



***DROSOPHILA MELANOGASTER OREGON-R'DE
ÇEŞİTLİ TEKSTİL BOYALARININ LARVAL
YAŞAYABİLİRLİK İLE ERGİN DİŞİ VE ERKEK
POPÜLASYONLARINDA ÖMÜR UZUNLUĞU
ÜZERİNE *IN VIVO* BİYOTOKSİK ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI***

Emine ÖZTÜRK

Danışman: Prof. Dr. Handan UYSAL

Yüksek Lisans Tezi

Biyoloji Ana Bilim Dalı

2021

(Her hakkı saklıdır)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

***DROSOPHILA MELANOGASTER* OREGON-R'DE ÇEŞİTLİ TEKSTİL
BOYALARININ LARVAL YAŞAYABİLİRLİK İLE ERGİN DİŞİ VE ERKEK
POPÜLASYONLARINDA ÖMÜR UZUNLUĞU ÜZERİNE *IN VIVO* BİYOTOKSİK
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

(Investigation of *In vivo* Biotoxic Effect of Various Textile Dyes on Larval Viability and Longevity in Adult Female and Male Populations in *Drosophila melanogaster* Oregon-R)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emine ÖZTÜRK

Danışman: Prof. Dr. Handan UYSAL

Erzurum
Haziran, 2021

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**DROSOPHILA MELANOGASTER OREGON-R'DE ÇEŞİTLİ TEKSTİL
BOYALARININ LARVAL YAŞAYABİLİRLİK İLE ERGİN DİŞİ VE ERKEK
POPÜLASYONLARINDA ÖMÜR UZUNLUĞU ÜZERİNE *IN VIVO* BİYOTOKSİK
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Prof. Dr. Handan UYSAL danışmanlığında, . Emine ÖZTÜRK tarafından hazırlanan bu çalışma, 10/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı Moleküler Biyoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (3/0)** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Özkan AKSAKAL <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Handan UYSAL <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi İsmail BEZİRGANOĞLU <i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim
Kurulunun .../.../.... tarih
ve sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylıyorum

Prof. Dr. Buğra Saltuk CEYHUN

Enstitü Müdürü
Aslı Islak İmzalıdır

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Handan UYSAL danışmanlığında sunulan “*Drosophila melanogaster Oregon-R’de Çeşitli Tekstil Boyalarının Larval Yaşayabilirlik ile Ergin Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Ömür Uzunluğu Üzerine In Vivo Biyotoksik Etkilerinin Araştırılması*” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	6	30
Kuramsal Temeller	7	30
Materyal ve Yöntem	1	35
Bulgular	13	20
Tartışma	9	20
Tezin Geneli	9	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Emine ÖZTÜRK	Prof. Dr. Handan UYSAL
24.06.2021	24.06.2021
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Genetik Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaların bir kısmı da Avrasya Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Tıbbi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Yüksek lisans eğitimi sürecimde bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren ve yardımını esirgemeyen, tezimin hazırlanma aşamasında büyük emeği olan çok değerli hocam Prof. Dr. Handan UYSAL'a en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince bana destek olan laboratuvar çalışma arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Hayatım boyunca ilgi ve desteklerini hissettiren aileme sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Emine ÖZTÜRK

Haziran, 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DROSOPHILA MELANOGASTER OREGON-R'DE ÇEŞİTLİ TEKSTİL BOYALARININ LARVAL YAŞAYABİLİRLİK İLE ERGİN DİŞİ VE ERKEK POPÜLASYONLARINDA ÖMÜR UZUNLUĞU ÜZERİNE IN VIVO BİYOTOKSİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Emine ÖZTÜRK

Danışman: Prof. Dr. Handan UYSAL

Amaç: Sanayi devrimi ile beraber birçok sektörün gelişip değişmesi ile boyar madde kullanımı ve ihtiyacı artmıştır. Ancak tekstil, kozmetik, ilaç, gıda ve otomotiv gibi çok çeşitli alanlarda duyulan ihtiyaçtan dolayı doğal kaynaklar yetersiz kalmıştır. Bu nedenden dolayı sentetik boyar madde arayışı başlamıştır. Katran ve petrol türevlerinin başlangıç maddesi olarak kullanıldığı sentetik boyar maddelerin keşfi ile günümüzde önemli ve büyük bir endüstri alanı olmuştur. Endüstriyel atık miktarının ciddi bir bölümünü oluşturan ve çevrede kalıcı olan boyar maddeler, besin zinciri yoluyla tüm canlıları etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı da tekstil boyası olarak kullanılan farklı boyar maddelerin doz-süre etkileşimine bağlı olarak *Drosophila melanogaster* Oregon-R'de larval yaşayabilirlik ile ergin dişi ve erkek popülasyonlarında ömür uzunluğu üzerine olan etkilerini belirlemektir.

Yöntem: Bu çalışmada, model organizma olarak *D.melanogaster*'in Oregon-R soyuna ait 3.evre larvalar ve ergin dişi ve erkek popülasyonları kullanılmıştır. Altı farklı tekstil boyasının olası biyotoksik etkilerini belirlemek için de kısa süreli test tekniklerinden larval yaşayabilirlik (viabilite) testi ve ergin bireylerin dişi ve erkek popülasyonlarında *in vivo* ömür uzunluğu testi ile çalışılmıştır.

Bulgular: Altı farklı tekstil boyası, farklı konsantrasyonlarda (10, 20, 40, 60, 80 ppm) olmak üzere *D.melanogaster*'in Oregon-R soyunun 3.evre larvalarına ve ergin bireylerine kronik olarak uygulanmıştır. Tüm uygulama gruplarında larval yaşayabilirlik oranında hem azalma gözlenmiş hem de malformlu bireylerin olduğu görülmüştür. Ergin bireylerde de ömür uzunluğunda kontrol gruplarına göre kısalma tespit edilmiştir. Kontrol ve deney grupları için elde edilen veriler arasındaki farklılık $p<0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Sonuç: Bu tez çalışması sonucunda bazı farklı sentetik tekstil boyalarının model organizma olarak kullanılan *D.melanogaster* Oregon-R yabanıl soyunda larval yaşayabilirliği ve ergin bireylerde ömür uzunluğunu doz-süre etkileşimine bağlı olarak etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: sentetik boyar maddeler, tekstil endüstrisi, model organizma, larval yaşayabilirlik, popülasyon, yaşlanma

Haziran 2021, 95 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

INVESTIGATION OF *IN VIVO* BIOTOXIC EFFECTS OF VARIOUS TEXTILE DYES ON LARVAL VIABILITY AND LONGEVITY IN MALE AND MALE POPULATIONS IN *DROSOPHILA MELANOGASTER* OREGON-R

Emine ÖZTÜRK

Supervisor: Prof. Dr. Handan UYSAL

Purpose: Colorants, which have been a universal and multi-purpose product since ancient times, have been obtained from natural sources such as plants, insects and some soil types. However, natural resources were insufficient due to the need in various fields such as textile, cosmetics, medicine, food and automotive. For this reason, the search for synthetic dyestuffs has started. With the discovery of synthetic dyes in which tar and petroleum derivatives are used as starting materials, it has become an important and large industry area today. Dyestuffs, which constitute a significant part of the amount of industrial waste and are permanent in the environment, affect all living things through the food chain. The aim of this study is to determine the effects of different dyestuffs used as textile dyes on larval viability in *Drosophila melanogaster* Oregon-R and lifespan in adult female and male populations, depending on the dose-time interaction.

Method: In this study, 3rd instar larvae and adult female and male populations of the Oregon-R strain of *D.melanogaster* were used as model organisms. In order to determine the possible biotoxic effects of six different textile dyes, larval viability test, which is one of the short-term test techniques, and in vivo life span test in female and male populations of adult individuals were studied.

Findings: Six different textile dyes at different concentrations (10, 20, 40, 60, 80 ppm) were chronically applied to the 3rd stage larvae and adults of the Oregon-R strain of *D. melanogaster*. In all treatment groups, both a decrease in larval viability was observed and individuals with malformations were observed. A shortening of life span in adult individuals was also detected compared to control groups. The difference between the data obtained for the control and experimental groups was found significant at the $p<0.05$ level.

Results: As a result of this thesis study, it was determined that some different synthetic textile dyes affect larval viability in *D.melanogaster* Oregon-R wild strain and lifespan in adult individuals depending on dose-time interaction.

Keywords: synthetic dyestuffs, textile industry, model organism, larval viability, population, aging

June 2021, 95 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
Boyay Maddelerin Sınıflandırılması.....	7
Çözünürlüklerine göre boyay maddeler.....	8
Boyama özelliklerine göre boyay maddeler	9
Kimyasal yapılarına göre boyay maddeler	11
Serbest Radikal Teorisi	13
Somatik Mutasyon Teorisi	13
Antagonistik Pleiotropi Teorisi	13
Proteinlerin Değişikliğe Uğraması	14
Hücrel Yaşlanma Teorisi/Telomeraz Teorisi.....	14
Nöroendokrin Teori.....	15
Bağışıklık Teorisi	16
İç Faktörler	16
Genetik yapı	16
Anasal yaş	17
Yumurta verimliliği (fekundite).....	17
Cinsiyet	17
Dış Faktörler	18
Isı şartları.....	18
Nem	18
Beslenme	19
Popülasyon yoğunluğu	19

Fotoperiyot	20
KURAMSAL TEMELLER	22
MATERYAL VE METOT	29
Materyal	29
Kullanılan organizma	29
Çalışmamızda kullanılan kimyasal maddeler, alet ve cihazlar	37
Metot	38
Besi yerinin hazırlanması	38
Eterizasyon (bayılma) yöntemi	39
3. Evre larvaların elde edilmesi ve larval yaşayabilirlik (viabilite) belirlenmesi için tekstil boyalarının uygulanması	39
Ömür uzunluğu deneyleri için ergin bireylerin toplanması ve tekstil boyalarının uygulanması	39
Mikrofotografi	40
İstatistiksel yöntemler	40
ARAŞTIRMA BULGULARI	41
Tekstil Boyalarının <i>D.melanogaster</i> 'in 3. Evre Larvalarında Yaşayabilirlik ve Ölüm Oranı (Larval Mortalite) Üzerine <i>In Vivo</i> Biyotoksik Etkileri	41
Tekstil Boyalarının Ömür Uzunluğu Üzerine <i>In Vivo</i> Biyotoksik Etkileri	50
<i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Reactive Blue 19 (RB19) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi	50
<i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Superfix Navy Blue BF (SNBBF) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi	52
<i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Reactive Red 5 (RR5) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi	54
<i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Superfix Red 3BF (SR3BF) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi	56
<i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Superfix Black NNY (SBNNY) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi	58
<i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Synacryl Black XFDL (SBXFDL) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi	60
TARTIŞMA ve SONUÇ	63
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	82

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması	7
Tablo 2. Standart <i>Drosophila</i> Besiyeri'nin İçeriği	38
Tablo 3. Farklı Tekstil Boyalarına Maruz Kalan <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait 3.Evre Larvalarının Larval Yaşayabilirlik ve Larval Mortalite Değerlerine Ait İstatistiki Değerlendirmeler	48
Tablo 4. RB19 Uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.....	51
Tablo 5. SNBBF Uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.....	53
Tablo 6. RR5 Uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.....	55
Tablo 7. SR3BF Uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.....	57
Tablo 8. SBNNY Uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.....	59
Tablo 9. SBXFDL Uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.....	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kuramsal olarak metabolik blokajın meydana gelişi	14
Şekil 2. <i>D.melanogaster</i> Oregon-R'nin yabancı soyuna ait dişi ve erkek ergin bireyler.	30
Şekil 3. <i>D.melanogaster</i> 'in gelişim evreleri.....	31
Şekil 4. <i>D.melanogaster</i> 'e ait yumurtaların besiyerindeki görünüşü (f:filament, m:mikropil).	32
Şekil 5. <i>D.melanogaster</i> 'in a) Larval döneme ait imajinal diskleri b) İmajinal disklerin histolizi ile meydana gelen ergin bireye ait organlar.	34
Şekil 6. a) <i>D.melanogaster</i> 'e ait üç ayrı larval evrenin besiyerindeki görünüşü b) 1., 2. ve 3.evre larvalarının boyutları (H: kitin ağız çengelleri).....	35
Şekil 7. <i>D.melanogaster</i> 'e ait pupaların besiyerindeki görünüşü (as: anterior spirakl, ps: posterior spirakl).	35
Şekil 8. Erkek bireylerde bulunan eşey tırağı.	36
Şekil 9. Farklı tekstil boyalarına kronik olarak maruz kalan larva ve pupalarda gözlenen malformasyonlar (l: larva, p: pupa).....	43
Şekil 10. Farklı tekstil boyalarına kronik olarak maruz kalan ergin bireylerin ekstremitelerinde gözlenen malformasyonlar	44
Şekil 11. <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabancı soyuna ait 3.evre larvalarında farklı tekstil boyalarının larval yaşayabilirlik ve larval mortalite üzerine etkilerinin karşılaştırılması	48
Şekil 12. RB19 uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabancı soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri	52
Şekil 13. SNBBF uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabancı soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri	54
Şekil 14. RR5 uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabancı soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri	56
Şekil 15. SR3BF uygulanmış <i>D.melanogaster</i> Oregon-R yabancı soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri	58
Şekil 16. SBNNY uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabancı soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri	60
Şekil 17. SBXFDL uygulanmış <i>D.melanogaster</i> 'in Oregon-R yabancı soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri	62

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

♀	: Dişi
♂	: Erkek
8-OHdG9	: 8-hidroksi-2-deoksiguanozin
AO7	: Acid Orange 7
BR51	: Basic Red 51
CR	: Congo Red
DB38	: Direct Black 38
dm³	: Desimetreküp
DNA	: Deoksiribonükleik asit
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü'ne
EPA	: Environmental Protection Agency
ERY	: Eritrostaminon
FDA	: Food and Drug Administration
GHR	: Büyüme hormonu reseptör geni
GST	: Glutasyon S-transferaz
Maks.	: Maksimum
MB5G	: Maxillon Blue 5G
MDA	: Malondialdehit
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
PCO	: Protein karbonil
ppm	: Parts Per Million
R	: Regresyon katsayısı
RB15	: Reactive Blue 15
RB19	: Reactive Blue 19
RB203	: Reactive Blue 203
RNA	: Ribonükleik asit
ROT	: Reaktif oksijen türleri
RR5	: Reactive Red 5
SBNNY	: Superfix Black NNY
SBXFDL	: Synacryl Black XFDL

SDB	: Standart <i>Drosophila</i> besiyeri
SNBBF	: Superfix Navy Blue BF
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SR3BF	: Superfix Red 3BF
UV	: Ultraviole
µg	: Mikrogram
Mm	: Mikromolar



GİRİŞ

Yaşadığımız dünyanın en önemli ekolojik sorunlarından biri olan endüstriyel kirlenme ve bu çevre probleminde önemli katkı payına sahip olan tekstil endüstrisi, hammaddesi elyaf olan kumaş ve diğer tekstil ürünlerinin üretildiği, birçok alt prosesten oluşan, hem dünya hem de ülkemiz ekonomisi için önemli ve büyük bir sektördür.

Elyaf, doğal olarak keten, kenevir, yün, pamuk, ipek, kuş tüyü, deri, moher (mohair/tiftik) ve kıllardan, sentetik olarak da rayon (viskon), kazein, asetat-selüloz ester, naylon polyester, akrilik ve vinilden elde edilmektedir. Elyafın elde edilme işlemleri, iplik yapımı, dokuma ve terbiye hazırlık proseslerinden oluşmaktadır. İplik yapımı ve dokuma hazırlık aşamaları, çeşitli birimlerden oluşan ve kuru işlemler diye tanımlanan süreçleri kapsarken, terbiye işlemi (haşıl dökme, yıkama, pişirme, merserizasyon, kasar, boyama, apreleme) bol miktarda suyun kullanıldığı ıslak proseslerden meydana gelmektedir. En çok su harcanan işlemlerden birisi ise boyamadır. Tekstil endüstrisi deşarjları, kullanılan boyar maddenin yapısına göre çözünmüş halde ya da kolloidal yapıda bulunabilen çok renkli atık suları içermektedir ve bu atık suların bulunduğu alanlarda endüstriyel kirlenme meydana gelmektedir (Tünay *et al.* 1996; Ölmez 1999).

Renk, cismin bir ışık kaynağından yayılan ya da yansıyan özelliğinin gözümüzde oluşturduğu etki yani gözümüzle algılanmasıdır. Cisimlerin yüzeyinin dış etkenlerden korunması için renkli hale getirilip, örtme işlemi yapan maddelere boya denir ve genellikle boyalar inorganik yapıdadırlar (Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , HgS vb). Cisimlerin yüzeyi ile kimyasal/fizikokimyasal etkileşime girerek, çözelti ya da süspansiyon formunda uygulanıp, onların renkli hale getirilmesini sağlayan ve genellikle organik yapıda olan (tekstilde kullanılanlar) çözünmeyen yapıdaki maddelere de boyar madde denilmektedir. Boyar maddenin tekstil materyaline nüfuz ederek renklenmesine neden olması ise boyama olarak tanımlanmaktadır. Boyar maddeler uygulandığı materyalin yapısını değiştirirler ve bu materyaller fiziksel uygulamalarla eski haline döndürülme olanağını kaybederler. Renk, tekstil ürünlerinin cezbedici faktörüdür ve ticari ürün olarak değer görmesinde çok önemlidir. İnsanlar renkleri binlerce yıldır güzellik algısı, iyileşme, korunma, eğlenme gibi nedenlerle kullanmışlardır.

Bilim tarihinde kumaşa renk uygulama sanatının M.Ö. 3500'den beri doğal kaynaklardan temin edildiği bilgisi verilmektedir. Renk ve renklendirme, maya ve bakteri gibi mikroorganizmalardan, bitkilerin kök, kabuk, tohum, meyve, çiçek kısımlarından, bazı

böcekler ve balıklardan, hayvanların deri ve salgı bezlerinden basit bir takım işlemler sonucu elde edilmektedir. Bunların bilinen ilk örneklerine, Fransa'da ve İspanya'daki mağaralarda yontma taş devrine (paleolitik dönem) ait taşlarda, hematit (demir oksit) ve manganoksit gibi pigment maddeleri içeren renkli topraklar kullanılarak yapılan mağara resimlerinde rastlanmıştır. Boyar maddelerin çeşitli malzemelerde özellikle kumaş boyamasında kullanılması ise ilk defa Mısırlılar tarafından yapılmıştır. İlk örneklerini de Fabaceae familyasından *Indigofera tinctoria* (indigo ağacı) bitkisinden mavi, Rubiaceae familyasından *Rubia tinctorum* (kökboya bitkisi) bitkisinden elde edilen ve Avrupa'da Türk kırmızısı olarak bilinen alizarin oluşturmuştur. Hayvansal orijinli örnekler ise Coccidae familyasına ait *Coccus ilicis* adıyla bilinen kermes böceğinden elde edilen kırmızı ile *Muricidae* familyasına ait *Murex* (kaya salyangozları)'den elde edilen purpurdur ki bu renk özellikle eski çağlarda gücün, yüksek mevkinin ve saygınlığın simgesi olarak bilinen mor rengin kaynağı olmuştur. Bakterilerden *Escherichia coli*'den indigo ya da *Janthinobacterium lividum*'dan mor pigmentler de elde edilmektedir. Ayrıca bir çeşit mantar olan *Aspergillus niger*'de siyah renk eldesi için kaynak teşkil etmektedir (Başer ve İnanıcı 1990; Önal 2000; Hunger 2003; Kant 2012; Gürcüm ve Öneş 2018).

Doğal boyar maddelerin elde edilmesinin zor, pahalı ve miktar olarak az olması, renk skalasının dar, kalitelerinin de düşük oluşu gibi nedenlerden dolayı 19. yüzyıldan itibaren sentetik boyar madde üretimi ile ilgili araştırmalar yoğunluk kazanmıştır (Koçak 2011). Boyar madde üretiminde kullanılacak/kullanılan hammadde, petrol ve kömürden elde edilmektedir. Aromatik hidrokarbon yapısında olan benzen, kömür ve petrolden elde edilen toluen, ksilen, naftalin gibi türevleri olan organik bileşiklerin en basit sınıfında yer almaktadır. Benzen aynı zamanda plastik, sentetik deterjan, uçak benzini gibi birçok sanayi ürününün ve boya yapımında kullanılan anilinin de başlangıç maddesidir (Seventekin 1988). 1856 yılında William Henry Perkins tarafından anilinden toluidin içeren mauvein'nin (anilin moru) tesadüfen sentezlenmesi, sentetik ve teknik öneme sahip organik boyar madde endüstrisinin gelişmesine öncü olmuştur. Anilin benzenden nitrobenzen elde edilmesiyle oluşmuştur. İlk azo boyar madde 1862 yılında sentezlenmiş ve 2.dünya savaşından sonra da reaktif boyar maddelerin keşfi ve üretilmesi ile bugün devasa büyüklüğe ve dolayısıyla da oldukça önemli bir endüstriye dönüşmüştür (Kant 2012).

