>		50	46m/sm+4a	96	Etiyopya (Bulbula Nehri)	Golubtsov veKrysanov, 1993
<i>B. paludinosus</i>		50	44m/sm+6st/a	94	Etiyopya (Omo Nehri)	Golubtsov ve Krysanov, 2003
<i>B. paludinosus</i>		50	30m/sm+20st/a	80	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. palawaldroni</i>		150			Batı Afrika	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. peloponnensius petenyi</i>		100	50m/sm+50st/a	150	Bosna Hersek	Sofradz'ija ve Berberovic, 1973*
<i>B. peloponnensius</i>		100	30m+18sm+52a	150	Hırvatistan	Fišter ve ark., 1999
<i>B. pentazona</i>	24					Post, 1965**
<i>B. petitijsani</i>		100	36m+90sm/st+24a	276	Batı Afrika, Guyana	Guégan ve ark., 1995

Çizelge 5.3. Bugüne kadar bıyıklı balıklardan *Barbus* genusu üzerinde yapılmış sitogenetiksel çalışmaların sonuçları (*Arai, 2011; **Klinkhardt ve ark., 1995; ***Vasilyan ve ark., 2009) (devamı)

Species	n	2n	Karyotip	NF	Yer	Referans
<i>B. plebejus</i>		100	26m+18sm+18st+38a	144	İtalya	Cataudella ve ark., 1977
<i>B. plebejus</i>		100			İtalya (Torino)	Fontana ve ark., 1995**
<i>B. plebejus lacerta</i>		48	32m+16a		Erzurum	Ergene ve ark., 1998
<i>B. pleurogramma</i>		50	44m/sm+6st/a	94	Etiyopya (Tana Gölü)	Golubtsov ve Krysanov, 2003
<i>B. polylepis</i>		150	56m/sm+94st/a	206	Güney Afrika	Oellermann ve Skelton, 1990
<i>B. polylepis</i>		148	62m/sm +86st/a	210	Güney Afrika (Elands)	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. rajanorum</i>		125			Asi Nehri	Turan ve ark., 2005
<i>B. rajanorum mystraceus</i>		100	22m+30sm+48st/a		Dicle Nehir sistemi	Kılıç Demirok, 2000
<i>B. semifasciolatus</i>	26	52				Nogusa, 1960**
<i>B. serra</i>		100			Güney Afrika	Tsigenopoulos ve ark., 2002
<i>B. steindachneri</i>		100	10m+48sm+42st/a	158	Portekiz (Guadiana)	Collares-Pereira ve Madeira, 1990
<i>B. schuberti</i>	24					Post, 1965**
<i>B. sharpeyi</i>		98	44m/sm+54t	188	İran	Balases ve ark., 1994
<i>B. tauricus (cubanicus)</i>		100			Rusya	Vasiliev, 1985
<i>B. tauricus (cubanicus)</i>		100			Rusya	Nguyen Thi Nga, 1989***
<i>B. tauricus</i>		100	6m+24sm+38st+32a	130	Ilıca Irmağı/Fatsa/Ordu	BU ÇALIŞMA
<i>B. tetrazona</i>		50	34m/sm+6st+10a	84		Ohno ve ark., 1967**
<i>B. tetrazona</i>	24					Post, 1965**
<i>B. titteya</i>	24					Post, 1965**
<i>B. trevelyani</i>		100		128	Güney Afrika	Tsigenopoulos ve ark., 2002
<i>B. trevelyani</i>		96	32m/sm+64st/a	128	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. trimaculatus</i>		48	30m/sm+18st/a	78	Güney Afrika	Skelton ve Naran, 1995*
<i>B. wurtzi</i>		148			Guyana (Batı Afrika)	Guégan ve ark., 1995
<i>B. wurtzi</i>		150			Batı Afrika, Guyana	Guégan ve Morand, 1996*
<i>B. viviparus</i>	24					Post, 1965**

Çizelge 5.3'te başka bir tür için de (*B. eutaenia*) Skelton ve Naran, (1995), kromozom ($2n=100$) ve NF sayıları (82) aynı bulurken karyotipleri farklı bulmuş oldukları belirtiliyor (Arai, 2011).

Avrupa *Barbus*'larından *B. meridionalis* ve *B. meridionalis petenyi* için farklı araştırmacılar benzer bölgelerde farklı sularda elde ettikleri $2n=150$ değerine sahip olan hegzaploit türler oldukları bildirilmiştir (Vujošević ve ark., 1983; Ráb ve ark., 1993).

Benzer araştırmacılar farklı zamanlarda Etiyopya'da farklı nehirlerde (Bulbula ve Omo) yaşayan Afrika *Barbus*larından *B. paludinosus*'un kromozom sayılarını $2n=50$ bulurlarken, karyotip sonuçlarının değiştiği gözlenmektedir: $46m/sm+4a$ (Golubtsov ve Krysanov, 1993) ve $44 m/sm+6st/a$ (Golubtsov ve Krysanov, 2003). Skelton ve Naran (1995) Güney Afrika'da bu tür için diğer iki araştırmadan farklı olarak $30m/sm+20st/a$ ($2n=50$) karyotip olabileceğini bildirmiştir. Kromozomal evrimine bakıldığında bu türde metasentrik-submetasentrik kromozom sayısı diğer *Barbus*lara nazaran çok yüksek olduğu söylenebilir (Çizelge 5.3).

Hegzaploit olarak nitelendiren tür üzerinde araştırmacıların farklı zamanlarda yaptığı sitolojik çalışmanın sonucuna göre Güney Afrika'da yaşayan *B. polylepis*'in $2n=148$, $K=56m/sm+94st/a$, $NF= 206$ (Oellermann ve Skelton, 1990) ve $2n=150$, $K=62m/sm+86st/a$, $NF=210$ (Skelton ve Naran, 1995) şeklinde bir kromozom yapısına sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.3). Bir tür için birden fazla farklı (diploit sayıda kromozom) sonucun bulunması sitogenetik araştırmalar için sıkça rastlanan bir durumdur.

B. trevelyani ve *B. wurtzi* için de aynı durum söz konusudur. Her ikisi de Güney Afrika'da yapılan bu çalışmalardan *B. trevelyani* için Skelton ve Naran, (1995), $2n=96$ bulurken, Tsigenopoulos ve ark., (2002), $2n=100$ olduğunu saptamışlardır. Arai'nin (2011) bildirdiğine göre, Guyana'da *B. wurtzi* de kromozom sayısını Guégan ve ark., (1995), $2n=148$ ve Guégan ve Morand, (1996), $2n=150$ olarak bulmuşlardır (Çizelge 5.3).