Boyar maddelerin büyük bölümü tekstil endüstrisi olmak üzere, sentetik lif, deri, plastik/lastik, kereste, selüloz, kağıt, matbaa, otomotiv, makine, inşaat, cam/porselen, ilaç, güzel sanatlar ve kozmetik sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Kurbanova *et al.* 1998). Tekstil boyaları, tüm dünyada en fazla ABD, Çin, Hindistan ve Orta Doğu ülkelerinde

10.000'den fazla boya ve pigment çeşidi kullanılarak yılda yaklaşık olarak 7×10^5 ton olmak üzere üretilmektedir.

Tekstil sanayisine ait atık sular, boyar madde ve boyamaya yardımcı kimyasal maddelerden oluşmaktadır. Kullanılan boyanın sınıfına göre %2 ila %50 oranında boya alıcı ortama verilebilmekte ve bu oranlar ile boya kirliliği dünyadaki toplam atık su kirliliğinin 1/5'ini oluşturmaktadır (de Oliveira *et al.* 2016). Çok çeşitli olan boyar maddeler, karmaşık kimyasal yapıya sahip organik bileşiklerdir. Kükürt, naftol, küp boyalar, nitratlar, sabunlar, enzimler, krom bileşikler ve bakır, arsenik, kurşun, kadmiyum, civa, kobalt, nikel gibi ağır metallerin varlığı ve bazı yardımcı kimyasalların tümü toplu olarak tekstil atıklarını oldukça toksik hale getirmektedir. Suda bulunan diğer zararlı kimyasallar, formaldehit bazlı boya sabitleme maddeleri, klorlu leke çıkarıcılar, hidrokarbon bazlı yumuşatıcılar, biyolojik olarak parçalanamayan boyama kimyasallarından bazılarıdır. Bu organik materyaller, başta klor olmak üzere birçok dezenfektanla reaksiyona girerek genellikle kanserojen yan ürünler oluştururlar ve bunların çoğu da organizmalarda alerjik reaksiyonlara sebep olurlar. Renkler ile birlikte bulunan kolloidal maddeler bulanıklığı artırarak suya kötü bir görünüm ve koku verirler.

Kullanılan sentetik boyalar, bulundukları ortamdaki tüm yaşam türleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bol su harcanarak boşaltılan tekstil endüstrisi atıklarının alıcı ortamları arasında içme suyu kanalları, nehirler, göller, denizler gibi su ekosistemleri ve tarlalar gibi kara ekosistemleri bulunmaktadır. Bu tip kirliliğe maruz kalmış alanlardan alınan atık su örnekleri ile yapılan mutajenite testleri, tekstil endüstrisi atıklarının farklı canlı gruplarında orta dereceli risk oluşturabildiklerini göstermiştir (Houk 1992; Mathur *et al.* 2005). Yapılan çalışmalar bu atıklarda bulunan bileşiklerin, sucul ve oksijenli solunum gerektiren ortamlarda uzun süre bozunmadan kaldığını, ışık ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerden etkilenmediğini, ortamın pH'sını da değiştirdiklerini göstermiştir. Örneğin; Carmen and Daniela (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, Reactive Blue 19 tekstil boyasının sucul ortamlarda 25°C'de ve pH: 7.0'de yaklaşık 46 yıllık yarılanma ömrüne ve yüksek çevresel kalıcılığa sahip olduğu gösterilmiştir.

Bu tip kirleticiler estetik olarak seyir zevki oluşturmayan görüntülere sebebiyet vermekle beraber aynı zamanda ışık geçişini sekteye uğratarak fotosentez aktivitesinde azalmaya da neden olmaktadır. Bunun sonucunda sudaki oksijen transfer mekanizmasında aksaklıklara neden olarak suyun kendi kendini arıtma sürecini engellenmekte, yetersiz oksijen ve oluşan yan ürünler, sucul biyotanın yaşam döngüsünde önemli riskler oluşturmaktadır. Öyle ki; sucul ortamda bulunan boyar maddeler, kabuklu canlılar ve balıklar yardımıyla

bileşenlerine ayrılmakta, açığa çıkan toksik/genotoksik maddeler biyoakümülyasyon ile karaciğer, solungaç, deri gibi organları, bu organlarla bağlantılı olan solunum, üriner ve kardiyovasküler sistemleri etkilemektedir. İnsanlar da besin zinciri vasıtasıyla bu toksik bileşenlerden en fazla etkilenen bir diğer grubu oluşturmaktadırlar (Şenel vd 2012).

Tekstil endüstrisine ait atık suların tarım alanlarına akması toprak gözeneklerinin tıkanıp verimin düşmesine, sucul alanlara akması ise içme suyunun insan tüketimi için elverişsiz hale gelmesine neden olmaktadır. Tekstil endüstrisi atıklarda bulunan boyaların %70 gibi büyük bir kısmını oluşturan azo boyaları, bu sektörün dışında gıda, kozmetik ve ilaç endüstrisinde de FDA (Food and Drug Administration) sertifikalı renklendiriciler olarak kullanılmaktadır (Chung 2016). Bu boyalar mutajenik etkili aromatik aminler üreterek kanserojenik, genotoksik ve teratojenik (doğumsal kusur/konjenital malformasyon) etkili olabilmektedirler. Azo boyaları abiyotik ortamda (hidroliz, fotoliz, oksidasyon ile) ve biyotik (mikrobiyal aktivite) faktörlerle toksik yan ürünler oluşturmaktadırlar (Rawat *et al.* 2018). Bu da boyaları canlılar için riskli ürünler kategorisine sokmakta ve kirletici maddelerin nihai bertarafından önce atık sulardan uzaklaştırılmasını zorunlu kılmaktadır (Malkoç 2008; Kant 2012; de Olivera *et al.* 2016; Croce *et al.* 2017). Azo boyaları doğum kusurlarına ve gıda güvenliği sorunlarına yol açabilen, kanserojen etki gösterebilen genotoksik ajanlardır. Üreme ve merkezi sinir sistemi, beyin, böbrek, karaciğer gibi organlardaki fonksiyon bozukluklarının şiddetlenmesine de neden olabilmektedirler (Guo *et al.* 2019).

Daphnia magna (su piresi) ve *Raphidocelis subcapitata* (bir çeşit yeşil alg) kullanılarak 42 çeşit ticari tekstil boyasının sucul toksisite ve ekolojik etkileri, Croce *et al.* (2017) tarafından araştırılmış ve tüm boyaların her iki grupta özellikle alglerde toksik etki gösterdiği bildirilmiştir. Novotný *et al.* (2006)'a göre, Reactive Orange 16 azo boyası *Salmonella typhimurium*'da nokta mutasyona neden olmuştur. Vat Green 3 boyası da, iki ayrı su piresi (*Daphnia similis* ve *Ceriodaphnia dubia*) ile biyoindikatör olarak kullanılan bir çeşit mikro alg (*Pseudokirchneriella subcapitata*) için önemli derecede toksik etkili olarak rapor edilmiştir (de Luna *et al.* 2014).

Acid Orange 7 (AO7) boyası, kozmetik ve tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ve muhtemelen toksik olmayan insan cildi ve gözü için hafif tahriş edici bir azo boyadır. Ancak bu boyanın halofilik (tuzlu) ortamlarda mutajen yan ürünlere dönüştüğü bildirilmiştir. AO7 indirgendiğinde oluşan bu yan ürünlere bağlı olarak bitkilerde kök büyüme ve biyokütle ağırlığında önemli oranda azalma gözlenirken, indirgenmeyen boya ile yapılan fitotoksisite testinde bu etkilere rastlanılmamıştır. AO7 boyasının bozunmasıyla moleküler ve hücresel düzeyde toksisiteye sebep olan yan ürünlerin güçlü sitotoksik etkilere ve

kromozomal anormalliklere neden olduğu Rawat *et al.* (2018) tarafından ortaya konulmuştur. Dispers Blue 291 boyasının da insan karaciğer hücrelerinde (Hep G2) DNA'ya bazı baz çiftlerinin eklenmesi veya çıkarılmasına sebep olarak genetik kodda hata meydana getirdiği gözlenmiştir (Rai *et al.* 2005).

Direct Black 38 (DB38) ve Reactive Blue 15 (RB15) tekstil boyalarının, hayvansal ve bitkisel organizmalar kullanılarak akut toksik ve genotoksik etkileri araştırılmıştır. *Cucumis sativus* (salatalık), *Lactuca sativa* (marul) ve *Lycopersicon esculentum* (domates) gibi organizmalarda, tohum çimlenmesi ve kök uzamasına olan etkilerine bakılmış ve herhangi bir toksik etki gözlenmemiştir. Ancak DB38 ve RB15 boya *D.magna*'da toksik etki göstermeyip, genotoksik olarak DNA'da hasar oluşturmuşlardır. Özellikle DB38 *Daphnia* ve *Oncorhynchus mykiss* (gökkuşağı alabalığı) gonad-2 hücreleri için en toksik boya olarak DNA hasarını indüklemiştir ve oksidatif hasara da sebep olmuştur. *Artemia salina* (tuzlu su karidesi) için ise toksik etkiler öldürücü boyutta gözlenmiştir. Çalışılan her iki boya, hayvansal organizmalarda hem toksik hem de genotoksik etkiye sebep olmuş ve boyaların biyolojik aktivitelerinin farklı olduğu, türe özgü toksisite gösterebileceği vurgulanmıştır. Yine aynı çalışmada bildirildiğine göre, DB38 insanlarda kanserojen olarak sınıflandırılan azo boyalardandır ve *Danio rerio* (zebra balığı) üzerinde yapılan bir başka çalışmaya göre embriyotoksik etkiye de sebep olmaktadır. Aynı şekilde RB15 boyasının da zebra balıkları, bakteriler ve kurbağa yavrularında toksik etki gösterdiği bildirilmiştir (de Olivera *et al.* 2018).

Direct Black 38, Reactive Blue 15, Reactive Orange 16 ve Vat Green 3 tekstil boyalarının *D.rerio*'da sebep olabileceği toksik etkilerin incelendiği bir çalışmada, embriyo ve larva gelişiminde malformasyon tespit edilmiştir (de Olivera *et al.* 2016). Tekstil boyası Direct Blue 15, *P.subcapitata*, *C.dubia* ve *D.rerio* türlerinde farklı derecelerde toksisiteye neden olmuştur. Bu boya, *C.dubia*'da üremenin gecikmesine ve toplam döl sayısında azalmaya, *D.rerio* embriyolarında iskelette deformasyonlara, kavisli kuyruk yapısının oluşmasına ve kalp atışının görülmemesine neden olmuştur. *P.subcapitata*'da ise klorofil-a ve b ile protein, karbonhidrat, lipid miktarında artış, karotenoidlerde azalma gibi durumlar gözlenmiştir (Hernández-Zamora and Martínez-Jerónimo 2019). *Ceriodaphnia rigaudi* *P.subcapitata*, *D.magna* ve *D.rerio* model organizmaları kullanılarak Congo Red (CR) tekstil boyasının etkilerinin incelenmesi ile *P.subcapitata*'da popülasyon büyümesinin engellendiği, *D.rerio*'da larva gelişiminin yumurta evresinde kaldığı, kalp atışının görülmediği ve iskelet bozukluğunun olduğu tespit edilmiştir (Hernández-Zamora and Martínez-Jerónimo 2019).

Zebra balığı embriyolarının Reactive Blue 203 (RB203) ve Maxillon Blue 5G (MB5G) tekstil boya ile 96 saat muameleye tabi tutulması sonucunda oluşan

toksik/genotoksik etkilerin incelendiği araştırmaya göre, her iki boya da genotoksik etkili bulunmuş ve mikroftalmi, perikardiyal ödem ve kavisli vücut yapısı gibi gelişimsel anomaliler oluşmuştur. RB203 maruziyeti sonrasında, beyinde 8-hidroksi-2-deoksiguanozin (8-OHdG9) ekspresyonundaki artışa bağlı oksidatif stres de gözlenmiştir. Oksidatif stres DNA hasarı ile etkisini göstermekte, bu da mutasyon ve ölüm ile sonuçlanabilmektedir (Köktürk *et al.* 2021).

Basic Red 51 (BR51) sentetik azo boyası ile Eritrostaminon (ERY) doğal boyası, zebra balığı embriyolarında glutatyon S-transferaz (GST) aktivitesini artırmış, oksidatif hasarı teşvik ederek pro-oksidan özellik göstermişlerdir (Abe *et al.* 2017). Pro-oksidanlar, reaktif oksijen türlerinin (ROT) oluşumuna yol açarak veya antioksidan sistemlerini inhibe ederek oksidatif strese neden olan molekül yapılarıdır. BR51 boyası, toplam glutatyon seviyesini ve katalaz aktivitesini de artırmıştır. Anilin, Acid Orange 7 gibi azo boyalarının indirgenmesi ile oluşan bileşiklerden birisidir ve kanserojenik/mutajenik etkileri Rawat *et al.* (2018) tarafından bildirilmiştir. Bu bileşik, Fischer 344 ratlarına farklı dozlarda ve *in vivo* olarak uygulandığı zaman klastojenik (kromozom kırıkları) etkiler meydana geldiği ve ratların dalağında nadir görülen bir tümörün indüklendiği (Bomhard and Herbold 2005), *Drosophila melanogaster* larvalarına uygulandığı zaman da somatik hücrelerde mitotik rekombinasyona yol açtığı (Vogel and Nivard 1993) gözlenmiştir.

Tekstil endüstrisinde pamuklu ürünlerin boyanması için en çok tercih edilen reaktif boyar maddeler (Aspland 1993), azo boyalardan elde edilmektedir (Zollinger 2003). Antrakinin boyar maddeleri de karbonil boyar madde yapısına sahiptirler ve azo boyalardan sonra kullanılan en eski ve en büyük boya sınıfıdır. C.I. Reactive Blue 19, C.I. Acid Blue 45, Alizarin gibi boyalar karbonil boyar maddelere örnek olarak verilmekte ve insanlar ile hayvanlar için azo boyalardan daha toksik etki gösterdikleri bildirilmektedir (Varjani *et al.* 2020). Azo boyaların üretiminde kullanılan ve bir arilamin olan benzidin de uluslararası kanser araştırma ajansı tarafından kanserojen olarak kabul edilmektedir. İnsanlarda, özellikle mesanede tümöral kütle oluşumunu uyaran bu maddeye mesleki olarak maruziyet sonucunda kansere yakalanma oranında artış ve ölüm görülmüştür (Morgan *et al.* 1994; Choudhary 1996; Brown *et al.* 2011; Chen *et al.* 2014).

Benzidin kanserojen etkilerinin yanı sıra aynı zamanda DNA hasarına da yol açan genotoksik ajanlardan birisi olarak kabul edilmiştir. Das *et al.* (1994), benzidine maruz kalan farelerin lenfosit hücrelerinde kromozomal aberasyonların oranında artış gözlemiştir. Bu maddeye soluma, yutma veya enjeksiyon yoluyla maruz kalma sonucunda kemirgenlerin karaciğer ve böbreğinde ağırlık azalması, karaciğerde şişlik, dalakta büyüme ve idrarda kan

gibi komplikasyonlar da gözlenmiştir (Choudhary 1996; Ching Chen *et al.* 2011). Benzer bir başka çalışma da Lentz *et al.* (2010) tarafından yapılmış ve kronik benzidin maruziyeti yaşayan *Gambusia affinis* (sivrisinek balığı)'de apoptoz ile insan karaciğer dokusunda tümör oluşumu gözlemiştir. Zebra balığı embriyolarının benzidine maruz bırakılması ile de doz-süre etkileşimine bağlı olarak beynin telencephalon bölgesinde malformasyonlar, beyin ve dorsal nöronlarda yaygın apoptoz, embriyo gelişiminde yavaşlama ve embriyonal anomaliler gözlenmiştir. Chen *et al.* (2014)'a göre, benzidin muhtemelen p53 ekspresyonunu arttırarak apoptozu tetiklemiş olabilir.

Boyar Maddelerin Sınıflandırılması

Boyar maddeler; çözünürlüklerine, boyama özelliklerine ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılmaktadır (Tablo 1) ve farklı sınıflara ait örneklerden bazılarının özellikleri de şöyledir;

Tablo 1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması

Çözünürlüklerine göre	Boyama özelliklerine göre	Kimyasal yapılarına göre
➤ Suda çözünenler Anyonik boyar maddeler Katyonik boyar maddeler Zwitter iyon karakterli boyar maddeler ➤ Suda çözünmeyenler Substratta çözünen boyar maddeler Organik çözücülerde çözünen boyar maddeler Geçici çözünürlüğü olan boyar maddeler Polikondenzasyon boyar maddeler Elyaf içinde oluşturulan boyar maddeler Pigmentler	Asit boyar maddeler Bazik boyar maddeler Direkt boyar maddeler Mordan boyar maddeler Reaktif boyar maddeler Küpe boyar maddeler İnkişaf boyar maddeler Metal kompleks boyar maddeler Dispersiyon boyar maddeler Pigment boyar maddeler	Azo boyar maddeler Nitro ve nitrozo boyar maddeler Kükürt boyar maddeler Polimerin boyar maddeler Arilmetin boyar maddeler Aza [18] anulen boyar maddeler Karbonil boyar maddeler

Çözünürlüklerine göre boyar maddeler

➤ Suda çözünen boyar maddeler

Bu boyar maddelerin yapılarında tuz oluşturabilen en az bir tane grup vardır. Eğer yoksa teknik olarak sonradan boyar madde molekülüne eklenerek çözünürlük sağlanabilmektedir. Suda çözünen boyar maddeler tuz içeren grubun özelliğine göre üçe ayrılmaktadır;

Anyonik suda çözünen boyar maddeler

Bu grupta en çok sülfonik ($-\text{SO}_3^-$) ve kısmen de karboksilik ($-\text{COO}^-$) asitlerin sodyum tuzları ($-\text{SO}_3\text{Na}$ ve $-\text{COONa}$) kullanılmaktadır. Renk anyonun mezomerik yapısından kaynaklanır. Asit ve direkt boyar maddeler bu tiptedir.

Kasyonik suda çözünen boyar maddeler

Molekülde yer alan bazik grup ($-\text{NH}_2$), çözünürlüğü sağlayan ve asitlerle tuz oluşturan yapıdadır. Asit olarak HCl ya da COOH_2 gibi asitler kullanılmaktadır.

Zwitter iyon karakterli boyar maddeler

Moleküllerinde asidik ve bazik gruplar birlikte yer alır ve bir iç tuz oluştururlar. Boyama sırasında ortama göre bazik veya nötral anyonik boyar madde gibi davranırlar.

➤ Suda çözünmeyen boyar maddeler

Bu bölümde sınıflandırılan boyar maddeler çoğunlukla tekstil alanında kullanılır ve birkaç gruba ayrılırlar;

Substratta çözünen boyar maddeler

Suda küçük parçacıkların asılı halde bulunduğu, düşük çözünürlüklü boyar maddelerdir. Dispersiyon boyar maddeleri bu özelliktedir ve genellikle elyaf boyama için kullanılırlar.

Organik çözücülerde çözünen boyar maddeler

Bu grup boyalar, solvent boyar maddeler olup her türlü organik çözücüde çözünürler. Vaks (bal mumunun sanayide mat yüzeyleri parlak ve kaygan duruma getiren türü), petrol ürünleri ve matbaa mürekkebinin renklendirilmesinde kullanıldıkları gibi sprey ve lak (tekstil ürünlerinin daha parlak ve dikkat çekici görünmesi için baskı yüzeyine yapılan bir çeşit uygulama olup bu uygulama ile toz, su, kıvrılma gibi dış etkenlere karşı ekstra dayanıklılık sağlanmaktadır) şeklinde de uygulanabilmektedirler.

Geçici çözünürlüğü olan boyar maddeler

Suda çözünür hale gelmesi için çeşitli indirgeme maddeleri ile muamele edilerek elyafa uygulanır ve daha sonra tekrar yükseltgenerek suda çözünmesi engellenir. Kükürt boyar maddeleri bu şekilde uygulanmaktadır.

Polikondenzasyon boyar maddeleri

Elyaf üzerine uygulanırken veya uygulanmasının hemen akabinde birbiri ile ya da başka moleküllerle bir araya gelip büyük moleküller oluşturan boyar madde grubudur.

Elyaf içinde oluşturulan boyar maddeler

İki ayrı bileşenin kimyasal reaksiyonla elyaf içinde oluşturulmasıyla meydana gelir. Suda çözünmezler. Fitosiyaninler ve azoik boyar maddeler bu gruptadır.

Boyama özelliklerine göre boyar maddeler

Boyar maddelerin endüstriyel alanda en önemli özelliği, kullanım şekli bakımından onların boyama özelliğidir.