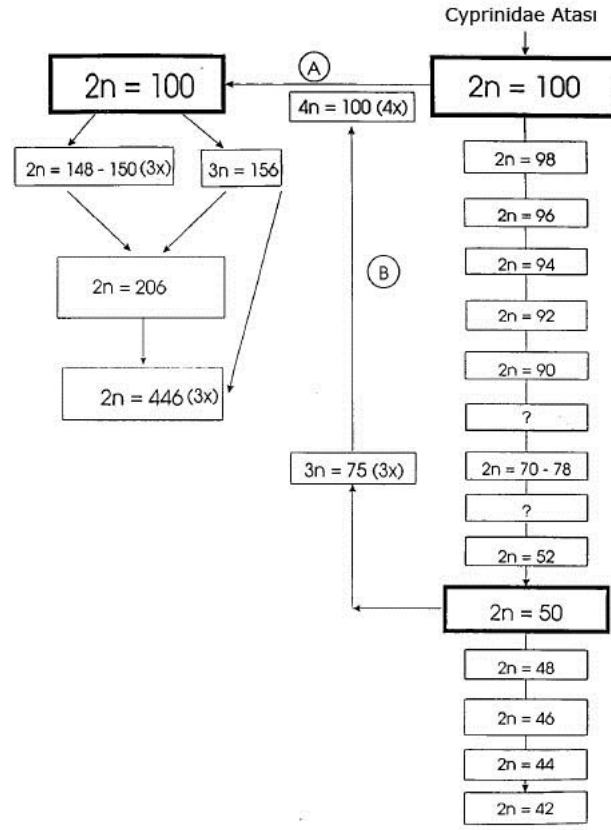
Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere *Barbus* türlerinde kromozom sayısı ve yapısı çok değişim göstermektedir. Neredeyse tek bir tür için ayrı zamanlarda aynı bölgede çalışma yapan aynı araştırmacılar da dahi kendi buldukları sonuçlarda değişimler

olduğunu göstermektedir. Bu durum balıkların sitogenetiksel sonuçlarında görülebilen stabil olmayan bir durumdur. Moleküler sitogenetik çalışmaların hızla yaygınlaşarak bu konuda çıkan karmaşaları azaltabileceği düşünülmektedir. Nitekim bu varyasyona DNA çalışmalarında da rastlanılmaktadır.

Sitogenetik ve Filogenetik Bakımından

Poliploidi bitkilerde çok yaygın bir olgudur. Hayvanlarda çok fazla çalışılmamasına rağmen birkaç poliploit takson olduğu bilinmektedir. Böceklerde, iki yaşamlılarda ve sürüngenlerde gruplaşan poliploit familyalar, cinsler veya hatta türler yoktur. Bununla birlikte, Chenuil ve ark.'nın (1999) belirttiğine göre, balıklarda birkaç antik poliploit familya veya genusta eşeyli olarak üreyebilen tür oluşmuştur (Schultz, 1980). Omurgalı evriminde poliploidi, ortaya çıkan yeni fonksiyonlar için canlıların gelişmesine fırsatlar vererek daha karmaşık familyaların evrimleşmesine neden olduğu düşünülmektedir (Chenuil ve ark., 1999).

Geng ve ark.'nın (2013) bildirdiğine göre, Barbinae altfamilyası türlerinden 70'in üzerinde sitotaksonomik araştırma yapılmıştır (Lou, 1997). Li ve ark.'nın (1986) hipotezine göre ise en az $2n=48-50$ kromozomlu olanlar en çok oranda (%70) yer alırken, $2n=100$ olanlar da minimum seviyede (%19) bulunmaktadır. Ohno'nun (1967) belirttiği gibi bazı araştırmacılar $2n=50$ kromozoma sahip olan Barbinae türleri primitif olarak ifade etmektedirler (Geng ve ark., 2013). *Barbus capito*'nun da $2n=100$ olması da türleşme esnasında $2n(50)$ 'den diploidizasyon geçirerek $4n(100)$ 'e çıkmasıyla açıklanmıştır. Çoğu araştırmacı tetraploit türlerin çevreye adaptasyonu daha güç olmakta ve daha yüksek mutasyon geçirme yeteneğine sahip olduğu düşünülmektedir (Geng ve ark., 2013). Tetraploit *Barbus*'ların $2n=100$ gibi kromozoma sahip olmasını, evrimleşme esnasında Cyprinidlerin model kromozom sayısının $2n=50$ olduğunu Leuciscinae'lerin evrimleşmesiyle ispatlayan Collares-Pereira'nın (1994) poliploidizasyon oluşum şeması şekil 5.3'te gösterilmiştir. Bu araştırmacıya göre Leucisinlerin $2n=42$ kromozoma sahip atadan orijinli olduklarını, bir kısmının 5. nesilde ilk poliploidi geçirerek triploit ($3n=75$) olduklarını, zaman içerisinde normal bireylerle interaksiyonla $4n=100$ kromozomlu bireyler ortaya çıktığını ve ikinci kez poliploidi mekanizmasının çalışmasıyla günümüze kadar gelen tetraploit yeni türler şeklinde evrimleştiği savunmuştur.



Şekil 5.3. Karyolojik evrimin yeni modelinin şematik gösterimi, A- Primer poliploidizasyon, B- İkincil poliploidi evrimleşme yönü (Collares-Pereira, 1994)

Bănărescu ve Bogutskaya'ya (2003) göre tropikal ve Güney Afrika türlerinin yaklaşık 289 türü *Barbus* genusu içerisinde sayılmaktadır. Bu genusun Avrupa'lı türlerinden genetik olarak farklılaştığı da görülmektedir. Avrupa grubundaki birçok tür tetraploit ve büyük olan tür hegzaploit (Tsigenopoulos ve Berrebi, 2000) olmasına rağmen çok sayıda Afrika küçük bıyıklı balık türü diploittir.

Barbus Cuvier & Cloquet, 1816, genusu önceleri 800 kadar olduğu bilinen (Berrebi ve Ráb, 1998), şuan da yaklaşık 1000'den fazla türü kapsadığı tahmin edilmektedir. Taksonomik ve genetik araştırmaların ilerlemesi nedeniyle genus içindeki türlerin yerleri devamlı değişebilmektedir (Bănărescu ve Bogutskaya, 2003). Yine Bănărescu ve Bogutskaya'ya göre (2003) *Barbus* genusu hala sinonim cinsleri ile belirtilen birçok tür barındırmaktadır. Bunlar: *Luciobarbus*, *Pseudobarbus*, *Aspiobarbus*, *Bertinius*, *Bertinichthys* ve *Messinobarbus*, bunlarla birlikte Ekmekçi ve Bănărescu'nun (1998) kaydettiğine göre, batı Asya'da yeni cins olarak eklenen *Kosswigobarbus*, *Carasobarbus* ve *Mesopotamichthys* türlerinin de bu genusta

(*Barbus*) yer aldığı sistematikçiler tarafından kabul edilmektedir (Bănărescu ve Bogutskaya, 2003).

*Barbus*ların dünyadaki dağılımı üç kıtadaki (Asya, Avrupa ve Afrika) canlı türlerinin oluşum dönemlerine (23.03–2.53 MYö Jeolojik Neogene periyodunun sonu olan Messinian Devri; Anonim 2015) kadar dayandırılmaktadır. Konu üzerinde tartışılan ve kabul gören hipoteze göre *Barbus* türleri iki ana gruba ayrılabilir: ***Barbus sensu lato*** ve ***B. sensu stricto***

Güney Avrupa'daki Barbinae'ler 17 türden oluşmakta sekizi *Barbus s. str.* ve dokuzu *Messinobarbus* türleridir. Barbinae'ler Orta Miyosen devrinde (10-15 MYö) Orta Avrupa'da ve Messinian döneminde (5 MYö) Akdeniz çevresi ülkelerde ortaya çıkmışlardır. Avrupa'da yerleşik durumda olan bıyıklı balıklar üç gruba ayrılmıştır: 1. Sıcak sulara adapte olmuş büyük 11 tür (*bocagei-barbus* grupları), 2. Orta derecede soğuk sulara adapte olmuş 4 orta büyüklükteki allopatrik tür (*meridionalis* grubu), 3. Orta büyüklükteki sıcak sulara uyum sağlamış ve nehir veya göllere yerleşmiş olan (*cyclolepis* grubu) 2 türden oluşmaktaydı (Bianco, 1998).