Asit boyar maddeler

Molekülde bir veya birden fazla sülfonik asit ($-SO_3H$) grubu veya nadir olarak da karboksilik asit ($-COOH$) grubu bulunduran sodyum tuzları şeklindeki boyar maddelerdir. Bu grupta yer alan boyalardan yün, kağıt, deri, ipek, poliamid, katyonik modifiye akrilonitril elyafı ve besin maddelerinin boyanmasında yararlanılmaktadır. Selülozik elyafa karşı ilgisi olmayan bu boyalar, elyafa tutunabilme özelliğine sahiptirler.

Bazik boyar maddeler

Renkli kısımda katyonik grup taşıyan ve anyonik grup içeren liflerle bağlanabilen, genelde poliakrilonitril (sentetik, yarı kristalli organik polimer reçinesi olup içi boş elyaf ve tekstil lifleri üretmek için kullanılan bir polimerdir) boyaması için, kısmen de pek tercih edilmemekle birlikte yün ve pamuk elyaf boyamasında kullanılan boyalardır.

Direkt boyar maddeler

Bu grup boyalar, asit boyar maddelere benzemekle birlikte boyama yöntemi bakımından farklılık gösterirler. Boyama öncesinde herhangi bir işlem gerektirmeden selüloz ya da yüne doğrudan bağlanıp elyafın iç misellerine tutunabilen, suya karşı dirençleri düşük olan boya grubudur. Direkt boyar maddeler ucuz ve boyama işleminin basit olması ile boyadığı elyafı yıpratmamasından dolayı tercih edilirler. Rayon (kayın ağacı liflerinden elde

edilen ve yapay ipek olarak da bilinen bir kumaş türü), pamuk, keten, ipek ve hatta naylon boyamada da kullanılırlar.

Mordan boyar maddeler

Mordan, kumaş boyama işleminde renk sabitleştirici olarak kullanılan, boyaların solmaz şekilde elyafa bağlanmasını sağlayan ve genellikle değişik renkler elde etmeye yarayan yardımcı maddelerdir. Bu amaçla Al, Sn, Fe ve genellikle Cr tuzları kullanılmaktadır. Boyama işleminde mordan önce elyafa yerleştirilir, ardından boyar madde ile reaksiyona sokularak suda çözünmeyen bir bileşiğe dönüştürülür ve böylece boyar madde elyaf üzerine sabitlenmiş olur. Bu boyalar, özellikle yün olmak üzere, ipek, selülozik elyaf ve naylon boyamada tercih edilirler.

Reaktif boyar maddeler

Bu grupta yer alan bütün boyar maddeler, yüksek oranda suda çözünürler ancak düşük dağılıma sahiptirler. Reaktif grup, elyaftaki fonksiyonel grup ile kovalent bağ oluşturur ve boyar maddenin life sıkıca tutunmasını sağlar. Son yıllarda geliştirilmiş olan bu grup boyalar yün, ipek ve elyafın boyanmasında kullanılırlar.

Küpe boyar maddeler

Yapısında karbonil grubu bulunduran, suda çözünmeyen, indirgenme ile suda çözünür hale getirilip elyafa tutunmayı sağlayan boyar maddelerdir. Boyama işlemi sonunda oksidasyonla tekrar çözünmez hale getirilerek boyanın elyafa sabitlenmesi sağlanmaktadır. Bu gruba dahil olan indigo gibi doğal kökenli boyar maddeler eskiden beri bilinmektedir. Çoğunlukla selülozik nadiren de protein elyafın boya ve baskısında tercih edilmelerine rağmen maliyetinin yüksek, boyamanın da zahmetli olmasından dolayı kullanımı diğer boyalara göre daha azdır.

İnkişaf ve metal kompleks boyar maddeler

Belirli gruplara sahip bazı azo boyar maddeleri ile Cr ve Cu gibi metal iyonlarının k kompleks teşkili ile oluşan boyar madde grubudur. Krom kompleksleri daha çok yün, poliamid, bakır kompleksleri ise pamuk ve deri boyamada kullanılmaktadırlar.

Dispersiyon boyar maddeler

Bu grup boyalar, suda çok az miktarda çözündüğü için dispersiyon (küçük parçacıklar) halinde uygulanırlar ve boyama boyar maddenin hidrofob elyaf üzerine difüzyon ile geçerek burada çözünmesi ile gerçekleşir. Polyester elyafın boyanması için kullanılan bir boya grubudur.

Pigment boyar maddeler

Bu boyalar genel olarak suda ve organik çözücülerde çözünmezler. Dolayısıyla tekstil liflerine ilgileri yoktur. Kimyasal bağlanma veya çekim kuvvetleri ile bağlanma söz konusu olmadığı için elyafa sentetik reçineler ile tutunan boyar maddelerdir. Kumaş yüzeyinde ince dağılmış halde bulunur.

Kimyasal yapılarına göre boyar maddeler

Bu gruba dahil boyar maddeler sentez ve uygulanmalarına göre sınıflandırılırlar.

Azo boyar maddeler

Sentetik olarak elde edilen organik boyar maddelerin en önemli ve kalabalık grubudur ve hemen hepsinin yapısında azo grubu ($-N=N-$) bulunur. Doğal boyar maddeler ise azo grubu taşımazlar. Geniş renk spektrumuna sahip olan bu boyaların sentezlenmesi sulu çözeltide yapılabildiği için çok sayıda boyar madde elde edilebilmektedir.

Kükürt boyar maddeler

Yapısı kesin olarak ispatlanamamış ve şu ana kadar saf olarak elde edilememiş bir gruptur. Aromatik aminler, sodyum sülfür ya da sodyum polisülfür, fenol, kükürt ile reaksiyona girerek makromoleküle dönüşen ancak suda çözünmeyen boyar madde sınıfıdır. Özel uygulamalarla suda çözünen bileşiklere dönüştürülebilirler (Başer ve İnanıcı 1990).

Daha önce yapılan araştırmaların sonuçlarına göre, boyar maddeler ister doğal ister sentetik olsun organizmalar üzerinde toksik ve genotoksik etkiye sahiptirler. Özellikle herhangi çevresel/dış faktörlerden (boyar madde, beslenme, UV, insektisit gibi.) kaynaklanan toksik etkilere bağlı olarak organizmalarda görülen akut ölümler ile herhangi bir popülasyondaki birey sayısının azalması “popülasyonda yaşlanmaya” sebep olmaktadır. Bir başka ifade ile ölüm oranı doğum oranından fazla olduğu için “popülasyon yaşlanmaktadır” diyebiliriz. Ya da yine dış faktörlerden kaynaklanan toksik etkilere dayalı olarak organizmaların iç faktörlerindeki stabilitenin bozulması ile bireyler o türe ait normal ömür uzunluğundan daha kısa ömür uzunluğuna sahip olacağı için birey sayısındaki azalmalara dayalı olarak popülasyon yine yaşlanmaktadır. Bu kısımda da **yaşlanmaya** neden olabilen/olabilecek teoriler hakkında bilgiler verilecektir.

Oscar Wilde’a göre “Ruh yaşlı doğar fakat gençleşir, hayatın komedisi bu. Beden ise genç doğar gitgide yaşlanır. Bu da hayatın trajedisi”.

İnsanlık tarihi ile başlayan ve nedenleri merak edilen yaşlanma, günümüzde de ilgi çekici özelliğini korumakta ve çok çeşitli araştırmaların konusunu oluşturmaktadır. Bu

Çalışmaların en önemli nedeni ise yaşlı nüfus popölasyonunda özellikle 19. yüzyıldan itibaren görölen artıştır, gittikçe daha fazla insan yaşlanmaktadır. İnsanın doğduğu andan itibaren büyüme, gelişme ve üreme yetkinliğine kavuşması ile yaşlanma başlamakta ve önüne geçilemez sona yaklaşılmaktadır.

Doğumla birlikte başlayan süreçte insan yaşamının son evresi, ömrün en aşağı ucu, varılan en son nokta yaşlılıktır. “Yaşlıların, hayatlarını umutlardan çok anılar yönlendirir çünkü önlerindeki hayat kısa, geçmişleri uzundur ve umutlar geleceğe, anılarsa geçmişe dönük olur. Gevezeliklerinin nedeni de budur” der Aristoteles.

İnsanlarda kırışmış deri, aklaşmış saç ve çeşitli hastalıklara karşı azalmış direnç yeteneği ile fenotipik olarak gözlemlenen, günlük hayatta kaygı veren bir süreç olan yaşlanma kompleks ve hemen hemen evrensel bir olgudur (Güler 2014).

Evrende hiçbir şeyin bir anda olmadığı, belirli kademe ve yeterli süre gerektirerek her şeyin gerçekleştiği gözlenmektedir. Bu bakımdan yaşlanma, canlının üreme aşamasından itibaren biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerin verimliliğinde zamanla artan bir düşüş olarak tanımlanabilir. Molekül, hücre, doku ve organ yapılarındaki bozunmanın (hasar oluşumunun) neden olduğu yavaş, amansız bir işlevsizliğe kaymadır. Ya da geri dönüşümsüz yapı ve fonksiyon bozukluklarına neden olarak, sağlıklı yetişkinleri hastalık yükü artmış zayıf yaşlılara dönüştüren, ölüme kadar devam eden dejeneratif süreçtir. Bir başka tanım olarak da “genetik bir program ile düzenlenen, döllenme ile başlayıp ölüme kadar geçen sürede meydana gelen değişikliklerin tamamı” verilebilir (Johnson *et al.* 1999; Armbrecht 2001; Cankurtaran 2010). Bireyin vücut içi ve dışından gelen uyarılara karşı homeostazın korunmasının zorlaşması ve hastalıklara karşı artan savunmasızlık halidir. Organizmada çevreye uyum yeteneğinde azalma, dolayısıyla ölümcül stresörlere daha duyarlı hale gelme görülür (akir 2000; Nalbant 2006).

Yaşlanma olayının mekanizması, içerisinde hala cevapsız sorular barındıran çok faktörlü bir olgudur. Bu süreci açıklayabilmek için farklı teoriler geliştirilmiştir. Hemen hemen evrensel ve kaçınılmaz olan yaşlanma, popölasyonlar, türler ve bireyler arasında iç ve dış etkenlere göre değişen hız ve oranlarda seyir göstermektedir. Çeşitli araştırmacılara göre, kalıtsal özellikler gibi iç etkenler ile beslenme, yaşama alışkanlıkları, çevresel ve psikolojik dış etkenler ve bunların etkilediği metabolizmadaki biyokimyasal ve immünolojik reaksiyonlar ömür uzunluğunu belirler (Demirsoy ve Bozcuk 1997; Bishop and Guarente 2007).

Serbest Radikal Teorisi

Serbest radikal yaşılanma teorisi 1950'lerde Harman tarafından ileri sürülmüştür. Serbest radikaller reaktif oksijen türleri (ROT) olarak bilinen, aerobik organizmaların hücrelerinde çeşitli metabolik faaliyetler sonucu oluşan ana yan ürünlerdir. Vücuda alınan moleküler oksijen, mitokondride oksidatif fosforilasyon ile enerji üretmek için kullanılır. Bu şekilde metabolik reaksiyonlar sonucunda DNA, protein ve lipitler üzerinde oksidatif stres oluşturan serbest radikaller meydana gelir (Poli *et al.* 2004). Bu teori, vücuttaki serbest radikallerin hücresel bileşenlerde oksidatif hasara neden olduğunu, bunun da hücre, doku ve organ işlevlerinde değişime ve nihayetinde ölümle sonuçlanan bir sürece evrildiğini varsayar. (Rahman 2007) Mitokondri, sitokrom P450 metabolizması, peroksizom, mikrozom gibi iç faktörler ve metaller, iyonlar ile radyasyon gibi dış birçok faktör ROT üretimine kaynak olabilmektedir (Inoue *et al.* 2003). Serbest radikaller genetik materyalde kalıcı değişiklik meydana getirebilmekte, mutajenez ve karsinogenez oluşumuna sebebiyet vermekte, ayrıca yaşılanmada da ilk adımı temsil etmektedirler (Rahman 2007).

Serbest radikal teorisi, metabolizma hızı ile organizmaların ömür uzunluğu arasında ters orantı olduğunu ileri sürmektedir. Kemirgenlerde kalori alımının kısıtlanmasının yaşam süresini uzattığı, serbest radikal savunmasını artırdığı ve oksidatif hasarı azalttığı gösterilmiştir (Agarwal and Sohal 1996). ROT üretimi, proteinlere, lipitlere ve DNA'ya olan hasarı yaşla birlikte artırmaktadır. ROT'un yaşa bağlı olarak artması yaşılanmanın nedeni olarak gösterilmektedir (Scialo *et al.* 2016).

Somatik Mutasyon Teorisi

Bu teori ilk kez 1952 yılında Peter Medawar tarafından ortaya atılmıştır ve hücrelerde meydana gelen geri dönüşümsüz ve zararlı mutasyonların özellikle süreç içinde birikmesi olarak tanımlanmaktadır (Rose 1991). Hücrelerde iç ve dış kaynaklı olmak üzere birçok mutajenik faktör, DNA'da hasar meydana getirebilmektedir. Yaşılanma ile birlikte DNA hasarlarına karşı oluşturulan hücresel cevaplardaki azalmaya bağlı olarak gerçekleşen birikim Troen (2003)'e göre hücreyi ölüme götürmektedir.

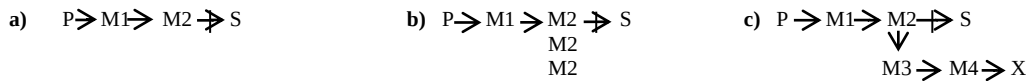
Antagonistik Pleiotropi Teorisi

Bu teori, George Williams tarafından 1957 yılında yaşılanmanın evrimine ilişkin geliştirilen evrimsel teorilerden biri olarak ileri sürülmüştür. Pleiotropi, tek bir gen tarafından iki veya daha fazla sayıda birbirinden farklı fenotipik etkinin meydana getirilmesidir. Bir genin yaşamın erken aşamalarında, büyüme ve gelişme döneminde yararlı, daha geç aşamalarında yani ileri yaşlarda ise zararlı etki göstermesi olarak tanımlanmaktadır (Morton *et*

al. 2019). Kadınlarda yaşamın erken evrelerinde adet döngülerinin düzenli işleyişine bağlı olarak üreme şansı artarken, ilerleyen yaşlarda özellikle menopoz döneminde foliküler tükenmeye bağlı olarak doğurganlık yeteneğinin yok olması bu teorinin en önemli örneklerinden birisidir (Kirchengast 2017). Ekvador'da cüceliğin ender görülen bir formu olan Laron sendromlu bireyler üzerinde yapılan bir çalışmaya göre, büyüme hormonu reseptör geni (GHR) ile ilgili üç farklı genotip gözlenmiştir. Bu sendroma sahip bireylerin çoğunluğunda iki farklı anlamsız mutasyon tipinden biri gözlenmektedir. Üçüncü tip genotipe sahip olanlar ise bu mutasyonlar bakımından heterozigot durumundadırlar. Cüce olmayan akrabalarında ölümle sonuçlanan kanser vakaları (%17), Laron cüceliği görülen bu bireylerde tespit edilememiştir. Bu sendrom, zararlı olarak kabul edilen allellerin faydalı da olabileceğine dair örnek bir çalışma olarak Carter and Nguyen (2011) tarafından bildirilmiştir.

Proteinlerin Değişikliğe Uğraması

Protein konformasyonunda meydana gelen değişiklikler, onların metabolik reaksiyonlardaki etkinliklerinde de değişimlere neden olmaktadır (Nalbant 2006). Bu teoriye göre, etkinliği bozulan proteinler “ki enzimlerde protein yapısında biyokatalizörler olup” metabolik blokaja sebebiyet vermektedir. Öncül maddelerin son ürüne dönüşmemesi (a), ara metabolitlerin ortamda birikmesi (b) veya ara metabolitlerin farklı bir ara ürüne dönüşerek bu ürünün canlı sistemde birikmesi (c) ile vücut fonksiyonlarındaki aksaklıklara bağlı olarak çeşitli hastalıklar oluşabilmekte ve yaşlanma mekanizması tetiklenmektedir (Şekil 1). Beslenme, UV veya X ışınlarına maruz kalma, uyuşturucu, sigara, alkol kullanımı, tarımda kullanılan kimyasal maddeler gibi dış kaynaklı birçok faktör, canlı sistemlerde reaktif oksijen türleri, deaminasyon (bir molekülden bir amin grubunun çıkarılması) ve glikasyon (kan dolaşımında enzimatik ve kontrol altında olmayan, kendiliğinden gerçekleşen bir işlem ile proteinlere kovalent ve geri dönüşümsüz olarak serbest şeker veya şeker bozunma ürünleri ilavesi ile gerçekleşen bir tür protein hasarıdır. Bu da proteinlerin stabilitesinin ve işlevselliğinin azalması olarak tanımlanmaktadır) gibi içsel durum değişikliklerine neden olarak protein yapısında geri dönüşümsüz değişiklikler meydana getirebilmektedir.



Şekil 1. Kuramsal olarak metabolik blokajın meydana gelişi.

Hücresel Yaşlanma Teorisi/Telomeraz Teorisi

Bu teori ile tek tek bütün hücrelerdeki faaliyetler sonucunda organizmada yaşlanma sürecinin geliştiği ifade edilmektedir. Kromozomların terminal bölgelerinde kromozomun

kararlı yapısının korunmasından sorumlu olan ve her organizmaya özgü tekrarlayan DNA dizileri bulunmaktadır. Her bir kromozomun ucunda bulunan ve farklı kaynaklarda genetik şifrenin güvenliği için adeta kilit kapanış noktaları ya da kör noktalar olarak da tanımlanan bu birimler telomer olarak adlandırılmaktadır. Hücre her bölündüğünde tekrarlanan bölgelerden bir miktar kayıp meydana gelerek bu alanın boyu kısalmakta ve hücre bütünlüğünde bozulma meydana gelmektedir. Ancak bu alanın boyu belirli bir kısalığa ulaştığı zaman o hücre programlanmış hücre ölümü olarak da tanımlanan apoptoza yönlendirilir. Telomerler, DNA'daki kırık kromozom uçlarının yapışmasını önleyen ve kısalan DNA'nın korunması için "emniyet alanı" olarak da tanımlanabilir. Leonard Hayflick telomer uzunluğunun hücre yaşıyla ilgili olduğu görüşünü 1960'larda dile getirmiştir. Bu amaçla insan deri fibroblast kültürü yöntemiyle yapılan incelemelerde, hücrelerin bölünme faaliyetinin belli sayıda olduğu, sonsuz olmayıp bazı düzenlemelerle sınırlandırıldığı bildirilmiştir. Kültür ortamında yapılan takibe göre hücrenin bölünebilme özelliğinin yaş ile ters orantılı olduğu, genç organizmadan alınan hücrelerin yaşlı organizmadan alınan hücrelere göre daha hızlı bölünmeler gerçekleştirdiği bildirilmiştir. Kısa ömür uzunluğuna sahip canlıların fibroblast hücrelerinin uzun ömürlü canlılara göre daha az bölündüğü, ayrıca progeria yani erken yaşlanma sendromuna sahip bireylerin fibroblast hücrelerinde de bölünme sayısının azaldığı gözlenmiştir (Rahman 2007).

Nöroendokrin Teori

Nöroendokrin sistem, vücudun homeostasisinin korunmasında görevli önemli sistem, organ, doku ve hücre gibi hiyerarşik birimler arasında aracılık yapan yollardan oluşur. Homeostasis, Yunancada "aynı" ve "sabit" kelimelerinin birleşmesinden köken almakta ve canlıların hayatta kalması, istikrarlı koşullarını sürdürebilmesi için yapılan metabolik işlemleri ifade etmektedir. Farklı bir bakış açısı ile homeostasis, canlı organizmaların yaşamsal dengelerini korumak için yürüttüğü süreçleri tanımlamaktadır. Homeostazi, bir hücrelilerden böcekler gibi omurgasızlara ya da tüm omurgalılarda var olan Dünya'da yaşamın ve dengenin sürmesini sağlayan bir koruma biçimi olarak da ifade edilebilmektedir. Yaşlanmayla birlikte nöronlar ve hormon sistemlerinin işlevselliğinde azalma meydana gelmekte ve "vücudun içsel dinamizmi" olarak da tanımlayabileceğimiz düzen bozulmaktadır. Yaş artışı ile birlikte endokrin sistem aracılarında olan örneğin; östrojen hormonu kadınlarda, testosteron hormonu erkeklerde ve büyüme hormonu da tüm bireylerde azalma göstermektedir. Hormonal düzende meydana gelen gerileme, yaşlı insanlarda kemik doku hassasiyeti ve kas gücü zayıflığı şeklinde kendisini göstermektedir. Aynı şekilde adrenal bezdeki steroid hormon üretiminin yaşla birlikte azalması, çeşitli araştırmacılara göre,

hormonal sistemde meydana gelen değişikliklere bağlı olarak yaşılanma sürecini hızlandırabilecektir (Troen 2003; Jayanthi *et al.* 2010).

Bağışıklık Teorisi

Bu teoriye göre, yaşla birlikte birçok fizyolojik reaksiyonda değişiklik meydana gelmekte ve homeostasinin korunabilmesine karşı daha fazla direnç oluşmaktadır. Bağışıklık sisteminde de fonksiyonel olan timüs bezinin ve bağışıklık için özelleşmiş hücrelerin sayı ve işlevinin azaldığı gözlenmektedir. Hücresel savunmada önemli rol oynayan timüs bezinin etkinliğinin ergenlik döneminden sonra azalma göstermesi, yaşılanma sürecinde önemli etken olabileceği ihtimalini akıllara getirmektedir. Konu ile ilgili gözlemler enfeksiyonlara karşı daha duyarlı, otoimmün hastalık ve kanser riski artmış yaşlıların olabileceğini göstermektedir. Kronik antijenik yük yüklenme süreci olarak kabul edilen yaşlılıkta gerekli immun yanıtın oluşamaması, ölüm oranında ciddi artışa neden olabileceğinden bağışıklık sisteminin yaşılanmada etkin faktör olabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından iddia edilmektedir (Wayne *et al.* 1990; Arica 2017).

Tez çalışmasında kullanılan yabanıl *D.melanogaster*, yaşamsal faaliyetleri için iç ve dış birçok faktöre gereksinim duymakta ve bunlardan farklı şekillerde etkilenmektedir. Ömür uzunluğu da bu faktörlerden asla bağımsız değildir. İç faktörler arasında genetik yapı, anasal yaş, fekundite (yumurtlama), cinsiyet sayılabilirken dış faktör olarak sıcaklık, nem, beslenme, popülasyon yoğunluğu ve fotoperyot gibi parametreler dikkate alınmaktadır.

İç Faktörler

Genetik yapı

Drosophila genomu $2n=8$ kromozom ve 16.800 genden oluşmaktadır. XX-XY sistemine göre eşey belirleme mekanizmasına sahip olan bu türde, 2 gonozom ve 6 otozom bulunmaktadır. Tüm canlılarda ve *Drosophila*'da gelişimi etkileyen iç faktörlerden birisi genetik yapıdır. *Drosophila* türleri ile yapılan çalışmalarda çevresel şartların stabil hale getirilmesi ile yumurta verimi ve gelişim dönemleri gibi parametreler bakımından gözlenen/gözlenebilecek farklılıkların genetik yapıdan kaynaklandığı/kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Campos-Ortega and Hartenstein 2013). Daha önce yapılmış çeşitli araştırmalara göre, *D.melanogaster*'de sabit olmayan kalıtsal bir özellik olarak yumurta üretimi, programlanmış genetik bilgiye bağlı olarak değişebilen bir özellik olarak da ömür uzunluğu kantitatif (sürekli/kesiksiz varyasyon) ve metrik bir özelliktir (Ayar vd 2010; Kızılet vd 2012). Bu araştırmacılara göre de çevresel koşulların değişmesine bağlı olarak genetik yapıda oluşabilecek geri dönüşümsüz düzenlenmeler ile yumurta verimi ve gelişim döngüsü

değişebilmektedir. Özellikle gelişim döngüsüne bağlı olarak ömür uzunluğundaki değişimler *D.melanogaster*'in yabanıl ve bazı mutant soylarıyla yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda da gözlenmiştir (Demir *et al.* 2016; Amandurdyev 2021).

Anasal yaş

Genellikle tüm böceklerde ve *Drosophila*'da yaşlı dişi bireylerin yavruları genç dişi bireylerin yavrularına göre, çoğunlukla daha küçük boyutlu, yavaş büyüme gösteren, düşük larval canlılığa ve yaşama kabiliyetine sahip bireyler olarak gözlenmiştir. Eğer bu yavru bireyler gelişimlerini tamamlayabilirlerse genelde bu tip etkilerin azaldığı ve bir sonraki nesilde bu olumsuzlukların tolere edildiği de gözlenmiştir (Beckerman *et al.* 2006). McIntyre and Gooding (2000)'in ev sineği (*Malus domestica*) ile yaptığı bir çalışmaya göre de, ileri yaşlı dişilerin larvalarının yoğun popülasyonlarda rekabet yeteneğinin yüksek olduğu ve bunun genetik kontrol ile düzenlendiği belirtilmiştir.

Yumurta verimliliği (fekundite)

Yumurta verimliliği/üretimi herhangi bir türe ait dişi bireyler arasında sabit olmayan kalıtsal bir özelliktir. *Drosophila*'da üreme fonksiyonu yaşa bağlı olarak değişikliğe uğrayan içsel bir faktör olup, bu fonksiyonun sürekliliğini sağlayan yumurta verimi ile paralel olarak ömür uzunluğunu etkileyebilmektedir. Genellikle yumurtlama hızı, dişi bireylerde erişkin dönemin 6-10. günleri arasında en yüksek düzeye ulaşmakta ve verimlilik süresi 30 güne kadar uzayabilmektedir. Ancak dişiler yaşlandıkça yumurta veriminde düzenli düşüş meydana gelmekte ve ölümden hemen önce son bulmaktadır. Dişinin günlük en yüksek yumurta üretimi ve hayat boyu ürettiği yumurta/gün sayısı ömür uzunluğunu etkilemektedir. Çeşitli araştırmacılara göre, yumurta üretimi metabolizma için ekstra yük, anabolik reaksiyonlarda enerji bakımından maliyet oluşumuna neden olmakta ve yaşlanmayı hızlandırmaktadır (David *et al.* 1975; Partidge *et al.* 1987).

Cinsiyet

Ömür uzunluğunun etkilendiği faktörlerden bir diğeri de cinsiyete özgü yaşlanma farklılığıdır. *D.melanogaster*'in Oregon-R ve Canton-S türlerinde dişi ve erkek bireylerinin ömür uzunlukları Brown *et al.* (2020) tarafından incelenmiştir. Her iki tür için de dişi bireylerin erkek bireylerden daha uzun yaşadığı tespit edilmiştir. Erkeklerde kısa ömür uzunluğunun nedeni olarak Y kromozomunun heterokromatik DNA içeriğinin dişilerden çok daha fazla olması gösterilmektedir ve bu durum cinsiyete özgü hücresel yaşlanmaya katkıda bulunmaktadır. Bir başka araştırmaya göre de, *D.obscura*, *D.melanogaster* ve *D.willistoni* türlerine ait dişi ve erkek sineklerde yapılan ömür uzunluğu araştırmasında yine dişilerin

erkeklerden daha uzun yaşadığı belirlenmiştir. Ayrıca çiftleşmemiş dişilerin çiftleşmiş dişilere göre daha uzun bir ömüre sahip olduğu da Yoon *et al.* (1990) tarafından tespit edilmiştir.

Dış Faktörler

Isı şartları

D.melanogaster, çevrenin değişen ısı şartlarına bağlı olarak metabolik hızı, gelişim süresi değişen ve böylesi çevre şartlarından etkilenen model organizmalardan birisidir. Sıcaklığın artması ile metabolizma hızı artmakta ve bu durum zararlı metabolik bileşenlerin daha fazla birikmesine ve yaşlanma süresinin hızlanıp, yaşama süresinin de azalmasına neden olmaktadır. Sıcaklığın azalması ise metabolizma hızının azalmasına, gelişim ve yaşama süresinin uzamasına neden olmaktadır. Daha önce yapılan bazı çalışmalara göre, *D.melanogaster*'in farklı sıcaklıklardaki (16,5°C-25°C) gelişim özellikleri 5 yıl boyunca incelenmiş ve düşük sıcaklıkta (16,5°C) göğüs uzunluğu ve kanat büyüklüğünde artış gibi deformiteler gözlenmiştir (Partridge *et al.* 1994). Yine *D.melanogaster*'in yabanıl tipi Oregon-R ve mutant tipi *para^{tsl}*'nin hareket kabiliyetine (tırmanma, yürüme, uçuş) değişen sıcaklıkların (25°C-35°C) etkisi Suzuki *et al.* (1971) tarafından bildirilmiştir. 22°C-25°C aralığında mutant ve yabanıl tip Oregon-R'de önemli bir değişim gözlenmezken, mutant tipte 25°C üzerindeki sıcaklık artışlarında bazı değişiklikler, örneğin 26 °C'de hareket kısıtlılığı ve 29°C'de tamamen hareket yoksunluğu tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada ise *D.melanogaster*'de artan sıcaklığa bağlı olarak ağırlıkta azalma saptanmıştır (Nunney and Cheung 1997). Yine yapılan farklı bir çalışmada, farklı sıcaklıklarda (18°C ve 25°C) gelişen *D.ananassae* türünde düşük sıcaklıkta yumurta veriminde ve ömür uzunluğunda azalma meydana gelen ergin bireyler görülmüştür (Sisodia and Singh 2002). Bir başka çalışmada da değişen sürelerde (1, 2, 3 saat gibi) soğuk şoku uygulanan (-3 °C) *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl ve *vestigial* mutant soylarında dişi ve erkek her iki cinsiyette de ortalama ömür uzunluğunda kısalma olduğu Ayar *et al.* (2009) tarafından belirlenmiştir. Ancak Lee *et al.* (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, soğuk ortam şartlarında da hayatta kalabilme yeteneğini artırmak için böceklerde metabolik olarak farklı bileşenlerin oluştuğu (gliserol, inositol gibi) biyokimyasal testler ile gösterilmiştir.

Nem

Birçok *Drosophila* türünde ortamın bağıl neminin artması, gelişim bakımından olumlu etkiler oluştururken yapılan bir araştırmaya göre, *D.melanogaster* ve *D.hydei* larvalarının beslendiği ortamın yüksek neme sahip olmasının ergin bireyde vücut büyüklüğünü ve gelişim

süresini etkilediği, çok kuru ya da çok nemli ortam şartlarının larvaların gelişim süresini kısalttığı ve pupa yaşayabilirliğini azalttığı Hodge (2001) tarafından bildirilmiştir.

Beslenme

Beslenme tüm canlılarda olduğu gibi böceklerde de ömür uzunluğunu etkileyen önemli çevresel stres faktörlerinden birisidir. Besi yeri içeriğinde düşük oranlarda protein bulunması ya da hiç bulunmaması *Drosophila*'ların ergin bireylerinde yumurta veriminin azalmasına ya da tamamen durmasına neden olabilmektedir (Ashburner 1989). Beslenmenin larva gelişimi üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermek için yapılan bir çalışmada, larval dönemde besi yerindeki amino asit ve lipit kaynağı olan maya oranı azaltılmıştır, bunun sonucunda da *D.melanogaster* larvalarında pupa evresine geçmek için gerekli vücut ağırlığına ulaşmanın geciktiği, vücut büyüklüğünde azalma ve gelişim süresinde uzama meydana geldiği tespit edilmiştir (Layalle *et al.* 2008). Besi içeriğindeki maya miktarının azaltılmasıyla yumurta veriminin de azaldığını gösteren bir çalışma, Chippindale *et al.* (2004) tarafından yapılmıştır. Benzeri sonuçlar Ayhan (2013)'ın çalışması ile de gözlenmiş ve besin kısıtlamasına bağlı olarak dişilerin yumurta üretiminde azalma tespit edilmiştir. Bir başka çalışma da, *D.melanogaster*'in larval ve ergin döneminde besin kısıtlaması yapılmış ve ömür uzunluğuna etkisi incelenmiştir. Besin kısıtlamasının larval dönemde uygulanmasının ömür uzunluğunda önemli bir değişikliğe neden olmadığı, ergin dönemde ise besindeki maya miktarının azaltılması ile ömür uzunluğunda kısalma meydana geldiği Güler (2014) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca besi yeri katı ve sıvı içerikli olan iki ayrı ortamda gelişimi takip edilen *D.melanogaster* larvalarının, sıvı besinle beslenenlerin katı ortamda beslenenlere göre daha kısa sürede gelişimlerini tamamladığı, katı besi yerinde yetişen bireylerin gelişimlerini tamamlamak için daha fazla zamana gereksinim duydukları tespit edilmiştir (Koç ve Gülel 2006). Good and Tatar (2001)'ın yaptıkları bir başka çalışmaya göre de *D.melanogaster* maya içermeyen besi ortamında yetiştirildiğinde yüksek ölüm oranı saptanmıştır. Besi ortamına maya eklenmesinden sonra ise ölüm oranlarının düştüğü, doğurganlığın da arttığı tespit edilmiştir. Ancak Carey *et al.* (2002)'a göre, ömür uzunluğu iç ya da dış faktörler içinde bahsedilen tüm sınırlama türleri için evrensel değildir. Örneğin; cinsiyet besin sınırlandırmasına farklı yanıtlar verebilir ya da besin sınırlaması üreme faaliyetini/yumurtlamayı da etkileyerek ömür uzunluğunda değişikliğe neden olabilmektedir.

Popülasyon yoğunluğu

Bir popülasyonun değişen çevre koşullarına adaptasyonu hayatta kalma başarısı için oldukça önemlidir. Aynı türe ait bireyler arasında yaşanan rekabet evrensel bir özelliktir. Bu

rekabet larva yoğunluğu, vücut büyüklüğü, yumurtadan ergin bireye gelişimin süresi ve yaşam süresini etkilemektedir. Bu amaçla, düşük (40), orta (100) ve yüksek (350) yoğunluklu olarak larvalar besi ortamına konulup gelişimleri takip edilmiştir. Düşük yoğunluklu ortamda gelişimlerini tamamlayan larvalardan çıkan bireylerin yüksek yoğunluklu ortamdaki bireylerden daha hızlı gelişim gösterdiği saptanmıştır (Horváth and Kalinka 2016). *D.melanogaster* larvalarına ait yoğunluğun fazla olduğu besin ortamında nitrojenli atık birikiminin artarak fizyolojik açıdan olumsuz durumun gelişmesine sebebiyet verdiği, popülasyon sıklığından dolayı oluşan rekabet nedeniyle gelişimin yavaşlayıp bir sonraki gelişme aşamasına geçilemediği ve buna bağlı ölümlerin meydana geldiği de Foley and Luckinbill (2001) tarafından bildirilmiştir. Larva dönemindeki kalabalıklaşma sonraki dönemde ergin bireylerin boyutunda küçülmeye ve dişilerde doğurganlığın azalmasına da neden olabilmektedir (Joshi 1997). *M.domestica* ile yapılan çalışmada da yüksek larval yoğunlukta gelişen sineklerin daha küçük yapılı, gelişmelerinin daha uzun ve hayatta kalma oranlarının daha düşük olduğu bildirilmiştir (McIntyre and Gooding 2000).

Fotoperiyot

Bir organizmanın ideal faaliyetleri için gerekli günlük süre ya da gün ışığına maruz kalma süresi fotoperiyot olarak tanımlanmaktadır. Canlılardaki birçok biyolojik aktivitenin yaşanmasında ışık önemli bir abiyotik faktördür ve *Drosophila* türlerinin gelişimi, üremesi ile ömür uzunluğunun stabilitesi için de gereklidir. Bir araştırmaya göre, *Drosophila*'lar kısa gün ve uzun gün uygulaması yapılarak farklı sürelerde karanlık ve aydınlık ortamlarda tutulmuşlardır. 12 saat karanlık/12 saat ışık ve 16 saat karanlık/8 saat ışık olmak üzere fotoperiyot değiştirildiği zaman, ışıklı ortamda yaşayan bireylerin karanlıkta yaşayanlardan daha kısa ömürlü oldukları görülmüştür. Ayrıca karanlıkta yaşayan bireylerin yumurtadan ergin bireye dönüşüm sürecinin daha kısa, metabolik hız ile ergin bireylerinde ömür uzunluğunun daha fazla olduğu ve yumurta veriminin arttığı da çeşitli araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Giesel 1986; Koç ve Gülel 2006).

Tekstil endüstrisine ait drenajlarda yer alan ve çevre kirletici ajanlar arasında gösterilen boyar maddelerin canlı sistemler üzerinde tehlikeli olduğuna dair bilgiler son yıllarda yazılı ve görsel basında sıklıkla yer almaktadır. Sucul ekosisteme arıtılmadan boşaltılan tekstil atıkları denizler ve göllerde yaşayan flora ve faunayı, tatlı sulara boşaltılan atıklar da hem bu sisteme ait bitkisel ve hayvansal organizmaları hem de kıyısı olan tarlaları yüzeyden ya da dip suları ile kirletmekte ve besin zinciri yoluyla insanları da günlük yaşamlarında mütemadiyen etkileyebilmektedir. Bu tez çalışmasında katran ve petrol türevli sentetik boyar maddelerin canlılar üzerindeki biyotoksitesinin belirlenebilmesi için model

organizma olarak *D.melanogaster* Oregon-R yabanıl soyuna ait 3.evre larvalar ile ergin dişi ve erkek popölasyonları kullanılmıştır. 6 farklı boya kronik olarak ve farklı konsantrasyonlarda hem larvalara hem de ergin bireylere uygulanmış ve kısa süreli *in vivo* larval yaşayabilirlik ve ömür uzunluğu test teknikleri ile tez kapsamında çalışmalar yapılmıştır.



KURAMSAL TEMELLER

İnsanlarda kısırlılığın nedenleri ile ilgili olarak mesleki maruziyetin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, erkeklerde yüksek sıcaklık, kadınlarda ise gürültü ve bazı ağır metallerin yanı sıra tekstil boyalarının da etkili olduğu gösterilmiştir (Rachootin and Olsen 1983).

İnsanlarda mesane ve renal pelvis kanserlerinin gelişmesinde, aromatik aminlerin etkili olduklarına dair iddiaların açıklanabilmesi için; 1921-1951 yılları arasında İngiltere’de mesane kanserinden ölenler üzerinde yapılan araştırmalarda, 127 kişinin boya endüstrisi çalışanı olduğu tespit edilmiştir. Aromatik aminler ile bileşenleri olan benzidin ve 2-naftilamin gibi etken maddelere maruz kalan erkeklerin %25’inde mesane kanseri oluşumu gözlenmiştir. Özellikle 2-naftilamine maruz kalan hastalarda mesane kanserinden ölüm daha fazla görülmüştür. Ayrıca Almanya’da da boya fabrikasında çalışan ve anilin içerikli boyalara maruz kalan 500 işçiden 4 tanesinde mesane kanseri oluşumu gözlenmiştir (Cartwringht 1983).

Orange II azo boyasının toksik etkisinin araştırıldığı bir çalışmada Singh *et al.* (1987), sıçanların dalaklarında büyüme, eritrosit ve hemoglobin seviyesinde azalma gözlemiştir. Bu boyanın enzimler üzerindeki etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

Przybojewska *et al.* (1988), tekstil endüstrisinde kullanılan Direct Black 19:1, Direct Red 81 ve Acid Blue 62 boyalarının mutajenik etkilerini incelemek için, *S.typhimurium* mikrozom testi ile Direkt Black 19:1 boyasının ters mutasyonları indükleyen dolaylı bir mutajen olduğunu gözlemişlerdir. Ayrıca yine bu üç boyanın farelerin kemik iliğinde mikronükleer polikromatik eritrositlerin sıklığını arttırdığı da mikronükleus testi ile belirlenmiştir.

Miyakawa and Yoshida (1989)’ya göre, tekstil, kağıt ve kozmetik sektöründe kullanılan boyaların birçoğu mutajenik veya kanserojeniktir.

Bir halı fabrikası işçisinin atopik dermatit (egzama/deri iltihabı) şikâyeti ile başvurduğu klinikte yapılan yama testinde, dermatitin sebebinin yüksek saflıkta kullanılan Basic Red 22 boyası olduğu tespit edilmiştir (Sadhra *et al.* 1989).

Shukla and Gupta (1992), Omega Chrome Red ME olarak bilinen ve tekstil sanayisinde yaygın olarak kullanılan boyanın, bir çeşit siyanobakteri olan *Nostoc*

calicicola'nın büyümesi üzerine olan etkisini araştırmışlardır. 5, 10, 20 mg/mL olan uygulamalarda, en düşük dozda (5 mg/mL) büyümenin devam ettiğini ancak doz artışına bağlı olarak büyümenin inhibe edildiğini gözlemişlerdir.

Tekstil atıklarının *Heteropneustes fossilis* (yayın balığı)'in dokuları üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, yumurta hücrelerinde RNA ve protein miktarının azaldığı, oogeneze oogoniumların çekirdeklerinin parçalandığı ve çekirdekçiklerin kaybolduğu gözlenmiştir (Murugesan and Haniffa 1992).

Benzenden türeyen ve en basit aromatik amin olan anilin, havaya maruz kaldığı zaman düşük buhar basıncına sahiptir ve suda kolaylıkla çözünür. Doğrudan anilin buharını soluma, tütün kullanımı veya tütün ürünlerinin kullanıldığı ve üretildiği yerler bu aromatik bileşiğe maruziyeti artırmakta ve akciğerlerden emilerek sistemik toksisiteye katkıda bulunmaktadır. EPA (Environmental Protection Agency) tarafından olası insan kanserojeni olarak kabul edilen anilin, *D.melanogaster* larvalarına *in vivo* olarak 2 farklı dozda (1-2 mM) uygulanmış ve göz benek testi ile özellikle 2 mM uygulamada zayıf mitotik rekombinasyona sebep olmuştur (Vogel and Nivard 1993).