Polifiletik olarak bilinen *B. s. lt.* genusu içerisinde birçok Afrika kökenli küçük bıyıklı balık türünün olduğu bunlarında çoğunlukla diploit ve $2n=50$ (Cyprinidler için kabul edilen model kromozom sayısı; Collares-Pereira, 1994) kromozoma sahip atalarından orijinlendiği, Bănărescu ve Bogutskaya'ya (2003) göre genellikle de tetraploit $2n=100$ oldukları bildirilmektedir (Berrebi, 1995; Berrebi ve ark., 1996). Bu grupta yer alan bazı Tetraploit türlerin ise Kuzey Afrika ve Orta Doğu'ya yerleşen, Avrupa'da da görülen türlerden oluştuğu ve *B. s. str.* genus grubuna dahil edildiği görülmektedir. Durand ve ark., (2002), bu coğrafik bölgelerde yaptıkları filogenetik çalışmalarda *capoeta* genusunun gerçek bıyıklı balık olduklarını iddia etmektedirler. *Aulopyge* genusundan Hırvatistan ve Bosna'daki iç sularda yaşayan *A. huegelii*'nin *B. s. str.* genusundan olan türlerin ataları olduğu hipotezini yaptıkları *sitokrom b* analizlerine göre ortaya atmışlardır. Bununla birlikte, bazı araştırmacılar *B. s. lato* üyelerinin yaygın olduğu Güney Afrika'daki 2 türün (*B. serra* ve *B. andrewi*), Akdeniz çevresindeki Avrupa ülkelerinde yer alan *B. barbus*'a çok yakın akraba olduğunu da bildirmektedirler (Tsigenopoulos ve ark., 1999; Tsigenopoulos ve ark., 2002). Oellermann, (1988), Oellerman ve Skelton, (1990), Golubtsov ve

Krysanov, (1993), ve Guegan ve ark., (1995), tarafından incelenen Güney Afrika'da çok yaygın olan *B. s. lato* alt genusunda yer alan büyük bıyıklı balıkların hegzaploit oldukları ve artık *Barbus* genusunda yer almayabileceğini bu nedenle de *Labeobarbus* genusu olarak isimlendirilebileceğini düşünmektedirler.

B. s. str. genusunun filocoğrafik dağılımından monofiletik olduğuna kanaat getiren bilim adamlarına göre Avrupa bıyıklı balıklarının şimdiye kadar sitogenetiksel çalışmaların tamamında tetraploit olduğu da (Agnese ve ark., 1990; Collares-Pereira ve Madeira, 1990; Collares-Pereira, 1994) kanıtlanmıştır. *B. tauricus*'un da bulunduğu Asya kökenli bıyıklı balıkları Akdeniz, Kuzey Afrika ve Orta Doğu da yerleşenlerle akraba ve tetraploit olduğu kabul edilmektedir. *B. s. str.* genusunu oluşturan iki grubun ayrılmasında Alpler ve Balkanlar kadar Cebelitarık Boğazı ve Pirene Dağ'larının da doğal bir bariyer olduğu da düşünülmektedir. İlk grubun Orta Doğu'dan Fransa'ya kadar yer alan bölgelerde, ikinci grubun da İber Yarımadası, Kuzey Afrika, Orta Doğu ve Yunanistan'a kadar dağılım gösterdiği yapılan moleküler genetik ve sitogenetik araştırmalarda tespit edilmiştir. Kosswig, (1973), tarafından çok önceleri bu gruba "Güney Akdeniz Soyu" da denmiştir (Bănărescu ve Bogutskaya, 2003). Bilim adamları *B. s. str.*'nin coğrafik dağılımına göre Kuzey Akdeniz grubu (subgenus *Barbus*) Fluvio-Lacustrin ve Reofilik olarak ayrılmakta, Güney Akdeniz grubunun da (subgenus *Luciobarbus*) Orta Doğu türleri, İber Türleri, Kuzey Batı Afrika Türleri olarak dağılım gösterdiği bildirilmektedir (Bănărescu ve Bogutskaya, 2003). Berrebi'ye (1996) göre Avrupa ve Akdeniz çevresi tetraploit türleri içine alan sadece *B. s. stricto* genusuna bağlı türlerin gerçek *Barbus* olduklarını bildirmişlerdir (Tsigenopoulos ve ark., 2002). Bu araştırmacılara göre yapılacak taksonomik analizlerde aksi söylenmedikçe *Barbus sensu lato* türlerinin de *Barbus* olarak isimlendirilmesinin doğru olacağı ön görülmektedir.

Berrebi ve Ráb'ın (1998) bildirdiğine göre, cyprinidlerin *Barbus* genusu polifiletik bir balık grubu olduğu için Cyprininae alt ailesi sazangillerin arasında diploit, tetraploit ve hegzaploit olmak üzere 3 farklı ploidi seviyesinde olması, sitogenetiksel analizlerde temel taksonomik gruplandırmalarda bu isimlendirmenin kullanılmasına neden olmuştur.

Çin’de bilim adamları Asya’da yaşayan Barbinae üyeleri *Barbodes lacustris* ve *B. daliensis*, üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen karyolojik bilgilere göre diploit-tetraploit ilişkileri olan Avrupa *Barbus*’ları ile filogenetik olarak çok yakın akraba olduklarını açıklamışlar (Zan ve ark., 1984). Buna karşılık, Li ve ark., (1986), Çin’de yaşayan Barbinae altfamilyasından *Acrossocheilus*, *Varicorhinus*, *Sinilabeo*, *Semilabeo* ve *Garra* cinslerinden kromozomlarını inceledikleri türlerin $2n=50$ kromozoma sahip olduklarından poliploit atalarından (*B. s. str.*) ayrıldığını savunmuşlardır.