Çoğunlukla tekstil, yün ve halı boyamada kullanılan Metomega Chrome Orange GL'nin protein, pigment içeriği ve fotosentetik oksijen üzerine etkileri farklı konsantrasyonlarda olmak üzere (5, 10, 15, 20 mg/dm³) *Nostoc muscorum* siyanobakterisi üzerinde incelenmiş ve yüksek konsantrasyonlarda bu organizmanın gelişim hızında büyük bir düşüş ve klorofil a, protein, fikosiyenin (mavi-yeşil alglerde bulunan mavi renkli kromoprotein) ve karotenoid yoğunluklarında da azalma gözlenmiştir (Shukla *et al.* 1994).

CI Direct Blue 218 tekstil boyasının toksikolojik ve karsinojenik etkilerinin incelendiği bir çalışmada, erkek ve dişi F344/N sıçan ve B6C3F1 fare gruplarında 14 gün, 13 hafta ve 2 yıl süren deneyler yapılmıştır. 14 gün boyunca bu boyanın farklı dozlarını içeren (kontrol, 1000, 3000, 7000, 15000, 30000 ppm) besinler ile beslenen sıçan ve fare deney gruplarına ait hem erkek hem dişi bireylerde doz artışına bağlı olarak vücut ağırlıklarında önemli derecede düşüş görülmüştür. 13 hafta süren deneylerde; kontrol, 3000, 10000, 20000 ppm boya içeren besinlerle beslenen denek gruplarında doz artışına bağlı olarak, fare ve sıçanlarda azalan vücut ağırlıkları ile birlikte farklı kan parametreleri için (hemogloblin, hematokrit, eritrosit miktarı gibi) önemli düşüşler gözlenmiştir. 2 yıl sürdürülen deneysel çalışmalarda ise yine farklı dozlarda (kontrol, 1000, 3000, 10000 ppm) boya içeren besinler ile beslenen tüm bireylerde düşük dozlardaki uygulamalarda bile vücut ağırlıklarında büyük oranda azalma, karaciğerde lezyon oluşumu, hepatosellüler adenom, karsinom ve erkek sıçanlarda faringeal neoplazm (boğazda/yutakta şişlik ya da ur oluşumu. Neoplazm ise

herhangi bir hücrenin veya hücre gruplarının organizmanın kontrol mekanizmalarının etkisinden çıkarak anormal ve hızlı bir şekilde çoğalması ile oluşan kitlelerdir) görülmesi boyanın etkisine bağlanmıştır (National Toxicology Program 1994).

Tekstil endüstrisi deşarj ürünlerinin toksik olup olmadığının belirlenebilmesi için yapılan bir çalışmada, *Daphnia pulex* kullanılmış ve özellikle deşarj ürünlerinin içeriğinde bulunan çinkonun toksik etkiye sebep olduğu vurgulanmıştır (Wells *et al.*1994).

Khan and Jain (1995)'in araştırmalarına göre, tekstil imalathanesi boşaltım ürünlerine maruz bırakılan *Triticum aestivum* (buğday)'un büyümesi kontrol grubuna göre daha yavaş gerçekleşmiştir.

Przybojewska (1996) tarafından Balbc farelerinde Direct Blue 74, Direct Blue 296, Direct Blue 297 ve Direct Green 98 azo boyalarının genotoksik etkileri araştırılmıştır. Mikronükleus testi ile özellikle Direct Green 98 ve Direct Blue 297 uygulama gruplarında eritrosit oranında azalma tespit edilmiştir.

Tekstil boya sanayisi çalışanı 135 işçinin akut ve kronik solunum şikayetleri ile onların akciğer fonksiyonları incelenmiş ve hastaların tümünde boyaya maruz kalınan doz ve süreye göre, akut ve kronik solunum bozukluklarının geliştiği, dispne (nefes darlığı) ve rinit (bahar nezlesi) görülme sıklığının arttığı ayrıca akciğer ventilasyon kapasitesinin (taze havanın alveollere ulaşma hızı) de azaldığı tespit edilmiştir (Zuskin *et al.* 1997).

Tekstil boyası olarak kullanılan Reactofix Turquoise Blue 5GFL, Sulphur Red Brown 360, Jade Green 2G ve Direct Scarlet 31 4BS boyalarının *Bacillus subtilis*'de de doz artışına bağlı olarak büyümeyi inhibe ettiği Sarma and Sobti (2000) tarafından gözlenmiştir.

Disperse Blue 106 ve Disperse Blue 124 tekstil boyalarına maruz kalan 788 hasta üzerinde yapılan bir inceleme ile bu boyaların kontakt dermatite (yabancı madde teması sonucu ciltte oluşan kızarıklık) sebep olduğu ortaya konulmuştur (Pratt and Taraska 2000).

Yine benzer bir çalışma Lazarov *et al.* (2000) tarafından yapılmış ve Disperse Red 17, Disperse Blue 124, Disperse Blue 85 ve Disperse Blue 106 tekstil boyalarının, 36'sı kadın, 19'u erkek olmak üzere toplam 55 hastada kontakt dermatite sebebiyet verdiği bulunmuştur. Bu boyalardan Disperse Blue 124 tekstil boyasının ise en alerjen boya olduğu tespit edilmiştir.

Bir başka tekstil boyası olan Klorotriazin Reactive Azo Red 120'nin genotoksik etkisinin incelendiği mikronükleus çalışmasında; 1, 5, 10 mg/mL boya konsantrasyonlarına maruz kalan *Carassius gibelio* (sazan balığı)'nın eritrositlerinde, doz ve süre artışına paralel olarak mikronükleus oluşumu saptanmıştır (Al-Sabti 2000).

Tekstil boyası olarak kullanılan San GGELB-GLE, Black FDL, Red FBL, Blue FGRL boyar maddeleri değişik dozlarda olmak üzere bir mantar türü olan *Funalia trogii* ve *Staphylococcus aureus*'a uygulanmış ve her iki türde de üremenin baskılandığı Apohan (2001) tarafından tespit edilmiştir.

Sumathi *et al.* (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, tekstil atıklarıyla muamele edilen *Cyprinus carpio* (sazan)'nın hepatosit ve eritrosit hücrelerinde tek hücre jel elektroforez testi ile DNA hasar ve kırıklarının oluştuğu belirlenmiştir.

Procion Yellow HEXL, Procion Blue HERD, Procion Yellow H-E4R, Ambifix Black BFGR, Remozal Black B, Procion Red HEXL, Procion Red H-E3G, Procion Red HE3B, Ambifix Yellow VRNL gibi reaktif tekstil boyalarının gram-negatif bir bakteri türü olan *Vibrio fischeri*'de toksik etkiler gösterdiği Wang *et al.* (2002) tarafından gösterilmiştir.

V.fischeri ile yapılan bir başka çalışmada da Reactive Black 5 tekstil boyasının toksik etkili olduğu Gottlieb *et al.* (2003) tarafından belirlenmiştir.

Yine reaktif boya çeşitlerinden olan Remazol Blue, Remazol Black B, Remazol Red RB boyar maddelerinin büyüme ve biyobirikim (bioakümülayon) üzerine etkileri, mayalara ait en önemli model organizma olan *Saccharomyces cerevisiae*'da Aksu (2003) tarafından araştırılmıştır ve boya konsantrasyonu arttıkça üremenin baskılandığı belirlenmiştir. Ayrıca düşük dozlarda bile biyobirikim yüzdesinin arttığı ve buna bağlı olarak da büyümenin baskılandığı rapor edilmiştir.

Tekstil boyası olarak kullanılan San G-GELB-GLE, Red FBL, Blue FGRL ve Black FDL boyalarının genotoksik etkileri *D.melanogaster*'de SMART (Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi) ile incelenmiş ve boyaların mutajen oldukları bildirilmiştir (Eroğlu Doğan 2002).

Tekstil endüstrisinde kullanılan bazı boyaların mutajenik olup olmadığı Ames testi ile *S.typhimurium*'da ve fare lenfoma hücre yöntemi testi (MLA) ile de farelerde araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar boyar maddelerin hem prokaryotik hem de ökaryotik hücrelerde mutajenik etki oluşturduğunu göstermiştir (Schneider *et al.* 2004).

X-3B Red boyasının bitkilerde demir alımı üzerinde etkisinin olup/olmadığı Zhou *et al.* (2004) tarafından incelenmiştir. Yapılan çalışmalar ile bu boyanın pirinç, karpuz ve soya fasulyesi gibi bitkilerde demir alımını azaltan kimyasal tepkimelere neden olduğu belirlenmiştir.

Muthukumar *et al.* (2005), Acid Red 88, Acid Red 18, Acid Orange 7, Acid Orange 10 ve Acid Red 73 boyalarının bulunduğu atık sulara maruz bırakılan *G.affinis*'de boyaların tümünün toksik etkili olduğunu göstermişlerdir.

Birhanlı and Özmen (2005), bazı tekstil boyalarının (Astrazon Red FBL, Astrazon Blue FGRL, Cibacron Red FN-3G, Cibacron Blue FN-R, Remazol Red RR ve Remazol Turquoise Blue G-A) *Xenopus leavis* (Afrika pençeli kurbağası) embriyolarına olan toksik etkisinin araştırıldığı çalışmalarında, kullanılan boyaların tamamının embriyo gelişimini olumsuz etkilediğini ve yapısal malformasyonlara neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Hindistan'ın Sanganer kasabasında tekstil endüstrisinde çalışanların klinik incelemesinin yapıldığı bir araştırmada, tüberküloz, kronik bronşit, astım, mesane kanseri, kontakt dermatit ve gözlerde de tahriş rapor edilmiştir (Mathur *et al.* 2005).

Yine aynı araştırmacıya göre, çok fazla tekstil deşarj ürününe doğrudan ya da dolaylı olarak maruz kalan insanlarda baş ağrısı, mide bulantısı, cilt tahrişi gibi etkiler de sıklıkla gözlenmektedir (Mathur *et al.* 2005).

Tekstil ürünlerinin boyanmasında kullanılan Dispers Blue 291 boyası, DNA'da insersiyon veya delesyona sebep olarak genetik kodda hata oluşturmaktadır (Rai *et al.* 2005).

Tekstil endüstrisi deşarjlarının albino rat ve farelere 15 gün boyunca oral yolla verilerek erkek üreme sistemlerindeki toksik etkisine bakılmıştır. Total vücut ve prostat bezi ağırlığında azalma, total protein, total lipid ve kolesterol seviyelerinde ise düşüş gözlenmiştir. Ayrıca sperm sayısında azalma ve deforme sperm oranında da artış tespit edilmiştir. (Suryavathi *et al.* 2005).

Özata (2006), *Drosophila*'da SMART ile Astrazon Goldgelb GL-E, Chrocion Yellow, Chrocion Scarlet, Remazol Red RR, Astrazon Schwarz FDL, Remazol Turquoise Blue isimli tekstil boyalarının *D.melanogaster*'de toksik ve genotoksik etkilerini araştırmıştır. Bu boyaların tekli ve ikili benek sayısını artırdığı, ayrıca larvaların hayatta kalış oranını da uygulanan tüm konsantrasyonlarda azalttığı belirlenmiştir.

Novotný *et al.* (2006), Reactive Orange 16 azo boyasının *S.typhimirium*'da nokta mutasyona neden olduğunu bildirmiştir. Vat Green 3 boyasının da *D.similis*, *C.dubia* ve *P.subcapitata* için önemli derecede toksik olduğu rapor edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışma ile Sudova *et al.* (2007), Malaşit yeşilinin insan üreme ve bağışıklık sistemi üzerinde kanserojen etkili bir ajan olduğunu bildirmişlerdir.

Tekstil işçileri ile yapılan bir araştırmada, reaktif azo boyalarına maruz kalınması ile mesleki astım, rinit, kontakt dermatit ve bir takım alerjik reaksiyonlar olduğu kanıtlanmıştır (Mahamuni and Adewuyi 2010).

Tutak ve Gün (2011), katyonik boyar madde sınıfındaki Synacryl Black X-FBL, Synacryl Red X-5GN, Synacryl Magenta boyalarının antibakteriyel özelliklerini *E.coli*, *B.subtilis*, *S.aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Proteus mirabilis* gibi bakteri türlerinde araştırmışlardır. Kullanılan doza bağlı olarak bazı türlerde antibakteriyel özellik gözlenirken bazı türlerde bu özellik gözlenememiştir.

Yine Marwari and Khan (2012)'ın yaptığı çalışmaya göre, tekstil atık suyu ile muamele edilen domates (*L.esculentum*) bitkisinde toplam klorofil, karbonhidrat, protein ve nitrojen içeriği önemli ölçüde azalmıştır.

Direct Yellow 86, Direct Orange 39, Direct Blue 200, Direct Yellow 142 ve Direct Red 243 sentetik boyar maddeleri farklı dozlarda (4, 40, 120 ve 400 µg/mL) olmak üzere farelere uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre tüm boyalar mutajenik etkili bulunmuştur (Şenel vd 2012).

Raj *et al.* (2012), azo boyalarının insanlarda mesane, dalak ve karaciğer kanserleri ile memeli hücrelerinde kromozomal sapmalara neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Şahin ve Türkoğlu (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı tekstil boyalarının *D. melanogaster*'de dişi ve erkek yavru bireylerin hayatta kalış oranları üzerine etkileri incelenmiş ve Acid Red 266, Basic Red 46, Reactive Red 120, Acid Yellow 199, Basic Yellow 28, Dispers Yellow 119, Reactive Black 5 ve Reactive Blue 19 gibi boyaların uygulanan tüm konsantrasyonlarda larvaların hayatta kalış oranını azalttığı, aynı boyaların ergin bireylerin ömür uzunluğunu ise kontrol grubuna göre daha kısalttığı tespit edilmiştir.

Direct Black 38, Reactive Blue 15, Reactive Orange 16 ve Vat Green 3 gibi tekstil boyalarının da *D. rerio* embriyolarında ve larva gelişiminde malformasyonlara sebep olduğu de Olivera *et al.* (2016) tarafından gözlenmiştir.

Direct Yellow 4 boyası narenciye kabuğu kullanılarak ayrıştırılmış ve bu boyanın fitotoksikite analizi yapılmıştır. Ham boya ile muamele edilen tohumlardaki toksisitenin ayrıştırılmış boya çözeltisindeki göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Nouren *et al.* 2017).

42 çeşit ticari tekstil boyanın *D.magna* ve *R.subcapitata* (toksikolojik risk değerlendirmelerinde biyolojik testler için dünya çapında yaygın olarak kullanılan bir çeşit yeşil alg) kullanılarak sucul toksisitesi ve ekolojik etkileri araştırılmış, sonuçların her iki grup için özellikle de alglerde toksik olduğu rapor edilmiştir (Croce *et al.* 2017).

Yine yapılan bir başka çalışmada, sucul ve karasal organizmalar kullanılarak DB38 ve RB15 tekstil boyalarının akut toksisite ve genotoksitesi araştırılmıştır. Karasal canlılar olarak *C.sativus*, *L.sativa* ve *L.esculentum* gibi bitkisel organizmalar kullanılmış ve bu boyaların tohum çimlenmesi ile kök uzaması üzerine etkilerine bakılmıştır. Bitkisel organizmalarda herhangi bir toksik etki gözlenmemiştir. DB38 ve RB15 boyaları sucul *Daphnia*'da toksik etki göstermeyip, genotoksik olarak DNA'da hasar oluşturmuştur. Özellikle DB38, *Daphnia* ve *O.mykiss* için en toksik boya olmuş ve DNA hasarını indüklemiştir. Ayrıca oksidatif hasara da sebep olmuştur. Bir diğer sucul organizma olan *A.salina* için bu boyaların toksisitesi öldürücü boyutta gözlenmiştir. Kullanılan tüm sucul canlılarda hem toksik hem de genotoksik etki gözlenen bu çalışmada bildirildiğine göre, DB38 insanlarda kanserojen olarak sınıflandırılan azo boyalarındandır ve *D.rerio* üzerinde yapılan çalışmaya göre, embriyotoksik etkisi de sucul organizmalar için bir tehdittir. Aynı şekilde RB15 boyasının da bakteriler, zebra balıkları ve kurbağa yavrularında toksik etki gösterdiği de bildirilmiştir (de Olivera *et al.* 2018).

Hernández-Zamora and Martínez-Jerónimo (2019)'un yaptıkları bir çalışmada, tekstil boyası Direct Blue 15'in *P.subcapitata*, *C.dubia* ve *D.rerio* türlerinde farklı derecelerde toksisiteye neden olduğu belirlenmiştir.

P.subcapitata, *D.rerio*, *C.rigaudi* ve *D.magna* gibi deneysel organizmalarda Congo Red tekstil boyasının da toksik etkileri gözlenmiştir. Boyaya bağlı olarak *P.subcapitata*'da popülasyon büyümesinin engellendiği, *D.rerio*'da larva gelişiminin yumurta evresinde kaldığı, kalp atışının olamadığı ve gelişebilen bireylerde iskelet bozukluğunun olduğu tespit edilmiştir (Hernández-Zamora and Martínez-Jerónimo 2019).

D.rerio embriyolarının Reactive Blue 203 ve Maxillon Blue 5G tekstil boyaları ile 96 saat muamele edilmesi sonucunda, her iki boyanın da gelişimsel anomalilere sebep olduğu ve genotoksik etkili oldukları Köktürk *et al.* (2021) tarafından bildirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Kullanılan organizma

Deneysel çalışmaların tümünde kullanılan model organizma, Diptera takımına dahil yuvarlak kırmızı gözlü, uzun kanatlı ve kahverengi vücut rengine sahip herhangi bir mutant özellik göstermeyen *Drosophila melanogaster* Oregon-R yabanıl soyudur. Bu soy uzun yıllardan beri Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Genetik Araştırma Laboratuvarı'nda yaşatılan ve sürekli bacı-kardeş eşleştirmeleri (kendileştirme) yapılan homojen bir soydur (Şekil 2).

Çürümüş meyvelerden beslendiği için meyve sineği ya da sirke sineği olarak da bilinen bu tür, 1900'lü yılların başında evrim teorilerini araştırmak için seçilmiştir. *Drosophila* cinsine ait türler, Thomas Hunt Morgan tarafından 1910 yılında benzerlik ve farklılıkların temel mekanizmalarını araştıran genetik ve evrim teorilerini doğrulamak için yapılan çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu organizma sayesinde yapılan denemelerde genlerin yapı ve işlevinin ayrıntılı olarak incelenmesi ile moleküler gelişim mekanizmalarının anlaşılması da sağlanarak “kalıtımın kromozomal temeli” kuramı ortaya konulmuş ve bu kuram ile Morgan “Nobel Ödülünü” kazanmıştır. *D.melanogaster* 20. yüzyılda genetik ve moleküler biyolojinin çeşitli alt dallarında en çok kullanılan ökaryotik model organizma olmuş ve genetik ilminin gelişiminde önemli rol oynamıştır (Graf and Singer 1992; Prokop 2016).

D.melanogaster farklı larval evrelere sahip holometabol (tam başkalaşım) bir organizmadır ve bu özelliği onun tüm larval süreçlerinde model organizma olarak seçilmesine ve kullanılabilmesine imkan vermektedir. Toksikolojik ve mutajenik çalışmalarda en çok tercih edilen 3.evre larvaların kullanımı ile toksin maruziyetinin embriyonik gelişim sürecinde nöron gelişimi, hücre göçü, iç organların oluşumu ve imajinal diskler üzerine etkisi ile fizyolojik ve edimsel değişikliklerin gözlemlenebilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca herhangi toksinlerden etkilenen bu larvaların ergin *D.melanogaster*'e dönüşebilmesi ile erginlerde oluşabilecek toksin kaynaklı olası morfolojik değişiklikler incelenerek toksiko-genetik çalışmalarda bu organizma yol gösterici olmuştur (Stocker and Gallant 2008; Pandey and Nichols 2011).



Şekil 2. *D.melanogaster* Oregon-R'nin yabanıl soyuna ait dişi ve erkek ergin bireyler.

***Drosophila melanogaster*'in sistematığı**

Regnum (Alem): Animalia (Hayvanlar alemi): Gelişmiş, ökaryotik çok hücreli canlıların yer aldığı alem içerisinde konumlandırılırlar.

Phylum (Şube): Arthropoda (Eklembacaklılar): Omurgasız hayvanların farklı habitatlarda en çok canlı birey bulunduran şubesinde yer alırlar. Vücutları, farklı sayıda segment içeren kaput (baş), toraks (göğüs) ve abdomen (karın) olmak üzere üç kısımdan meydana gelmektedir. Bu şubede yer alan canlıların en önemli özellikleri üyelerinin eklemli olması ve dış iskeletlerinin önemli bir polisakkarit olan kitinden oluşmasıdır.