Barbus’lardaki bu durum için Agnèse ve ark., (1990), bazı somut verilere dayanarak açıklama yapmaktadır. Günümüzde *Barbus sensu lato* olarak ifade edilen genus Avrupa’nın referans türü *Barbus barbus* Linnaeus, 1758’e çok az benzerlik gösteren birkaç yüz Avrasya ve Afrika türüne atfedilmektedir. Avrupa ve Kuzey Afrika türlerinin genusu *Barbus* olarak düşünülmektedir. Osteolojik özelliklere bakılarak referans tür *B. barbus*’un diğer Avrupa türlerinden ayrıldığı ve sadece Avrasya ve Afrika türlerinin anatomik karşılaştırmayla *Barbus* genusuna göre tanımlanmasının yapılabileceği söylenmektedir (Agnèse ve ark., 1990). *Barbus* genusunun içerisinde yer alan Afrika cyprinidlerinin taksonomilerini açıklayan bir kaynak olmadığı için karmaşık durumlar oluşmaktadır. Yine de dış morfolojik karakterlere bağlı olarak da 2 büyük grup tanımlanabilir (Agnèse ve ark., 1990):

- Pullarında birçok paralel çizgi bulunan Büyük *Barbus*’lar: dorsal yüzgeçte 9 ile 11 arasında yumuşak ışın ve testere gibi çıkıntıları olmayan sondaki sert ışına sahiptir ve 50 cm’den büyükleri vardır.
- Az sayıda faklı çizgileri olan pullara sahip küçük *Barbus*’ların dorsal yüzgecinde 7-8 yumuşak ışını vardır ve nadiren 10 cm’den büyük olanları görülebilmektedir.

Farklı çizgili pulları olan dorsal yüzgecin sonundaki sert ışında dişçikler bulunması gibi özelliklere sahip başka bir ırk (Sibirya ırkı) olmasına rağmen büyük Afrika *Barbus* türlerine benzeyen Avrupa türleri tetraploit ($2n=100$) karyotipe sahiptirler. Asya türleri diploit ($2n=50$) veya tetraploittirler (Agnèse ve ark., 1990).

Osteolojik bilgilere bağılı olarak *Barbussensu stricto*'ya benzer olan büyük Afrika *Barbus*ları gerçek Asya türlerine daha çok benzeyen küçük Afrika *Barbus*larına benzemezler (Agnèse ve ark., 1990).

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında *Barbus tauricus* Kessler, 1877'nin kromozom sayısı $2n=100$ bulunmuş olup Avrasya türleri içerisinde *Barbus sensu stricto* genusunun tetraploit grubu arasına girmektedir. Karyotip bakımından az sayıda metasentrik (3 çift m) ve submetasentrik (12 çift sm) kromozomları olması, tek kollu kromozomların sayısının da evrimleşme sürecinde doğrusal bir şekilde yüksek olması 19 çift st ve 16 çift a (toplamda 70 kromozom) bu da toplamda %70 gibi bir orana tekabül eder. NF değerleri (NF=130) genelde *Barbus* türlerinde çoğunlukla görülen kol sayısının üzerinde olması henüz evrimini tamamlamadığı hipotezine (Collares-Pereira, 1994;Geng ve ark., 2013) uymaktadır.

Ilıca Irmağının faunistik yapısı henüz açıklığa kavuşturulmamıştır. Bununla birlikte, sitolojik olarak Ordu ve Türkiye için ilk defa *Barbus taruricus*'un kromozomları tespit edilmesi açısından ileride yapılacak sitogenetik araştırmalara önemli bir kaynak oluşturacaktır. Moleküler boyama (FISH ve CMA₃) teknikleri ile Ordu bölgesindeki *B. tauricus* türlerinin karşılaştırmalı bir şekilde genom özellikleri ayrıntılı olarak açığa çıkartılmalıdır. Türler arasındaki bazı sitogenetik karakterleri ortaya çıkaran moleküler yöntemlere göre ortaya çıkarılması daha basit olan G-band, NOR ve C-pozitif bölgelerinin de tespit edilmesi, bu türün genetik yapısının açığa kavuşturulmasına yardımcı olacaktır.

Bununla birlikte, özellikle Verep ve ark.'nın (2006) varlığını bildirdiği Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde, ve diğer taksonomistler tarafından tespit edilmiş/edilecek (*B. t. escherichii*, İznik Gölü-Bursa, Özuluğ ve ark., 2005; Yeşildere Irmağı-Rize, Şahin ve ark., 2007; Engiz Nehri-Samsun, Uğurlu ve Polat, 2008a; Karabdal Deresi-Samsun, Uğurlu ve Polat, 2008b; Tersakan Nehri-Samsun, Uğurlu ve ark., 2009; Miliç Irmağı-Terme/Samsun, Uğurlu ve Polat, 2006; Yıldız Dağları-Trakya Bölgesi, Sözen ve Karataş, 2010; Melet Irmağı-Ordu, Turan ve ark., 2008; Yukarı Yeşil Irmak Havzası, Akın, 2013) Türkiye coğrafyasına dağılmış olan Kırım bıyıklı balıklarının (*B. tauricus*) geniş çaplı bir proje ile moleküler seviyedeki sitogenetik çalışmalarla karşılaştırmalı olarak kromozom yapılarındaki değişimler tespit edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Agnèse, J.-F., Berrebi, P., Lévêque, C., Guégan, J.-F., 1990. Two lineages, diploid and tetraploid, demonstrated in African species *Barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae) Aquatic Living Resources, 3: 305-311.
- Akın, Ş. 2013. Yukarı Yeşilirmak Nehir Havzasının Besin Ağ Yapısı. T.C. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu, 2010/38 Nolu Proje Sonuç Raporu no. 128, 128p.
- Anonim, 2007. Dorland's Medical Dictionary for Health Consumers. http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/_/viewer.aspx?path=dorland&name=arm_chromosome.jpg, (Erişim Tarihi: 24.04.2014).
- Anonim, 2009. Systema Naturae 2000 / Classification - Genus *Barbus* <http://sn2000.taxonomy.nl/main/classification/43748.htm>, (Erişim Tarihi: 09.06.2012)
- Anonim, 2012a. Barbinae (Subfamily). http://zipcodezoo.com/key/animalia/Barbinae_Subfamily.asp (Erişim Tarihi: 09.06.2012).
- Anonim, 2012b. *Barbus tauricus* Kessler, 1877. http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=688755 (Erişim Tarihi: 09.06.2012)
- Anonim 2012c. *Barbus tauricus* Kessler, 1877. IUCN redlist species map. <http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=135540> (Erişim Tarihi: 09.06.2012).
- Anonim, 2012d. Il barbo di Crimea, *Barbus tauricus* Kessler, 1877. http://www.ittiofauna.org/webmuseum/pesciossei/cypriniformes/cyprinidae/barbus/barbus_tauricus/index.htm, (Erişim Tarihi: 11.09.2012).
- Anonim 2014a. Mitosis and Meiosis - NANSLO Lab Activity. <https://cheo.pbworks.com/w/page/69375574/Mitosis%20and%20Meiosis%20-%20NANSLO%20Lab%20Activity#Exercise1> (Erişim Tarihi: 06.11.2014).
- Anonim, 2014b. <http://www.metasystems-international.com/ikaros> (Erişim Tarihi: 24.04.2014).
- Anonim, 2014c. Structure of chromosome, Biology. <http://www.expertsmind.com/questions/structure-of-chromosome-30116451.aspx> (Erişim Tarihi: 24.04.2014).
- Anonim 2014d. Fatsa-Ordu Haritası. National Geographic TOPO® software.
- Anonim 2014e. Colchicine From Wikipedia, the Free Encyclopedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Colchicine>, (Erişim Tarihi: 16.04.2014)
- Anonim, 2015a. Chromosomes. http://plantcellbiology.masters.grkraj.org/html/Plant_Cell_Genetics1-Chromosomes.htm (Erişim Tarihi: 26.01.2015).

- Anonim, 2015b. <http://pixgood.com/chromosome-structure.html> (Erişim Tarihi: 26.01.2015).
- Anonim, 2015c. Sympatric Speciation.
<https://www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/evolution-and-the-origin-of-species-18/formation-of-new-species-125/sympatric-speciation-503-11729/> (Erişim Tarihi: 29.01.2015).
- Anonim 2015d.<http://www.vce.bioninja.com.au/aos-3-heredity/molecular-genetics/mutations.html> (Erişim Tarihi: 29.01.2015).
- Arai, R. 2011. Fish Karyotypes A Check List. Springer Publication, Japan, 347p.
- Arslan, A., Taki, F.N. 2012. C-banded karyotype and nucleolar organizer regions of *Tinca tinca* (Cyprinidae) from Turkey. *Caryologia* 65 (3): 246-249.
- Balaseem, A.N., Dalli, F.A., Mutar, A.J. 1994. Karyotyping of *Barbus sharpeyi*. *Cytobios*, 78 (314): 177-180.
- Bănărescu, P.M., Bogutskaya, N.G. 2003. *Barbus* Cuvier, 1816: The Freshwater Fishes of Europe Volume 5/II: (Cyprinidae 2/II): *Barbus*, Eds.: Bănărescu, P. M., Bogutskaya, N. G.; Aula Verlag GmbH, Wiebelsheim, Germany, pp: 1-10.
- Bencsik, I., Pacala, N., Dumitrescu, G., Dronca, D., Stanculeț, J., Petculescu-Ciochina, L. Boca, L. 2011. The Rate of Tetraploidy Determination in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Embryonated Eggs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 44(1): 158-161.
- Berrebi, P., Rab, P. 1998. The 'Barbus' *intermedius* species flock in Lake Tana (Ethiopia): III – cytogenetic and Molecular genetica data. *Italian Journal Zoology*, 65(Suppl.): 15-20
- Berrebi, P., Tsigenopoulos, C. S. 2003. Phylogenetic organization of the genus *Barbus* sensu stricto: A Review based on data obtained using molecular markers: The Freshwater Fishes of Europe Volume 5/II: (Cyprinidae 2/II): *Barbus*, Eds.: Bănărescu, P. M., Bogutskaya, N. G.; Aula Verlag GmbH, Wiebelsheim, Germany, pp: 11-22
- Bianco, P.G. 1998. Diversity of Barbinae fishes in southern Europe with description of a new genus and a new species (Cyprinidae). *Italian Journal of Zoology*, 1998, 65(Suppl): 125-136.
- Bilgin, B. 2004. Düzce ili ve Çevresindeki Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretim tesislerindeki balıklarda kromozom farklılıklarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bogutskaya, N.G., Smirnov, A.I., Movchan, Y.V 2003. *Barbus tauricus* Kessler, 1877: The Freshwater Fishes of Europe Volume 5/II: (Cyprinidae 2/II): *Barbus*, Eds.: Bănărescu, P. M., Bogutskaya, N. G.; Aula Verlag GmbH, Wiebelsheim, Germany, pp: 897-420
- Bozcuk, A.N. 2005. Genetik. Palme Yayıncılık, Genişletilmiş Düzeltilmiş İkinci Baskı, Ankara, 367s.

- Cataudella, S., Sola, L., Accame Muratori, R., 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: 161–171.
- Collares-Pereira, M.J., Madeira, J.M. 1990. Cytotaxonomical studies in Iberian cyprinids. II. Karyology of Portuguese populations of *Barbus* Cuvier, 1817 reconsiderations on the karyological evolution of Cyprinidae. *Caryologia*, 43: 17-26.
- Collares-Pereira, M.J. 1994. The karyology of barbins and possible plesiomorphic condition of polyploidy in Cyprinidae. *Bulletin Français De La Pêche Et De La Pisciculture*, 334: 191-199.
- Çolak, A., Sezgin, İ., Süngü, S. 1985. Sazangiller Familyasına (Cyprinidae) ait beni balığında (*Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843) Kromozomal Araştırmalar. *Doğa Bilim Dergisi*, A2, 9(2): 193-195.
- Değer, D., Ünlü, E., Gaffaroğlu, M. 2011a. *Kosswigobarbus kosswigi* (Ladiges, 1960) türünün karyotip analizi. *FABA*, 7-9 Eylül, Samsun.
- Değer, D., Ünlü, E., Gaffaroğlu, M. 2011b. Dicle Nehri'nde Yaşayan *C. luteus* (Heckel, 1843) Türünün Karyolojik Özellikleri. X. Ekoloji ve Çevre Kongresi, 4-7 Ekim, Çanakkale.
- Demirsoy, A. 1995. Kalıtım ve Evrim, Meteksan A.Ş., VII. Baskı, Ankara, 902s.
- Denton, T.E. 1973. Chapter 2. Handling of Fish Chromosome: Fish Chromosome Methodology, Charles C. Thomas Publisher, NewYork, USA pp: 19-22.
- Diniz, D., Moreira-Filho, O., 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.
- Durand, J.D., Tsigenopoulos, C.S., Unlu, E., Berrebi, P. 2002. Phylogeny and biogeography of the family Cyprinidae in the Middle East inferred from cytochrome b DNA—Evolutionary significance of this region. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 22: 91–100.
- Dutrillaux, B., Coutourier, J. 1981. La pratique de l'analyse chromosomique techniques de laboratoire. No 12, Masson, Paris, 86 p.
- Ergene Gözükar, S., Çavaş, T. 2004. A Karyological Analysis of *Garra rufa* (Heckel, 1843) (Pisces, Cyprinidae) from the Eastern Mediterranean River Basin in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28: 497-500
- Ergene, S., Çavaş, T. 1999. *Tilapia zilli* (Gervais, 1848)'in (Pisces: Cichlidae) karyolojik analizi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 12(3): 829-835.
- Ergene, S., Karahan, A. 1999. *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897) (Cichlidae, Pisces)'nin karyolojik analizi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 19(2): 161-165.
- Ergene, S., Kaya, F., Pekcan, İ., Oral, A. 1998. A karyological analysis of *Oreochromis niloticus* L. The Proceedings of the First International Symposium Fisheries Ecology, 2-4 Sep. 1998, Trabzon/TURKEY, pp.191-195.