Classis (Sınıf): Insecta-Hexapoda (Böcekler-Altı bacaklılar): Bu sınıfın üyelerinde göğüs segmentlerinden çıkan 6 adet bacak sınıflandırmaya adını vermektedir. Yine bu sınıfa özgü olarak böceklerin baş kısmında ağız, anten (duyarga), basit ve bileşik gözler bulunmaktadır.

Ordo (Takım): Diptera (İki kanatlılar): Bu takıma dahil organizmaların birinci çift kanatları günümüzde işlevseldir. İkinci çift kanatlar dengein sağlanmasından sorumlu olan topuz şeklindeki halter organına evrimleşmiştir. Takımın en önemli özellikleri arasında, anten yapılarının uç kısmında “dokunma kılı” olarak tanımlanan arista taşımaları ve pupanın fiçı görünümünde olması sayılabilir. Ayrıca bu takıma ait larvalar “bacaksız kurtçuk” olarak da isimlendirilmektedir.

Subordo (Alt takım): Brachycera (Sinekler-Kısa antenliler): Bu alt takımdaki bireylerin larvalarında kitin ağız çengelleri (H organı/H parçaları) bulunmaktadır (Şekil 6). Pupa ise üçüncü larva evresinden kalma bir deri ile sarılır. Ergin bireylerin vücutları kısa-kalın yapılı, ağızları delici-emici veya yalayıcı-emici tiptedir. Antenleri çok kısa olup birbirinden farklı şekillerde segmentlerin birleşmesiyle meydana gelmiştir.

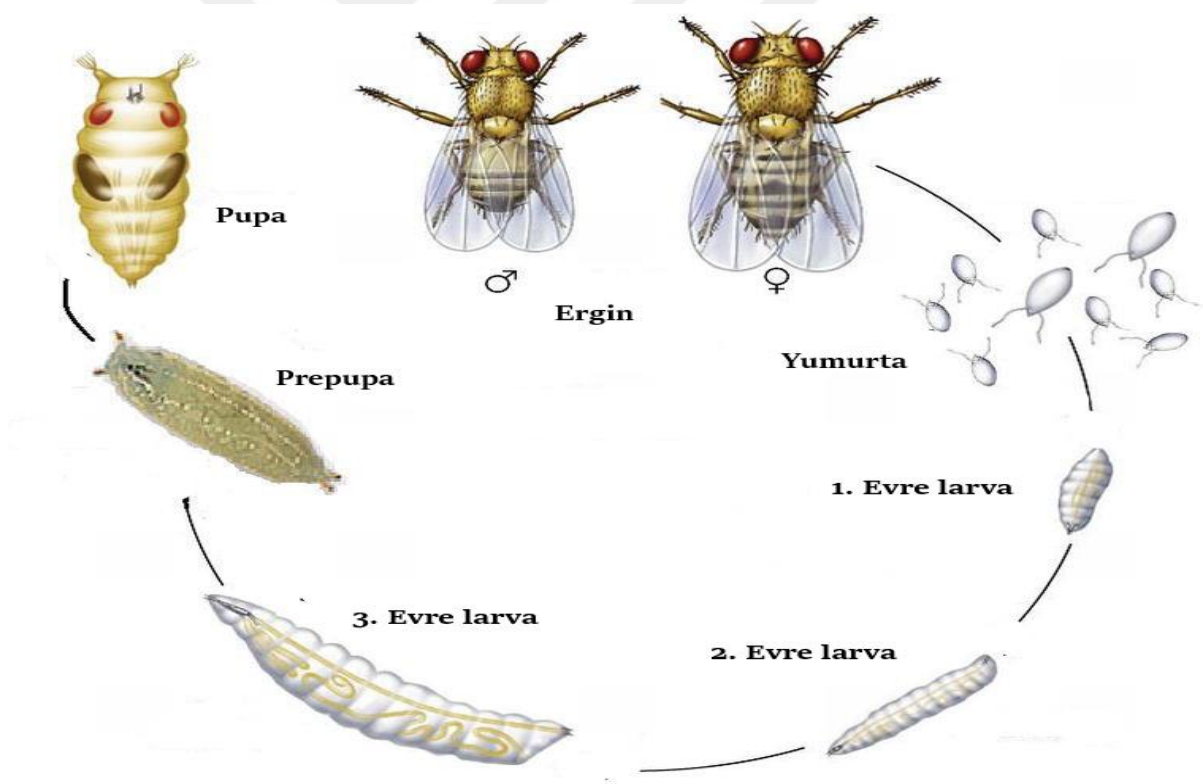
Familia (Familya): Drosophilidae: Sirke sinekleri veya meyve sinekleri olarak adlandırılan bu organizmalar olgunlaşmış, ekşiyen ve çürüyen meyvelerin üzerinden beslenirler ve yumurtalarını bu besinlerin üzerine bırakırlar. Yumurtadan çıkan larvalar, gelişimlerini yine bu besinlerin üzerinde sürdürürler.

Genus (Cins): *Drosophila*: Bu cinsin 750 türü bilinmektedir. Dünyanın ılıman ve nemli olan tüm bölgelerinde sıkça görülen küçük yapıllı bu organizmalar, genellikle uzun kanat, kahverengi vücut ve kırmızı göz rengine sahiptirler.

Species (Tür): *Drosophila melanogaster*

***Drosophila melanogaster*'in hayat döngüsü**

D.melanogaster holometabol bir organizma olup yumurtadan çıkan larvalar erişkinlere benzemezler. Larvalar ergine benzemek için tamamen farklı bir gelişim gösterirler ve Şekil 3'de de görüldüğü gibi yumurtadan sonra 3 ayrı larval gelişimi takiben 4. larva evresi olarak da bilinen prepupa, pupa safhalarından sonra ergin bireyler meydana gelmektedir.

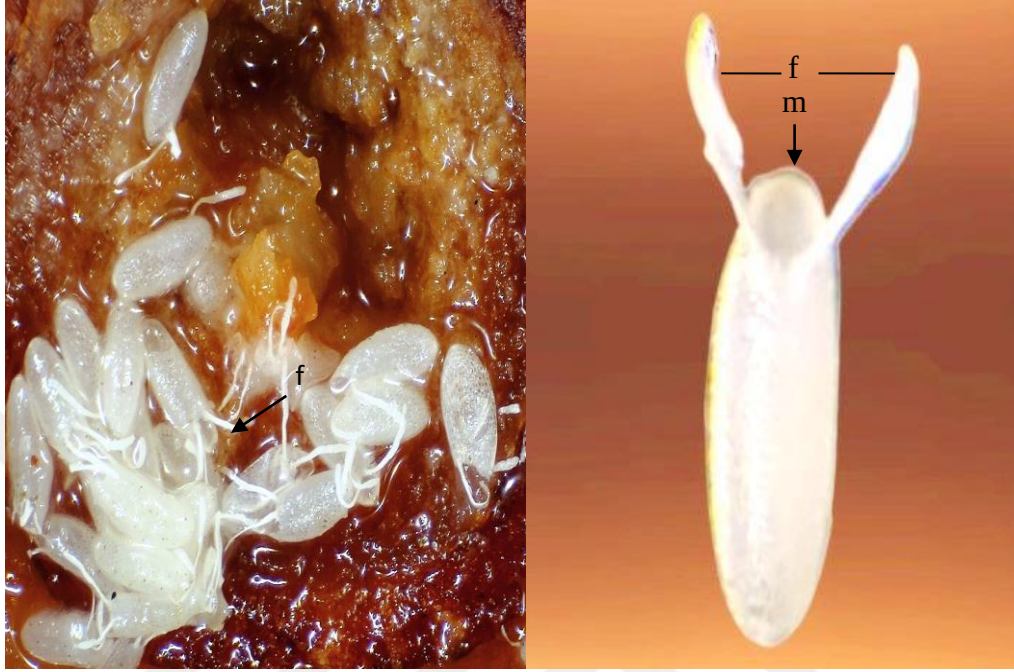


Şekil 3. *D.melanogaster*'in gelişim evreleri

Yumurta

D.melanogaster'in yumurtaları opak beyaz renkli, yaklaşık 0,5 mm uzunluğunda ve 0,2 mm genişliğinde olup, oval görünüme sahiptir. Yumurtanın dış yüzeyi koryon tabakası ile çevrilmiştir ve yumurtanın anterio-dorsal (ön-sırt) bölgesinde iki adet filament olarak

isimlendirilen koryon uzantısı bulunmaktadır (Şekil 4). Fakat farklı türlerde filament sayısı 2 ile 5 arasında değişebilmektedir. Filamentler ile yumurta besi yerine batmadan yüzeyde tutulur ve oksijen alınımı sağlanır. Ayrıca yumurtaya özgü olmak üzere koryon tabakasının altında yer alan ve içinde hava bulunan süngerimsi katman yumurtaya rengini verir.



Şekil 4. *D.melanogaster*'e ait yumurtaların besiyerindeki görünüşü (f:filament, m:mikropil).

Yumurtanın ön kısmında bulunan bir diğer yapı mikropil açıklığıdır (Şekil 4) ve spermatozoonlar bu açıklıktan içeri girerler. Spermatozoonlardan bir tanesinin yumurtaya girmesiyle zigot çekirdeği oluşur ve gelişim başlar. Bu gelişim iki periyotta gerçekleşir;

- 1) Embriyonik periyot: Yumurtanın döllenmesiyle başlayıp, genç larvanın yumurtadan çıkmasına kadar olan zamanı kapsar. Bütün embriyonal gelişmelerin olduğu bu aşamada, yumurtalar $25\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 22-24 saat içinde açılır ve 1. evre larvalar çıkar.
- 2) Postembriyonik periyot: 1.evre larvanın yumurtadan çıkması ile başlar ve 2., 3.evre larvalar ile prepupa ve pupa evrelerini de kapsayan periyot olup ergin bireylerin meydana gelmesine kadar sürer.

Drosophila'da embriyonik ve postembriyonik gelişimi kontrol eden çeşitli genler vardır. Bunlar;

- 1) *Maternal etkili genler* (anneden gelen genler)
- 2) *Zigotik genler*
- 3) *Selektör (seçici) genler* olarak isimlendirilirler.

1) *Maternal etkili genler*, oogenez sırasında gelişmekte olan yumurta içinde depolanan mRNA ve protein gibi ürünler ile embriyonun anterior (ön), posterior (arka) ve terminal (uç) kısmını oluştururlar. Anterior genlerin en önemli olanı bikoid genidir. Bu gendeki mutasyon ile embriyoda baş, göğüs gelişmez ve karın bölgesinin ilk dört segmentinde anormallikler görülür. 8 ayrı posterior gen ise embriyonun arka kısmını oluşturur. Bu genlerde de meydana gelen/gelebilecek mutasyonlar posteriorda benzer fenotipik anormallikler görülmesine sebep olmaktadır. Terminal genler embriyonun anterior/posterior ekseninin oluşumunda görev alırlar.

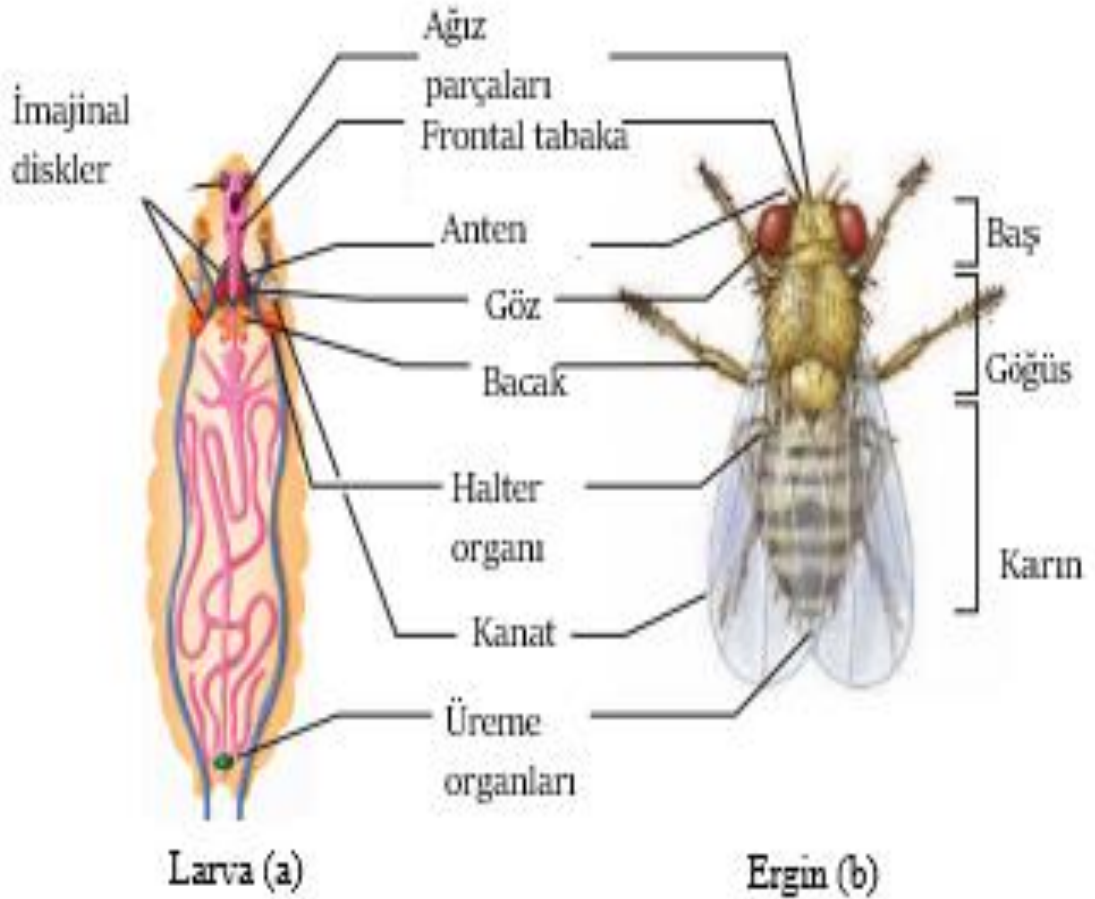
2) *Zigotik genler* ise, zigotun kendi gelişimini sağlarlar. Bunlar gap (boşluk), pair-rule (çift-kural) ve segment polarite genleridir. Ayrıca embriyoyu segmentlere bölen, her segmentin polaritesini, büyüklüğünü ve sayısını tayin eden genlere de *segmentasyon genleri* denir. Yirmiden fazla segmentasyon gen yeri belirlenmiştir. Bu genler segmentlerin ve parasegmentlerin kökenini ve son durumunu belirlerler. Zigotik genlerdeki hatalar ile embriyoda şu deformiteler meydana gelebilmektedir;

- Gap genlerinin etkisi ile embriyo; baş, göğüs ve karın bölgelerine ayrılır. Bu genlerdeki mutasyon, embriyonun segmentli görünümünde büyük boşluklar oluşturur ve komşu segment grubunun yok olmasına neden olurlar.
- Pair-rule genleri gap genlerinin oluşturduğu geniş kısımları böler ve segment büyüklüğüne getirir. Pair-rule genlerindeki mutasyonlar, iki segmentten birinde segment büyüklüğünde bölgelerin yapıdan çıkmasına neden olurlar.
- Segment polarite genlerinde meydana gelebilecek mutasyonlar ise yeni oluşacak ve bilateral simetriye sahip bireyin her bir segmentinin homolog kısımlarında bozulmalara yol açmaktadır.

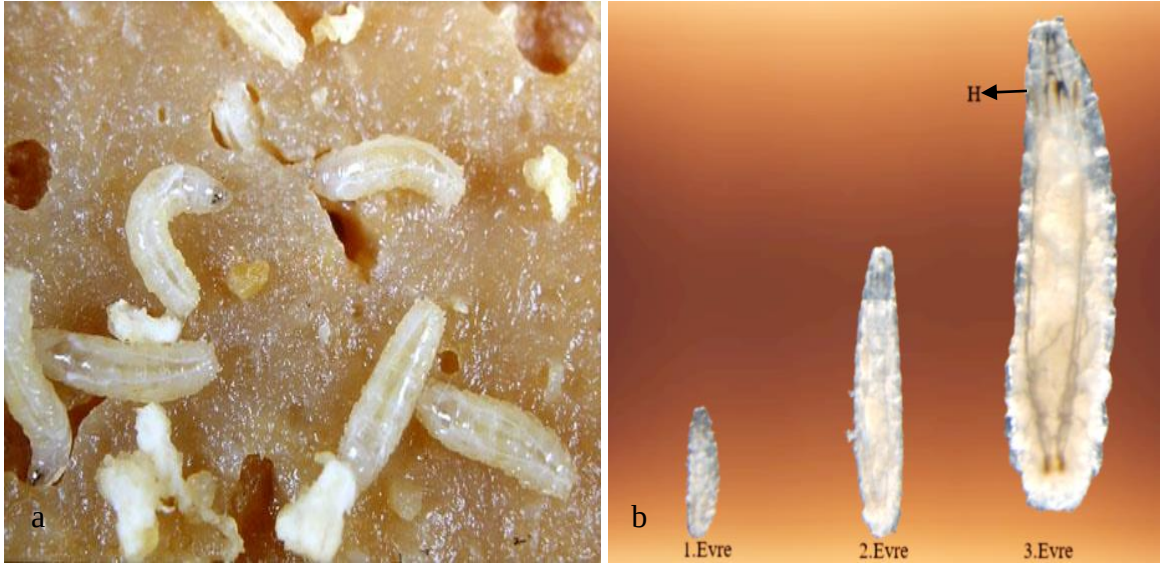
3) *Selektör genler*, *D.melanogaster*'e ait larva ve ergin bireylerde post embriyonik gelişim esnasında segmentlerin sınırları, gap genleri, pair-rule genleri ve segment polarite genlerinin etkisiyle oluşturulur ve akabinde selektör genler aktive olurlar. Bu genlerin etkisi ile baş, göğüs ve karın bölgesindeki vücut segmentlerinin nihai durumu belirlenmektedir. Selektör genlerin mutantları ise *homeotik (Hox) genler* olarak adlandırılır. Bütün genlerin doğru şekilde etkisini göstermesiyle ergin birey meydana gelir. Erginin baş kısmı 3 (C1-3), göğüs bölgesi 3 (T1-3) ve karın bölgesi de 8 segmentlidir (A1-8). *D.melanogaster* bu üç vücut bölgesinde, her biri bir segmentin yarısı ile bir sonraki segmentin ilk yarısına karşılık gelen toplam 14 parasegmente de (P1- 14) sahiptir (Hartl *et al.* 1992).

Larva

Yumurtadan 22-24 saat sonra çıkan beyaz renkli ve segmentli canlıdır. Vücudun kasılıp gevşeyerek (peristaltik olarak) hareket etmesini sağlayan segmentler 12 tanedir ve bunlardan 1'i baş, 3'ü göğüs ve 8'i de karın bölgesine aittir. Larvalarda vücut duvarı dıştan içe doğru; ekzokütikula, endokütikula ve epidermis tabakalarından oluşur. Larval gelişim sırasında kütikula tabakası iki kez atılarak yenilenir. İki deri değişirme arasındaki süreç, instar (evre) olarak bilinir ve L1 (1.larval evre), L2 (2.larval evre), L3 (3.larval evre) olmak üzere üç evre yaşanır (Şekil 6). Larval gelişimde 1. ve 2. evreler 1'er günde, 3. evre ise 2 günde tamamlanır. Ayrıca larvanın embriyonik gelişim döneminde büyük hücre toplulukları halinde gözlenen "imajinal diskler" bulunur. Bu diskler, mitoz bölünmeler geçirerek metamorfoz ile ergin bireyin ağız, kanat, göz, bacak gibi farklı vücut yapılarını oluşturur (Şekil 5). Larva besi yerinde kanallar açarak (Şekil 6) ağırlığından fazla beslenip önce prepupa sonra pupa evresine geçer.



Şekil 5. *D.melanogaster*'in a) Larval döneme ait imajinal diskleri b) İmajinal disklerin histolizi ile meydana gelen ergin bireye ait organlar.



Şekil 6. a) *D.melanogaster*'e ait üç ayrı larval evrenin besi yerindeki görünüşü b) 1., 2. ve 3.evre larvaların boyutları (H: kitin ağız çengelleri).