- Ergene, S., Kuru, M., Çavaş, T. 1998. *Barbus plebejus lacerta* (Heckel, 1843)'nın karyolojik analizi. II. Uluslararası Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi 20-22 Mayıs 1998, Kırıkkale, s: 426-432.
- Ferreria, T., Rasband, W. 2012. ImageJ User Guide, IJ 1.46r. <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/index.html> (Erişim Tarihi: 23.01.2015).
- Fišter, S., Cakić, P., Kataranovski, D. 1999. Karyotype analysis of *Barbus barbus* L. and *Barbus peloponnensius* V. (Cyprinidae) frequencies of breaks and gap type structural chromosome changes in fishes of River Rapa. *Acta Veterinaria* (Beograd), 49(5-6): 385-392.
- Fricke, R., Bilecenoğlu, M., Sari, H.M. 2007. Annotated checklist of fish and lamprey species (Gnathostoma and Petromyzontomorphi) of Turkey, including a Red List of threatened and declining species. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A (Biologie)*, 706: 1-172.
- Gaffaroğlu, M., Karasu Ayata, M., Ünal, S., Arslan, A. 2013. Chromosomal studies of two different populations (Turkey) of *Luciobarbus escherichii* (Steindachner, 1897). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 875-879.
- Gaffaroğlu, M., Yılmaz, M., Yılmaz, Ma. 2009. Karyotype of *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel 1846) (Pisces, Cyprinidae) in Kızılırmak River, Turkey. *Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(3): 407-409.
- Gaffaroğlu, M., Yüksel, E. 2004. *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843 (Pisces: Cyprinidae)'un Karyotip Analizi. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi*, 5(2): 235-239.
- Gaffaroğlu, M., Yüksel, E., Ráb, P. 2006. Note on the karyotype and NOR phenotype of leuciscine fish *Acanthobrama marmid* (Osteichthyes, Cyprinidae). *Biologia, Bratislava*, 61(2): 207-209.
- Ganai, F.A., Yousuf, A.R. 2011. A karyological analysis of *Puntius conchonius* (Hamilton, 1822) (Pisces, Cyprinidae), a new cytotype from Dal Lake Srinagar Kashmir, J&K. *Indian International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3(11): 213-217.
- Gante, H.F. 2011. Chapter 13. Diversification of Circum-Mediterranean Barbels: Changing Diversity in Changing Environment, Eds: Grillo, O., Venora, G., InTech Publ., pp: 283-298. <http://www.intechopen.com/books/changing-diversity-in-changing-environment/diversification-of-circum-mediterranean-barbels>.
- Geldiay, R., Balık, S. 2007. Türkiye Tatlı Su Balıkları (Ders Kitabı). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No. 46, Ders Kitabı Dizini No.16. İzmir, 644 s.
- Geng, L.W., Xu, W., Jiang, H.F., Tong, G.X. 2013. Karyotype analysis of *Barbus capito* (Güldenstädt, 1773) using curve measurement software. *Journal of Applied Ichthyology* 29: 922–924.
- Golubtsov, A.S., Krysanov, E.Yu. 1993. Karyological study of some cyprinid species from Ethiopia. The ploidy differences between large and small *Barbus* of Africa. *Journal of Fish Biology*, 42: 445–455.

- Golubtsov, A.S., Krysanov, E.Yu. 2003. Karyological comparison of the small African barbs *Barbus paludinosus* (Cyprinidae) with developed and reduced spine in the dorsal fin. *Journal of Ichthyology*, 43: 245–252.
- Gorshkova, G.V., Gorshkov, S.A., Golani, D. 2002. Karyotypes of *Barbus canis* and *Capoeta damascina* (Pisces, Cyprinidae) from the Middle East. *Italian Journal of Zoology*, 69: 191–194.
- Gregory, T.R. 2015. Animal Genome Size Database. <http://www.genomesize.com> (Erişim Tarihi: 20.01.2015).
- Guégan, J.F., Rab, P., Machordom, A., Doadrio, I. 1995. New evidence of hexaploidy in ‘large’ African *Barbus* with some considerations of the origin of hexaploidy. *Journal of Fish Biology*, 47: 192–198.
- Gül, S., Çolak, A., Sezgin, İ. 2000. Gümüş balığında (*Chalcalburnus mossulensis* Hessel, 1843) karyotip analizi. *Turkish Journal of Biology* 24: 657-662.
- Gül, S., Çolak, A., Sezgin, İ., Kaloğlu, B. 2003. Van Gölüne Endemik Olan İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* PALLAS 1811) Kromozomlarının C, G ve Restriksiyon Endonükleazlar (*Alu* I, *Nhe* I, *Hae* III, *Mbo* I, *Hinf* I) ile Bantlanması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 27: 1293-1298.
- Gül, S., Çolak, A., Sezgin, İ., Kaloğlu, B. 2004. Karyotype Analysis in *Alburnus heckeli* (Battalgi, 1943) from Lake Hazar. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28: 309-314.
- Gül, S., Nur, G., Baysal, A. 2006. Karyotype Analysis of *Alburnus filippii* Kessler, 1877. *The Indian Veterinary Journal* 83:1, 100-102.
- Hamalosmanoğlu, M. 2003. Mogan Gölü (Ankara)’nde Yaşayan *Cyprinus carpio* L., 1758 (Sazan)’nun Karyotip Analizi. *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(1): 1-10.
- Hamalosmanoğlu, M., Kuru M. 2004. Karyotype Analyses of the Tench (*Tinca tinca* L., 1758) Living in Lake Mogan (Ankara). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28: 143-147.
- Hayd, D. R. 2009. Introduction To Genetic Principles, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA, p: 44. http://zipcodezoo.com/Key/Animalia/Barbinae_Subfamily.asp (Erişim Tarihi: 09.06.2012)
- Jankun, M., Ocalewicz, K., Pardo, B.G., Martinez, P., Woznicki, P., Sanchez, L. 2003. Chromosomal characteristics of rDNA in European grayling *Thymallus thymallus* (Salmonidae). *Genetica*, 119: 219-224.
- Kalbassi, M.R., Dorafshan, S., Tavakolian, T., Khazab, M., Abdolhay, H. 2006. Karyological analysis of endangered Caspian salmon, *Salmo trutta caspius* (Kessler, 1877). *Aquaculture Research*, 37: 1341-1347.
- Karasu, M., Yüksel, E., Gaffaroğlu, M. 2011. Karyotype, NORs, and C-banding analysis of *Pseudophoxinus firati* Bogutskaya, Küçük & Atalay, 2007 (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Euphrates River, Turkey. *Turk Journal of Zoology*, 35(6): 865-868.

- Kaya, F. 2009. Göksu Nehri'nde yaşayan bazı ekonomik balıkların karyolojilerinin incelenmesi. Doktora tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Mersin.
- Kaya, F., Ergene Gözükar, S. 2004. Seyhan Nehri'nde bulunan *Capoeta barroisi* (Lortet, 1894) (Pisces: Cyprinidae)'nin sitogenetik analizi, XVII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 21-24 Haziran, Adana.
- Keane, M., O'Toole, M.T. 2005. Encyclopedia and Dictionary of Medicine, Nursing, and Allied Health, Seventh Edition New Jersey, USA. <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/chromosome+arm> (Erişim Tarihi: 06.11.2014)
- Kılıç Demirok, N. 2000. Dicle Su Sisteminde yaşayan bazı cyprinid tür ve alttürlerinin kromozomları üzerine çalışmalar. Doktora Tezi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Diyarbakır.
- Kılıç Demirok, N., 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.
- Kligerman, A.D., Bloom, S.E. 1977. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 34: 266-269.
- Klinkhardt, M.B., Tesche, M., Greven, H. 1995. Database of Fish Chromosomes, Westarp Wissenschaften Verlag Wolf Graf von Westarp, Uhlichstraße 6, 39108 Magdeburg, Germany, 237 p.
- Klug, W.S., Cummings, M.R., Spencer, C.A., Palladino, M.A. 2012. Ch2. Mitosis and Meiosis: Concepts of Genetics, 10th Ed., Pearson Education, Inc., California, USA, p:24-26.
- Knytl, M., Kalous, L., Symonová, R., Rylková, K., Ráb, P. 2013. Chromosome Studies of European Cyprinid Fishes: Cross-Species Painting Reveals Natural Allotetraploid Origin of a *Carassius* Female with 206 Chromosomes. Cytogenet Genome Research, 139: 276-283.
- Kottelat, M, Freyhof, J. 2007. Subfamiy Cyprininae, Carps, Barbels: Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland, pp:109-142.
- Kryanov, E.Yu. 1999. Karyotypes of *Varicorhinus capoeta* and *Barbus goktschaicus* (Cypriniformes) from Lake Sevan, Armenia. Journal of Ichthyol. 39(2): 187-189.
- Kryanov, E.Yu., Golubtsov, A.S. 1996. Karyotypes of some Ethiopian *Barbus* and *Varicorhinus* from the Nile basin including Lake Tana morphotypes. Folia Zoologica, 45 (suppl. 1): 67-75.
- Kuru, M. 2004. Türkiye İçsu Balıklarının Son Sistematik Durumu. Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24(3): 1-21
- Kuru, M., Ergene Gözükar, S. 2001. Genetik (569 Örnek Problem ile). Palme Yayıncılık, Ankara, 360s.

- Levan, A., Fredga, K., Sandberg, A.A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Li, Y.C., Li, K., Jiang, J.Q., Sun, Q.P., Zhou, T. 1986. Studies on the karyotypes of Chinese cyprinid fishes X. karyotypes of five species of Barbinae and four species of gobioninae. *Zoological Research*, 7: 183–189.
- Luca, C., Suci, R., Costache, M. 2010. Comparative karyotype in different lineages of cyprinid fish (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae). *Studia Universitatis "Vasile Goldiș" Seria Științele Vieții*, 20(1): 37-41.
- Macgregor, H.C., Varley, J.M. 1983. Working with animal chromosomes: Chapter 4. Chromosome banding. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, pp. 74-96.
- Mirzaghaderi, G., Marzangi K. 2015. IdeoKar: an ideogram constructing and karyotype analyzing software, *Caryologia: International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics*, DOI: 10.1080/00087114.2014.998526
- Naran, D. 1997. Cytogenetic studies of *Pseudobarbus* and selected *Barbus* (Pisces: Cyprinidae) of southern Africa. M.Sc. thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- Naran, D., Skelton, P.H., Villet, M.H. 2006. Karyology of the redfin minnows, genus *Pseudobarbus* Smith, 1841 (Teleostei: Cyprinidae): one of the evolutionarily tetraploid lineages of South African barbines. *African Zoology*, 41(2): 178-182.
- Nasri, M., Keivanya, Y., Dorafshan, S. 2010. First karyological analysis of smallmouth lotak, *Cyprinion kais* Heckel, 1843, an endemic Cyprinid fish from the Tigris-Euphrates Basin. *Italian Journal Zoology*, 77(3): 272-276.
- Ness, B.D., Knight, J.A. 2004. Chromosome Structure: Encyclopedia of Genetics, Revised Edition, Volume 1, Aggression-Hybridization and Introgression. Salem Press, Inc., New Jersey, USA, p:148.
- Nirchio, M., Mujica, A., Oliveira, C., Granada, A., Mora, J., Hett, A.K., Rossi, A.R., Milana V., Sola, L. 2013. *Pseudoplatystoma metaense* and *P. orinocoense* (Siluriformes: Pimelodidae) from the Orinoco basin, Venezuela: cytogenetic and molecular analyses. *Italian Journal of Zoology*, 80(4): 526–535.
- Nur, G. 2006. Kura-Aras Havzasına Endemik *Acanthalburnus microlepis* (De Filippi 1863) ve *Alburnus filippii* (Kessler 1877)'de Kromozomal Çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Kars.
- Oellermann, L.K. 1988. The karyology and taxonomy of the southern African yellowfish (Pisces: Cyprinidae). M.Sc. thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- Oellermann, L.K., Skelton, P.H. 1990. Hexaploidy in yellowfish species (*Barbus*; Pisces, Cyprinidae) from South Africa. *Journal of Fish Biology*, 37: 105-115
- Ölmez Aydın, D., Kuru, M. 2001. Karyotype of the *Carassius auratus* (L., 1758) Live in Kızılırmak (Kayseri-Turkey). *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3): 33-37.

- Ölmez, D. 1997. Kızılırmak (Kayseri)'ta Yaşayan *Carassius auratus* (L., 1758) Ve *Silurus glaris* L., 1758'in Karyotip Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özuluğ, M., Altun, Ö., Meriç, N. 2005. On the Fish Fauna of Lake İznik (Turkey). Turkish Journal Of Zoology, 29: 371-375.
- Pekol, S. 2003. Kastamonu Beyler Barajı'ndaki *Cyprinus carpio* (L., 1758) Popülasyonunun NOR Fenotipi. Kastamonu Eğitim Dergisi, 11(1): 183-192.
- Pisano, E., Ozouf-Costaz, C., Foresti, F. 2007. Fish Cytogenetics (First Ed.). CRC Press, 518p.
- Pourali Darestani, S.P., Lakeh, A.A.B., Kiabi, H. 2006. A Karyological Study of *Barbus capito*, *Barbus mursa* and Two Populations of *Capoeta capoeta* from Northern Iran. Iranian Journal of Natural Resources, 58(4): 831-842.
- Ráb, P. 1981. Karyotypes of two African barbels *Barbus bariloides* and *Barbus holotaenia*. Folia Zoologica, 30: 181-190.
- Ráb, P., Karakousis, Y., Rábová, M. 1996. Karyotype, NOR phenotype and C-banding study of *Barbus cyclolepis* from Greece. Folia Zoologica, 45 (suppl. 1): 77-83.
- Ráb, P., Machordom, A., Perdices, A., Guegan, J.-F. 1995. Karyotypes of three «small» *Barbus* species (Cyprinidae) from Republic of Guinea (Western Africa) with a review on karyology of African small *Barbus*. Caryologia, 48: 299-307.
- Ráb, P., Ozouf-Costaz C., Berrebi P. 1993. Karyotypes, distribution of centromeric heterochromatin and polymorphism of NORs in *Barbus meridionalis* from southern France and eastern Slovakia: preliminary results. Cahiers Ethol., 13: 195-198.
- Raven, P.H., Johnson, G.B., Mason, K.A., Losos, J.B., Singer S.R. 2011. Chapter 4. Cell Structure; Eukaryotic Cells p: 66, Chapter 10. How Cells Divide; M Phase: Chromosome Segregation and the Division of Cytoplasmic Contents Biology, Ninth Edition. McGraw-Hill Companies, Inc., Mew York, USA, p: 194-196.
- Reeves, A. 2001. MicroMeasure: A new computer program for the collection and analysis of cytogenetic data. Genome 44, 439-443. <http://sites.biology.colostate.edu/MicroMeasure/>
- Saygun, S. 2005. Karadeniz'de Yaşayan Çeşitli Yassı Balıkların (Pisces, Pleuronectiformes) Kromozom Yapılarının Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Skelton, P.H., Naran, D. 1995. Polyploidy in southern African barbine cyprinids. Abstr. VIII Congr. Soc. Europ. Ichthyol., Oviedo, p. 62.
- Sözen, M., Karataş, A. 2010. Fauna of Yıldız Mountains. A report prepared on behalf of AGRER-Agriconsulting-AGRIN by M. Sözen and A. Karataş for the Ministry of Environment and Forestry, Ankara. Yıldız Mountains Biosphere Project Report Series No. 4, 147p.