Prepupa ve Pupa

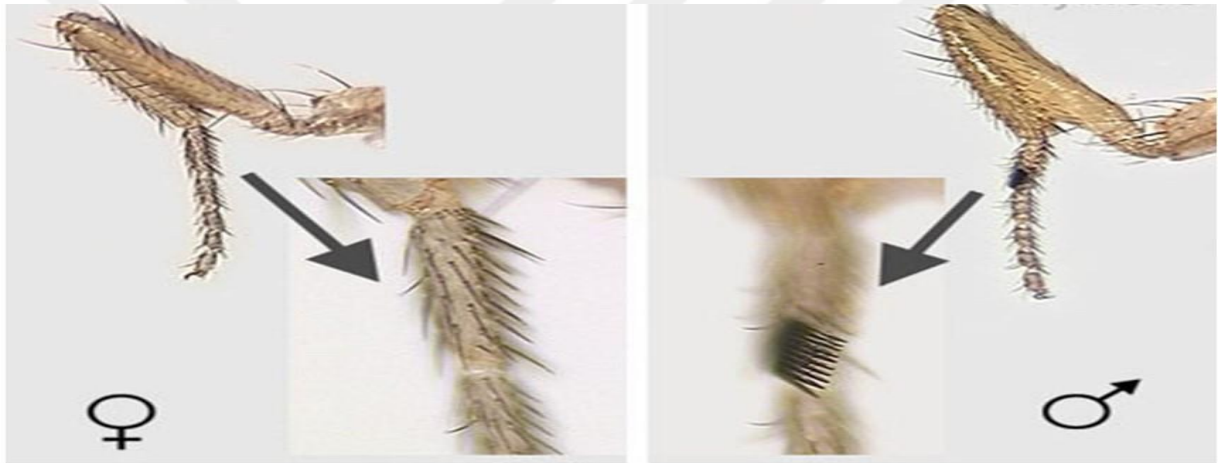
3.Evre larvaların beslenmelerini tamamlayıp hareketlerinin yavaşladığı, kültür şişelerinin duvarlarına tutunup hareketsiz hale geldikleri evre prepupa evresidir. Beslenmeye isteksiz ve daha inaktif oldukları için bu evre “4. evre larva” olarak da tanımlanır ve yaklaşık 4 saat sürer. Daha sonra tamamen hareketsiz, segment sınırlarının kaybolduğu, daha koyu renkli fiçı tipi pupa evresi başlar. Pupanın üst tarafında bulunan operkulum, erginleşen sineklerin pupadan çıkış yaptığı yerdir. Pupanın anterior ve posterior kısımlarının lateralinde yer alan anterior ve posterior spirakllar solunum açıklıkları olarak görev yaparlar (Şekil 7).



Şekil 7. *D.melanogaster*'e ait pupaların besi yerindeki görünüşü (as: anterior spirakl, ps: posterior spirakl).

Ergin

Pupadan yeni çıkan bireylerin vücutları açık renkli, abdomenleri normalden oldukça uzun ve henüz kanatları açılmamıştır. Ancak birkaç saat içinde vücut genel formuna kavuşur (Şekil 2). Erginin baş kısmında bir çift arista tipi anten, bir çift petek ve üç basit göz bulunmaktadır. Üç segmentli olan toraks bölgesinin her bir segmentinden bir çift bacak çıkar. Protoraks (birinci göğüs segmenti), mesotoraks (ikinci göğüs segmenti), metatoraks (üçüncü göğüs segmenti) olarak tanımlanan üç ayrı göğüs segmentinin her biri 5 parçalı bir çift bacak taşır. Erkek bireylerin birinci tarsus segmentinde bulunan siyah ve kalın kıllardan oluşan metatarsal tarak (eşey tarağı) hem cinsiyet ayrımında önemli bir kriterdir hem de çiftleşme esnasında dişiye kavramaya yarar (Şekil 8).



Şekil 8. Erkek bireylerde bulunan eşey tarağı.

Ergin bireylerde mesotoraksta bir çift kanat ve metatoraksta da dengeden sorumlu bir çift halter organı bulunmaktadır. Abdomen ise herhangi bir ekstremitе taşımaz. Ancak bu vücut bölgesindeki segmentlerin sayısına ve segmentlerdeki pigmentasyona dayalı olarak eşey ayrımı yapılmaktadır. Şöyle ki abdomen dişilerde 7, erkeklerde 5 segmentli iken erkeklerde son segmentler koyu renkli olup erkek-dişi ayrımının makroskobik olarak yapılabilmesini sağlamaktadır (Uysal vd 2006).

Drosophila'nın hayat çevrimi larvadan-ergine yaklaşık 9-10 günde tamamlanmaktadır. Ancak bu döngü; sıcaklık (Partridge *et al.* 1994), ışık (Koç ve Gülel 2006), besin (Good and Tatar 2001; Carey *et al.* 2002; Sarıkaya vd 2006; Ayar *et al.* 2009; Güneş 2020), radyasyon (Weisbrot *et al.* 2003), nem (Hodge 2001), çiftleşme (Ueyama and Fuyama 2003) ve popülasyon sıklığı (Joshi 1997) gibi ekolojik faktörlere dayalı olarak değişebilmektedir.

Drosophila cinsine ait yabanıl ve mutant türler, genetik denemelerde model organizma olarak kullanılırlar. Çünkü;

- 1) *Drosophila*'nın gerek erkek gerekse dişi bireylerinde göz rengi, göz şekli, kıl tipi, vücut rengi, kanat şekli gibi hem varyant hem de mutant özellikler kolaylıkla gözlenebilmektedir.
- 2) *Drosophila* cinsine ait türlerde yumurtadan ergin birey oluşumu için gerekli döngü yaklaşık 10 gün gibi kısa bir süreci kapsar.
- 3) Bu cinse ait her dişi birey günde 40-50 yumurta bırakarak 10 günlük bir sayım sonucunda toplam 400-500 yavru birey meydana getirir. Bir nesilde çok fazla sayıda birey elde edilmesi, onun genetiksel özellikleriyle ilgili doğru bilgi ve güvenilir sonuç elde edilmesini sağlar.
- 4) *Drosophila*'ya ait kültürler, bira mayası, toz şeker, mısır unu gibi piyasada kolay bulunabilen ucuz besinlerle laboratuvarında yetiştirilirler. Bu özellik, çalışan kişiler için maddi yük oluşturmaması bakımından önemlidir.
- 5) *Drosophila* cinsine ait türler ile kontrollü çaprazlamalar yapılabilmekte ve bu da organizmanın genetiğinin daha kolay incelenebilmesini, yavru bireylerin takibinin yapılıp sonuçların kalıtsal olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır.
- 6) *D.melanogaster*'in bir başka avantajı, larvaların tükrük bezi hücreleri, malpighi tüpleri ve yağ dokusu gibi politenik dokularında politen (dev) kromozom taşınmasıdır ve sitogenetik olarak onların kromozom haritaları ile kromozom fonksiyon analizleri yapılabilmektedir.
- 7) Kültür şişeleri içindeki *Drosophila*'lar kolayca eterize edilerek hareketleri yavaşlatılabilmektedir. Böylece stok kültürlerin süreli aktarımları yapılırken pozitif fototaksi sebebiyle bireylerin kaçışları önlenmiş olmaktadır. Ayrıca bu yöntem ile deneysel çalışmalar sırasında tüm bireylerin fenotipik özellikleri bakımından incelenebilmesi de mümkün olmaktadır (Uysal vd 2006).

Çalışmamızda kullanılan kimyasal maddeler, alet ve cihazlar

Tez çalışmasında kullandığımız tekstil boya; Reactive Blue 19 (RB19), Superfix Navy Blue BF (SNBBF), Reactive Red 5 (RR5), Superfix Red 3BF (SR3BF), Superfix Black NNY (SBNNY), Synacryl Black XFDL (SBXFDL)'dir. RB19, SNBBF, RR5, SR3BF ve SBNNY boya, boyama özelliğine göre reaktif boyar madde sınıfında yer almaktadır. Suda kolay çözünür, kumaşa kolay tutunma, uzun süre bozulmadan saklanabilme özelliklerine sahiptirler. Toz halinde olup kokusuzdur. RB19 koyu mavi, SNBBF koyu mavi-lacivert, RR5 koyu kırmızı, SR3BF açık kırmızı, SBNNY ise siyah renklidir. SBXFDL boyası ise boyama özelliğine göre bazik boyar madde sınıfındadır. Suda çözünür katyonik boyar maddedir. Kokusuz, siyah-gri tonlarında ve toz halindedir.

Eterizasyon işlemi için kullanılan dietil eter (Cas no: 60-29-7), antifungal inhibitör olan propionik asit (Cas no: 79-09-4) ve Standart Drosophila Besiyeri'ni (Cas no: 0189501) hazırlamak için kullanılan agar-agar (Cas no: 0189501) Merck firmasından temin edilmiştir.

Kontrol ve deney gruplarına ait *Drosophila* kültürlerinin yaşatıldığı ısıtmalı-soğutmalı sıcaklık kabini (Binder Etüv RE 53), kuru hava sterilizatörü (BINDER ED 115), no-frost buzdolabı (Vestel IDEA 465 A NF), hassas terazi (KERN ABJ 220-4M), otomatik pipet (Eppendorf), saf su cihazı (GFL 2001-4), Leica DM 3000 marka mikroskop ve tüp karıştırıcı (HEIDOLPH REAX TOP) Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Genetik Araştırma Laboratuvarında bulunmaktadır. Ayrıca besi yeri yapımında 100 ml'lik cam kültür şişeleri, beher, baget (cam çubuk), erlenmeyer, cam kroze, petri kabı, kurutma kâğıdı, küçük gözenekli elek ve tıkaç gibi laboratuvar gereçleri tüm deneysel çalışmalar sırasında kullanılmıştır.

Metot

Besi yerinin hazırlanması

Drosophila cinsine ait kültürler, Standart Drosophila Besiyeri (SDB) ile beslenmektedir. SDB için gerekli maddeler Tablo 2'de gösterilmiştir. Besi yeri hazırlamak için öncelikle Tablo 2'de verilen ölçülere uygun olarak agar-agar, bira mayası, mısır unu ve şeker hassas terazide tartılır. Ardından 440 ml saf su bir behere konularak kaynamaya bırakılır. Daha sonra agar-agar ve toz şeker kaynayan suya katılarak baget yardımıyla karıştırılır. Aynı bir beherde bulunan 125 ml saf su içine mısır unu ve bira mayası da konularak homojen hale getirilir. Bu karışım da kaynayan agar-şeker içine eklenerek yaklaşık 10 dk daha kısık ateşte uygun kıvama gelmesi için beklenir. Ocaktan alınan besi yerine propionik asit eklenip soğuyup katılaşmadan 100 ml'lik şişelere dökülür. Tüm besi yeri şişelerinin üzerleri kurutma kâğıtları ile kapatılıp, oda sıcaklığında soğuması ve su buharının çekilmesi için beklenir. Ertesi gün kültür şişelerinin ağızları steril sünger veya pamuk-sargı bezinden hazırlanan tıkaçlar ile kapatılarak kullanılıncaya kadar buzdolabında saklanır.

Tablo 2. Standart Drosophila Besiyeri'nin İçeriği.

Kullanılan maddeler	Kullanım miktarları
Agar-agar	9 gr
Bira mayası	19 gr
Toz şeker	60 gr
Mısır unu	50 gr
Saf su	565 ml
Propionik asit	3,5 ml

Eterizasyon (bayıltma) yöntemi

Drosophila türlerinin tamamında, yer çekiminin tersine (negatif geotropik), ışığa (pozitif fototropizma) ve kimyasal maddelere (pozitif kemotaksi) doğru yönelim vardır. Stok kültürlerin oluşturulmasında ve deneysel uygulamalar sırasında hızlı hareket eden ergin bireylerin sorunsuz aktarım ve sayımlarının yapılabilmesi için eterizasyon yapılması gereklidir. Bunun için erlenmeyere belli miktarda dietil eter konulur. Cam krozeyle konulan oldukça hareketli ergin bireylerin kaçmaması için krozenin ağzı petri kabı ile kapatılıp, tabanındaki gözenekli torf bölümü erlenmeyer üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. *Drosophila*'lar hareketsiz hale gelinceye kadar dietil etere maruz bırakılırlar. Daha sonra cam levha üzerine alınıp uygun ince uçlu bir fırça ile morfolojik özelliklerine ve cinsiyetlerine göre ayrılırlar.

3. Evre larvaların elde edilmesi ve larval yaşayabilirliğin (viabilite) belirlenmesi için tekstil boyalarının uygulanması

Bu uygulama için öncelikle *D.melanogaster*'in Oregon-R soyuna ait ♀10 X ♂10 çaprazı yapılmıştır. Ebeveynlerin çiftleşmesini takiben başkalaşımın 4.günüde yaklaşık 72±4 saatlik olan ve 2.evreden 3.evreye geçen larvalar toplanmıştır. Larvaların toplanma işlemi yapılırken yüzeyde olmayan ve besi yerinin içinde kalan larvaların da alınabilmesi için küçük gözenekli eleklerle onlar su altında yıkanmışlardır. Larval yaşayabilirliğin belirlenmesi için daha sonra iki ayrı deney seti oluşturulmuştur. Bu gruplardan birisi kontrol, diğeri ise farklı dozlarda tekstil boyaları içeren uygulama gruplarıdır. Kontrol grubu yalnızca distile su ile hazırlanmış SDB içermektedir. Uygulama grupları ise yapılan çok sayıda ön denemeler ile belirlenen beş farklı doz ile oluşturulmuştur. 10, 20, 40, 60, 80 ppm tekstil boyası + SDB içeren uygulama gruplarına ait kültür şişelerine en son olarak 100'er 3.evre larva konulmuştur.

Hem kontrol hem de uygulama grupları 25±1°C'de %60 bağıl nem içeren ve sürekli karanlık koşullara sahip ısıtmalı-soğutmalı etüvlerde yaşatılmıştır. Larvaların ergin bireye dönüşüm süreçleri günlük olarak takip edilmiş, prepupa-pupa-ergin dönemlerindeki malformlu bireyler binoküler mikroskop altında incelenip fotoğrafları çekilmiştir. Erginleşebilen bütün bireyler şişelerden son birey çıkıncaya kadar günlük olarak sayılmış ve kayıt altına alınmıştır. Tüm deneyler üç kez tekrarlanmıştır.

Ömür uzunluğu deneyleri için ergin bireylerin toplanması ve tekstil boyalarının uygulanması

D.melanogaster'in Oregon-R soyuna ait dişi ve erkek bireyler taze besi yeri içeren şişelere konularak çarpazlanmaları (♀10 X ♂10) sağlanmıştır. Pupa oluşumundan itibaren

ergin bireyler çıkmaya başladıkça 4-5 saatte bir virgin dişi ve erkekler ayrı ayrı olacak şekilde toplanıp kontrol ve deney grupları için stoklar hazırlanmıştır. Böylece her bir tekstil boyası ve her kullanım dozu için aynı yaşlı (1-3 günlük/72±4 saatlik) 100'er birey 3 gün boyunca toplanmıştır. Altı farklı tekstil boyası 10, 20, 40, 60, 80 ppm olmak üzere 5 farklı dozda SDB ortamına eklenmiştir. Sineklerin aktarım ve sayım işlemlerinde popülasyon sıklığından kaynaklanan kaçışları önlemek için her uygulama grubuna ait 100 birey 25'er bireylik 4 gruba ayrılmıştır. Kontrol grupları için de sadece distile su ile hazırlanan SDB içeren şişeler hazırlanmış ve yine 25'er bireylik 4 ayrı grup oluşturulmuştur. Tüm uygulamalara eş zamanlı olarak başlanmış ve ortam koşullarının %60 bağıl nem, 25±1°C ve sürekli karanlık ortam olması sağlanarak çevresel koşullar stabil tutulmuştur. Böylece tüm uygulama gruplarında tek değişken farklı dozlarda besi yerlerine eklenen tekstil boya olmuştur. Besi yerleri haftada iki kez yenilenmiş ve bu değişim sırasında tüm bireyler kontrol edilip ölü bireyler sayılarak ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Hem kontrol hem de uygulama gruplarında son birey ölünceye kadar deneysel prosedür sürdürülmüştür.

Mikrofotografi

D.melanogaster'e ait larva, normal ve malformlu yabanıl bireylerin fotoğraf çekimi için Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Genetik Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Leica DM 3000 marka mikroskop kullanılmıştır.

İstatistiksel yöntemler

Larval mortalite ve ergin bireylere ait ömür uzunluğu deneyleri için elde edilen tüm sonuçların analizlerinde SPSS 22.0 (Statistical Package for the Social Sciences) istatistik programı kullanılmıştır.

Larval mortalitenin belirlenmesi amacı ile uygulama ve kontrol gruplarına ait sonuçların karşılaştırılması One-Way ANOVA testi ile larvadan-ergine dönüşen bireyler için gruplar arası çoklu karşılaştırılma ise Duncan testi ile yapılmıştır.

Ömür uzunluğu deneylerinden elde edilen maksimum ve ortalama ömür uzunluğu verilerinin karşılaştırılmasında, Tukey tek yönlü varyans ve Duncan çok yönlü karşılaştırma testi kullanılmıştır. Önem seviyesi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir. Dişi ve erkek bireylerin hayatta kalış eğrileri de Microsoft Windows Office Excel programı kullanılarak çizilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında, tekstil endüstrisinde boyar madde olarak kullanılan Reactive Blue 19 (RB19), Superfix Navy Blue BF (SNBBF), Reactive Red 5 (RR5), Superfix Red 3BF (SR3BF), Superfix Black NNY (SBNNY), Synacryl Black XFDL (SBXF DL) adlı altı farklı boyanın, farklı konsantrasyonlarda ve oral yolla kronik uygulamalara bağlı olarak *Drosophila melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait hem 3.evre larvalarında larval yaşayabilirlik ve larval mortalite hem de aynı soya ait ergin erkek ve dişi bireylerde ortalama ve maksimum ömür uzunluğu üzerine *in vivo* biyotoksik etkileri incelenmiştir.

Bu amaçla her iki deneysel çalışma için ayrı ayrı kontrol ve uygulama grupları oluşturulmuştur. Larval yaşayabilirlik ve larval mortalite ile ergin bireylere ait ömür uzunluğunun belirlenebilmesi için kontrol gruplarında yalnızca distile su ile hazırlanan SDB kullanılmıştır. Uygulama grupları için önce her bir boyaya ait olmak üzere stok solüsyonlar hazırlanmış ve sonra yapılan çok sayıda ön deneme ile 5 farklı konsantrasyon (10, 20, 40, 60 ve 80 ppm) belirlenmiştir. Her bir boya için SDB'ye ilave edilen boyar maddeler ile uygulama grupları hazırlanmıştır (SDB+10, 20, 40, 60 ve 80 ppm). Ergin bireylerin maksimum ve ortalama ömür uzunluğunu belirlemek amacıyla her boya ve her uygulama grubunda ♀ ve ♂ popülasyonları için çalışmalar ayrı ayrı sürdürülmüştür. Her popülasyon için ayrı ayrı olmak üzere uygulama gruplarına ait değerler kendi aralarında ve kontrol grubu ile karşılaştırılarak istatistiki olarak önem kontrolleri yapılmıştır. Grup içi değerlendirmeler dışında ♀ ve ♂ popülasyonları için regresyon değerleri hesaplanarak maksimum ömür uzunluğu değerlerine göre yabanıl ♀ ve ♂ popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri de çizilmiştir.