- Suzuki, A., Taki, Y. 1986. Chromosomes and DNA Values of two Cyprinid fishes of the Subfamily Barbinae. Japanese Journal of Ichthyology, 32(4): 459-462.
- Şahin, C., İmamoğlu, H.O., Turan, D., Verep, B., Taşkın, V. 2007. A Preliminary Study on Growth Parameters and Mortality Rates of the Barbel (*Barbus tauricus escherichi* Steindachner, 1897) in Yeşildere Stream, Rize, Turkey. Turkish Journal Of Zoology, 31: 295-300.
- Temizkan, G.O., 1994. Genetik: I. Temel Genetik, 2. Baskı. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Basım Evi, İstanbul, 281 s.
- Thorgaard, G.H., Disney, J.E. 1990. Chapter 6. Chromosome Preparation and Analysis: Methods for Fish Biology, Eds: Schreck, C. B., Moyle, P. B., American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 171-190.
- Topaktaş, M., Rencüzoğulları, E. 2010. Bölüm2. Kromozom ve Hücre Bölünmesi: Sitogenetik. Genişletilmiş ve Düzeltilmiş 2. Baskı. Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., Ankara, s: 17-22.
- Tsigenopoulos, C.S., Berrebi, P. 2000. Molecular phylogeny of north Mediterranean freshwater barbs (Genus *Barbus*: Cyprinidae) inferred from cytochrome b sequen ces: biogeographic and systematic implications. Molecular Phylogenetics and Evolution, 14: 165–179.
- Tsigenopoulos, C.S., Karakousis, Y., Berrebi, P. 1999. The North Mediterranean *Barbus* lineage: phylogenetic hypotheses and taxonomic implications based on allozyme data. Journal of Fish Biology, 54: 267–286.
- Tsigenopoulos, C.S., Ráb, P., Naran, D., Berrebi, P. 2002. Multiple origins of polyploidy in the phylogeny of southern African barbs (Cyprinidae) as inferred from mtDNA markers. Heredity, 88: 466–473.
- Turan, C., Karcıoğlu, M., Hazar, D., Sevenler, S. 2005. Asi Nehri (Hatay)'nde yaşayan *Barbus* (Cyprinidae) türlerinin sitogenetik analizi. Türk Sucul Yaşam Dergisi, 3(4): 579-584.
- Turan, D., Taş, B., Çilek, M., Yılmaz, Z. 2008. Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) Balık Faunası. Journal of Fisheries Sciences 2(5): 698-703.
- Tüfek, Ö.M. 1993. Gökkuşluğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) kromozomlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Uğurlu, S., Polat, N. 2006. Miliç Irmağı (Terme, Samsun) Balık Faunası. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 23(3-4): 441–444.
- Uğurlu, S., Polat, N. 2008a. The Fish Species Inhabiting in the Engiz Stream (Samsun-TURKEY). International Journal of Natural and Engineering Sciences, 2(1): 97-99.
- Uğurlu, S., Polat, N. 2008b. Fish Fauna of the Karaabdal Stream (Samsun-Turkey). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8: 121-124.
- Uğurlu, S., Polat, N., Kandemir, Ş. 2009. Changes in the Lake Ladik fish community (1972-2004) and ichthyofauna of its inlet and outlet streams (Samsun, Turkey). Turkish Journal Of Zoology 33: 393-401.

- Ulupınar, M ve Alaş, A. 2002. Balık Sitogenetiği ve Laboratuvar tekniği (Ders Kitabı). 371s.
- Valenta, M., Ráb, P., Satratil, A., Kalal, L., Oliva, O. 1979. Karyotypes, heterogeneity and polymorphism of proteins in tetraploid species *Barbus meridionalis* and its hybrids with *Barbus barbus*. Proc. XVIth Int. Con. Animal Blood Groups and Biochem. Polymorphism, Leningrad, p. 204-214.
- Vasiliev, V.P. 1985. Evolutionary karyology of fishes. Publishing House Nauka, Moscow. (In Russian).
- Vasilyan, D.Z., Stepanyan, I.E., Pipoyan, S. Kh. 2009. Karyotypes of Some Cypriniform Fishes from Water Bodies of Armenia. Journal of Ichthyology, 49(8): 627-634.
- Verep, B., Turan, D., Kováč, V. 2006. Preliminary Results on Morphometry of Barbel (*Barbus tauricus* Kessler, 1877) in the Streams of Rize and Artvin Provinces (Turkey). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 6: 17-21.
- Vujošević, M., Živković, S., Rimsa, D., Jurišić, S., Cakić, P. 1983. The chromosomes of 9 fish species from Dunav Basin in Yugoslavia. Acta Biologica Iugoslavica Serija E., Ichthyologia, 15(2): 29-40.
- Welcher, F. 1966. Chemical solutions. D. Van Nostrand Company Ltd., Canada, 404pp.
- Yu, Y., Harris, A.J., He, X.J. 2008. NucType 1.5. <http://mnh.scu.edu.cn/soft/blog/nuctype> (Erişim Tarihi: 19.02.2015)
- Yüksel, E., Gaffaroğlu, M. 2008a. NOR Phenotype Of *Cyprinion macrostomus* (Osteichthyes, Cyprinidae). Journal of Fisheries Science, 2(2): 114-117.
- Yüksel, E., Gaffaroğlu, M. 2008b. The Analysis Of Nucleolar Organizer Regions In *Chalcalburnus mossulensis* (Pisces: Cyprinidae). Journal of Fisheries Science, 2(3): 587-593.
- Zan, R.G., Song, Z., Liu, W.G. 1984. Studies of karyotypes of seven species of fishes in barbinae, with a discussion on identification of fish polyploids. Zoological Research, 5(1): 82–89.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tülin ATAÇ ŞAHİN
Doğum Yeri : Fatsa / ORDU
Doğum Tarihi : 01.04.1977
Yabancı Dili : İngilizce
E-mail : tulin_atac@hotmail.com
İletişim Bilgileri : 0 536 411 37 88

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Biyoloji	İstanbul Üniversitesi	2003
Y. Lisans	Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği	Ordu Üniversitesi	2015

İş Deneyimi:

Görev	Görev Yeri	Yıl
Öğretmen	Sınav Dershanesi	2009
Mesul Müdür	Giresun Soğuk Hava Deposu	2010

Yayımlar:

1. Saygun, S., Şahin Ataç, T., 2010 Salmonidae (Pisces; Salmoniformes) Familyasında Görülen Kromozom Mutasyonlarının Türleşmedeki Evrimsel Rolü. Ulusal Alabalık Sempozyumu, Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, 06 – 08 Temmuz 2010, Konya, s. 44.