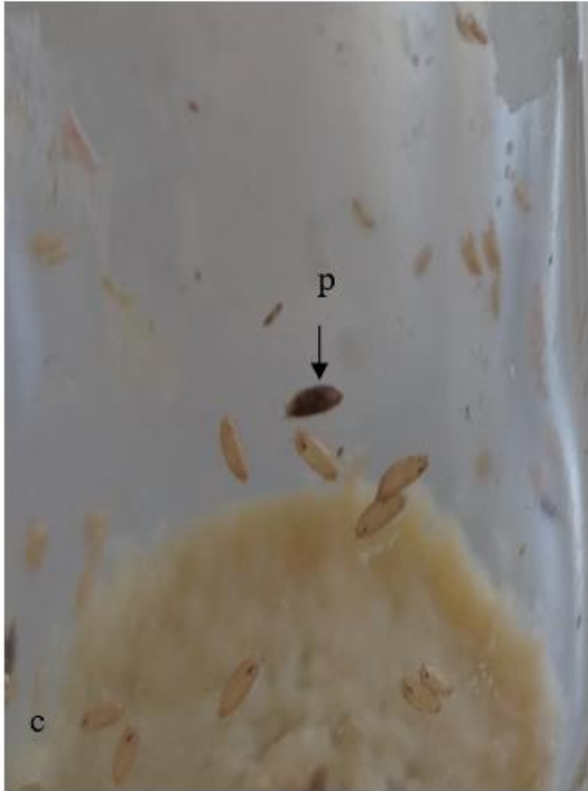
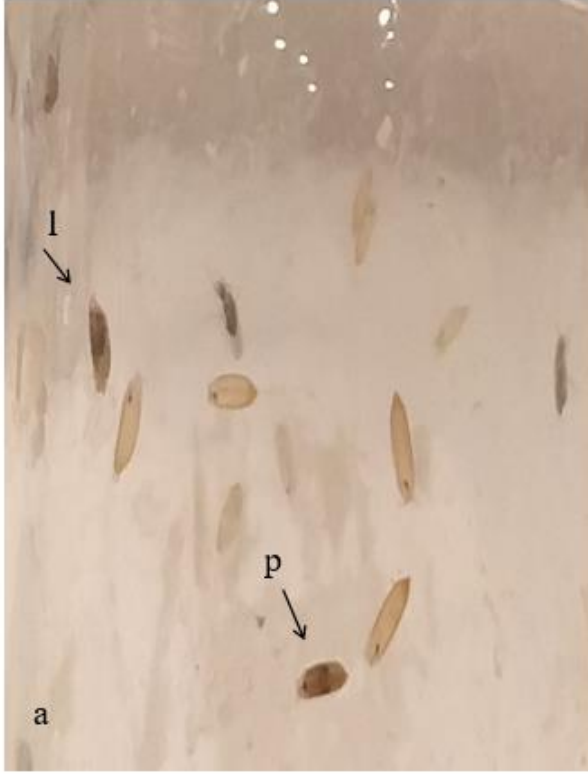
Tekstil Boyalarının *D.melanogaster*'in 3. Evre Larvalarında Yaşayabilirlik ve Ölüm Oranı (Larval Mortalite) Üzerine *In Vivo* Biyotoksik Etkileri

Tekstil boyalarının larval yaşayabilirlik ve larval mortalite üzerine olan etkilerini belirlemek için, *D.melanogaster*'in 3.evre larvalarına kronik olarak uygulamalar yapılmış ve larvadan ergine tüm gelişim döngüsünü farklı konsantrasyonlarda SDB+tekstil boyası içinde geçiren bireyler günlük olarak izlenmiştir. Gelişimini tamamlayamayan larvalar, pupa safhasına geçen ancak bu safhada kalan ya da pupa içi gelişimini tamamlayarak erginleşen ancak malformlu olan tüm bireyler kayıt altına alınmış ve fotoğraflanmıştır (Şekil 9 ve Şekil 10). Şekil 9a-b'de görüldüğü gibi larvalarda gözlenen en önemli malformasyon beslenmeye istekli ve aktif olan bireylerin önce hareketsizliği, sonra yoğun pigmentasyonun meydana

gelmesidir. Şekil 9b-d’de ise pupa içi değişimin tamamlanamadığı ve yine tıpkı larvalarda olduğu gibi pupalarda da yoğun pigmentasyonun meydana geldiği görülmektedir.

Farklı konsantrasyonlarda tekstil boyasına maruz bırakılan ve bu besi yeri içerisinde başkalaşımını tamamlayan ergin bireylerde de özellikle kanatlarda ve göğüs bölgesinde yoğunlaşan bazı malformasyonlar gözlenmiştir (Şekil 10a-d). Bu malformasyonlar sol (Şekil 10a) ya da sağ (Şekil 10c) kanatta eksik oluşum, uzun kanatlı olan bu yabancı soya ait bireylerin kanatlarında kısalma/kıvrılma (Şekil 10a) ya da raket şeklinde ileri derecede form değişikliği (Şekil 10d) ile göğüs segmentlerinde sola veya sağa yığılmanın meydana gelmesi (Şekil 10b) ve böylece farklı ekstremitelerde bilateral simetrinin ortadan kalkması şeklinde görülmüştür.





Şekil 9. Farklı tekstil boyalarına kronik olarak maruz kalan larva ve pupalarda gözlenen malformasyonlar (l: larva, p: pupa).



Şekil 10. Farklı tekstil boyalarına kronik olarak maruz kalan ergin bireylerin ekstremitelerinde gözlenen malformasyonlar.

Tekstil boyalarına ait ilk uygulama grubunda Reactive Blue 19 (RB19) kullanılmıştır. Yalnızca SDB içeren kontrol grubu ve 5 farklı konsantrasyonda RB19 içeren uygulama gruplarında larval yaşayabilirlik ile buna bağlı larval mortalite oranları Tablo 3a'da verilmiştir. Üç tekerrürlü olarak yapılan çalışmalarda RB19 için ortalama larval yaşayabilirlik oranlarının konsantrasyon artışına paralel olarak yaklaşık %50 oranında azalma gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol gruplarına ait üç ayrı uygulamada; 1.uygulama için 100 larvadan 98'i,

2.uygulama için 96'sı ve 3.uygulama için de 95'inin ergine dönüştüğü ve larvadan ergine dönüşebilme oranının $96,33 \pm 0,88$, larval mortalitenin de yalnızca %3,7 olduğu belirlenmiştir. Tablo 3a'da RB19 için larval yaşayabilirliğin tüm uygulama gruplarında kontrol grubuna göre azaldığı ve bunun da $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. 10 ppm uygulama grubunda $67,33 \pm 3,38$ olan ortalama yaşayabilirlik oranının 80 ppm uygulama grubunda $53,66 \pm 1,85$ 'e kadar azaldığı belirlenmiştir. Tablo 3a'da larval mortalite oranı kontrol gruplarında %3,7 iken 10 ppm uygulama grubunda (no.2) bu değer %32,7 ve 80 ppm uygulama grubunda (no.6) ise %46,3 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu verilere bağlı olarak, artan boya konsantrasyonu ile larval mortalite arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan Superfix Navy Blue BF (SNBBF) boyasına ait uygulama gruplarında da larval yaşayabilirlik kontrol gruplarına göre azalmış ve bu azalma istatistiki olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3b). Kontrol gruplarında (no.1) ortalama yaşayabilirlik $96,33 \pm 0,88$ iken bu değer en düşük uygulama grubu olan 10 ppm (no.2)'de $81,33 \pm 2,96$, en yüksek uygulama grubu olan 80 ppm (no.6)'de ise $64,33 \pm 3,84$ olarak hesaplanmıştır. Diğer uygulama grupları olan 20 ppm (no.3), 40 ppm (no.4) ve 60 ppm (no.5)'de ise farklı oranlarda gözlenen larval yaşayabilirlik oranları sırasıyla $76,00 \pm 3,78$, $73,66 \pm 5,20$ ile $67,33 \pm 1,20$ arasında değişmekte ve bu değerler Tablo 3b'de de toplu olarak görülmektedir. Yine bu gruplara ait larval mortalite değerleri ise %18,7'den (10 ppm, no.2) %35,7'ye (80 ppm, no.6) yükselmiştir. RB19 boyası (Tablo 3a) için uygulama dozu ve larval mortalite arasında gözlenen pozitif korelasyon, SNBBF boyası için de gözlenmiştir. Ancak elde edilen verilere göre, RB19'un SNBBF'den hem larval yaşayabilirlik hem de larval mortalite bakımından daha toksik olduğu gözlenmiştir. RB19'da larval yaşayabilirlik $53,66 \pm 1,85$ ve larval mortalite %46,3 iken bu değerler SNBBF'de sırasıyla $64,33 \pm 3,84$ ve %35,7 olarak bulunmuştur. Her iki boyaya ait uygulama grupları için elde edilen değerler karşılaştırıldığı zaman RB19, SNBBF'ye göre daha toksik olarak değerlendirilmiştir ve toksisite sıralaması **RB19>SNBBF** şeklindedir (Tablo 3a ve Tablo 3b).

Tez çalışmasına ait bir başka uygulama grubu Reactive Red 5 (RR5) boyasına aittir. Farklı dozlarda RR5 boyasına ait uygulama gruplarında larval yaşayabilirliğin kontrol gruplarına göre azaldığı ve bu azalmanın tüm uygulama gruplarında $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu Tablo 3c'de görülmektedir. Kontrol grubunda (no.1) ortalama yaşayabilirlik $96,33 \pm 0,88$ ve larval mortalite değeri %3,7 iken en düşük uygulama grubu olan 10 ppm uygulama grubunda (no.2) larval yaşayabilirlik $76,00 \pm 2,64$ ve larval mortalite %24 olarak bulunmuştur. En yüksek uygulama grubunda (80 ppm, no.6) ise larval yaşayabilirlik ortalama $43,33 \pm 3,52$ ve larval mortalite %56,7 olarak hesaplanmıştır. 80 ppm RR5 uygulama grubunda

gözlenen larval yaşayabilirlik oranı kontrol grubuna göre yaklaşık %50 oranında azalma gösterirken larval mortalite de yaklaşık aynı oranda artış göstermiştir. Üç ayrı boyaya ait veriler birbiri ile karşılaştırıldığı zaman, RR5 boyası hem RB19 hem de SNBBF'den daha toksik bulunmuş ve üç boya için larval toksisite sıralaması **RR5>RB19>SNBBF** şeklinde belirlenmiştir (Tablo 3c, Tablo 3a ve Tablo 3b).

Tez çalışmasında kullanılan bir diğer tekstil boyası Superfix Red 3BF (SR3BF) boyası olup bu boya da farklı dozlarda olmak üzere 3.evre larvalara uygulanmış ve üç ayrı uygulamadan elde edilen larval yaşayabilirlik ve larval mortalite değerleri Tablo 3d'de verilmiştir. Larval yaşayabilirliğe ait değer, kontrol grubunda (no.1) ortalama $96,33 \pm 0,88$ olarak bulunmuştur. Kontrol grubuna göre (no.1) tüm SR3BF uygulama gruplarında larval yaşayabilirlik $74,66 \pm 6,69$ (no.2)'dan $56,66 \pm 4,40$ (no.6)'a kadar azalmıştır. Larval mortalite ise kontrol grubunda %3,7 iken en düşük uygulama grubunda % 25,3 (10 ppm, no.2)'den % 43,4 (80 ppm, no.6)'e kadar artış göstermiştir. Tablo 3d'de de görüldüğü gibi SR3BF boyası doz artışına bağlı olarak tüm uygulama gruplarında (10-80 ppm) larval yaşayabilirliği azaltırken mortaliteyi artırmıştır ($p < 0,05$) ve bu da boya konsantrasyonu artışı ile larval yaşayabilirlik arasında negatif ve yine boya konsantrasyonu artışı ile larval mortalite arasında pozitif korelasyon olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu verilere göre dört ayrı tekstil boyasının larval toksisite sıralaması ise **RR5>RB19>SR3BF>SNBBF** şeklindedir (Tablo 3c, Tablo 3a, Tablo 3d ve Tablo 3b). Bu sıralamaya göre SR3BF boyası, SNBBF'ye göre daha toksik, RR5 ve RB19 boyalarına göre daha az toksik etkili olarak değerlendirilmiştir.

Superfix Black NNY (SBNNY) tekstil boyası da uygulanan tüm dozlarda 3.evre larvaların larval yaşayabilirlik değerlerini önemli oranda azaltırken larval mortaliteyi de artırmıştır (Tablo 3e). Kontrol grubunda (no.1) larval yaşayabilirlik değeri ortalama $96,33 \pm 0,88$ iken larval mortalite değeri de %3,7 olarak tesbit edilmiştir. Bu değerler en düşük uygulama grubu olan 10 ppm (no.2)'de larval yaşayabilirlik için $56,00 \pm 1,73$ ve larval mortalite için %44, en yüksek uygulama grubu olan 80 ppm (no.6)'de ise sırasıyla larval yaşayabilirlik ortalama $33,00 \pm 2,08$ ve larval mortalite de %67 olarak hesaplanmıştır. Kontrol ve deney gruplarına ait değerler arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). SBNNY boyasına ait veriler, diğer boyalara ait uygulama gruplarından elde edilen veriler ile karşılaştırıldığı zaman tüm boyalar içinde en toksik etkili boyanın SBNNY olduğu görülmektedir (Tablo 3e) ve toksisite sıralaması da **SBNNY>RR5>RB19>SR3BF>SNBBF** şeklindedir (Tablo 3e, Tablo 3c, Tablo 3a, Tablo 3d ve Tablo 3b).

Biyotoksik etkilerini araştırdığımız son tekstil boyası olan Synacryl Black XFDL (SBXFDL) de artan doza bağlı olarak larval yaşayabilirlikte negatif korelasyon gösterirken

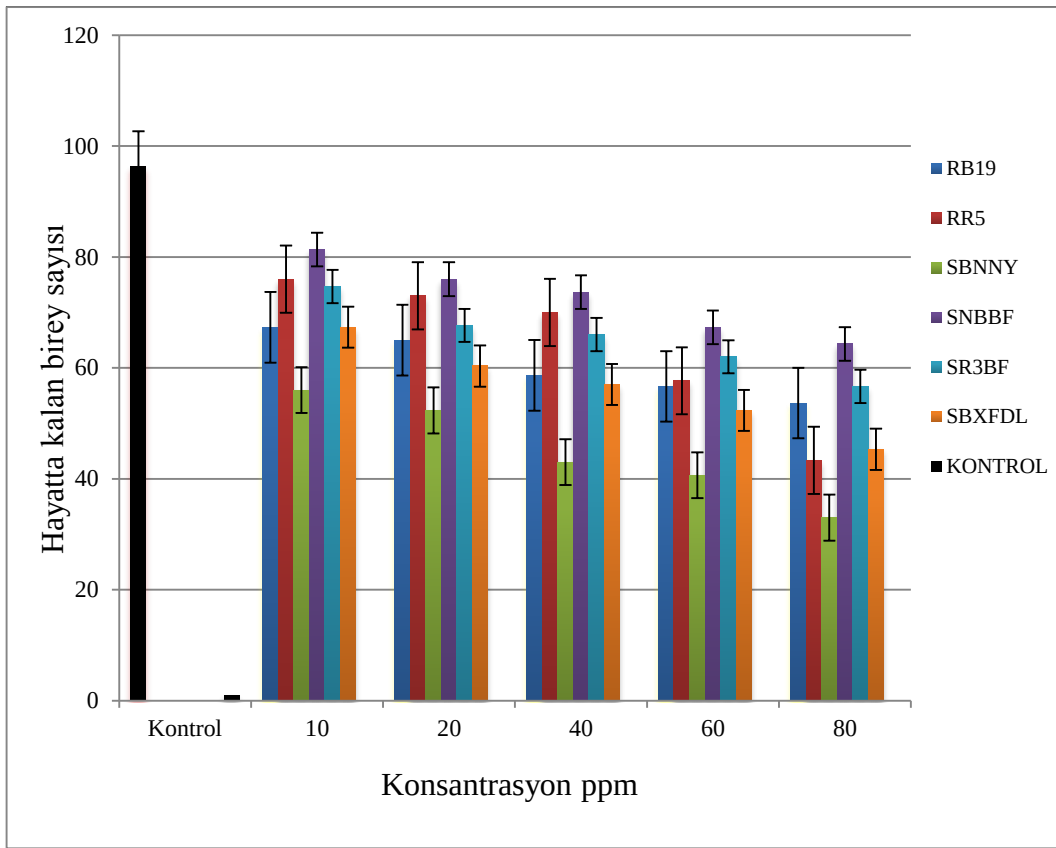
larval mortalitede pozitif korelasyon göstermiştir. Kontrol grubunda (no.1) larval yaşayabilirlik ortalama $96,33 \pm 0,88$, 10 ppm (no.2)'de $67,33 \pm 1,20$ ve 80 ppm (no.6)'de ise $45,33 \pm 1,45$ olarak belirlenmiştir. SBXFDL'nin doz artışı larval yaşayabilirliğe ait ortalama değerleri $96,33 \pm 0,88$ 'den $45,33 \pm 1,45$ 'e düşürmüştür. Larval yaşayabilirliğe ait düşüşler tüm uygulama gruplarında (10-80 ppm) gözlenmiş ve istatistiki olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 3f). Larval mortalite ise tüm uygulama gruplarında artan doza bağlı olarak sürekli artış göstermiştir ve bu durum da istatistiki olarak önemlidir ($p < 0,05$). Kontrol (no.1) grubunda %3,7 olan larval mortalite oranı, en düşük uygulama grubu 10 ppm (no.2)'de %36,7 ve en yüksek uygulama grubu 80 ppm (no.6)'de ise % 54,7 olarak hesaplanmıştır. Hem mortalite hem de yaşayabilirlik değerleri göz önüne alındığı zaman SBXFDL boyasının RR5 ve SBNNY'den daha az toksik, RR19, SR3BF ve SNBBF'ye göre ise daha toksik etkili olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3a-f'ye ait tüm değerler birbiriyle karşılaştırıldığı zaman üç tekerrürlü yapılan deneysel çalışmalarda ortak parametre, artan boya konsantrasyonuna bağlı olarak uygulama gruplarının tümünde farklı oranlarda ve kademeli olarak larval yaşayabilirliğin azalmış olması (Şekil 11), larval mortalitenin de buna paralel olarak artmasıdır. Ancak tez kapsamında biyotoksik etkileri çalışılan 6 farklı tekstil boyasına ait yalnızca en yüksek uygulama grubu (80 ppm, no.6) dikkate alınıp larval mortalite ve larval yaşayabilirlik değerleri birbiriyle karşılaştırılarak yapılan toksisite sıralaması şöyledir;

Larval toksisite sıralaması: SBNNY>RR5>SBXFDL>RB19>SR3BF>SNBBF

Larval yaşayabilirlik (%): $33,0 > 43,3 > 45,3 > 53,6 > 56,6 > 64,3$

Larval mortalite (%): $67,0 > 56,7 > 54,7 > 46,3 > 43,4 > 35,7$



Şekil 11. *D.melanogaster*'in Oregon-R yabancı soyuna ait 3.evre larvalarında farklı tekstil boyalarının larval yaşayabilirlik ve larval mortalite üzerine etkilerinin karşılaştırılması.

Tablo 3. Farklı Tekstil Boyalarına Maruz Kalan *D.melanogaster*'in Oregon-R Yabancı Soyuna Ait 3.Evre Larvalarının Larval Yaşayabilirlik ve Larval Mortalite Değerlerine Ait İstatistiki Değerlendirmeler.

a) Reactive Blue 19 (RB19)							
Deney grupları	Larva sayısı	Erginleşebilen birey sayısı			Σ yaşayabilirlik ve ölüm oranı (%)	Ortalama±S.H	P - değeri
(1)	(2)	(3)					
Kontrol (SDB no.1)	100	98	96	95	96,3 (%3,7)	96,3±0,88 ^a	
SDB+10 ppm (no.2)	100	74	65	63	67,3 (%32,7)	67,33±3,38 ^b	< 0,05
SDB+20 ppm (no.3)	100	71	61	63	65,0 (%35,0)	65,0±3,05 ^b	< 0,05
SDB+40 ppm (no.4)	100	59	55	62	58,6 (%41,4)	58,66±2,02 ^c	< 0,05
SDB+60 ppm (no.5)	100	57	54	59	56,7 (%43,3)	56,66±1,45 ^c	< 0,05
SDB+80 ppm (no.6)	100	56	50	55	53,7 (%46,3)	53,66±1,85 ^c	< 0,05

b) Superfix Navy Blue BF (SNBBF)							
Deney grupları	Larva sayısı	Erginleşebilen birey sayısı			Σ yaşayabilirlik ve ölüm oranı (%)	Ortalama±S.H	P - değeri
(1)	(2)	(3)					
Kontrol (SDB no.1)	100	98	96	95	96,3 (%3,7)	96,33±0,88 ^a	
SDB+10 ppm (no.2)	100	87	77	80	81,3 (%18,7)	81,33±2,96 ^b	< 0,05
SDB+20 ppm (no.3)	100	83	70	75	76,0 (%24,0)	76,00±3,78 ^{b,c}	< 0,05
SDB+40 ppm (no.4)	100	83	65	73	73,6 (%26,4)	73,66±5,20 ^c	< 0,05
SDB+60 ppm (no.5)	100	69	65	68	67,3 (%32,7)	67,33±1,20 ^{c,d}	< 0,05
SDB+80 ppm (no.6)	100	72	60	61	64,3 (%35,7)	64,33±3,84 ^d	< 0,05

Tablo 3. (devamı)

c) Reactive Red 5 (RR5)							
Deney grupları	Larva sayısı	Erginleşebilen birey sayısı			Σ yaşayabilirlik ve ölüm oranı (%)	Ortalama±S.H	P-değeri
		(1)	(2)	(3)			
Kontrol (SDB no.1)	100	98	96	95	96,3 (%3,7)	96,33±0,88 ^a	
SDB+10 ppm (no.2)	100	81	75	72	76,0 (%24,0)	76,00±2,64 ^b	< 0,05
SDB+20 ppm (no.3)	100	77	67	75	73,6 (%26,4)	73,00±3,05 ^b	< 0,05
SDB+40 ppm (no.4)	100	73	65	72	70,0 (%30,0)	70,00±2,51 ^b	< 0,05
SDB+60 ppm (no.5)	100	60	51	62	57,7 (%42,3)	57,66±3,38 ^c	< 0,05
SDB+80 ppm (no.6)	100	38	42	50	43,3 (%56,7)	43,33±3,52 ^d	< 0,05

d) Superfix Red 3BF (SR3BF)							
Deney grupları	Larva sayısı	Erginleşebilen birey sayısı			Σ yaşayabilirlik ve ölüm oranı (%)	Ortalama±S.H	P - değeri
		(1)	(2)	(3)			
Kontrol (SDB no.1)	100	98	96	95	96,3 (%3,7)	96,33±0,88 ^a	
SDB+10 ppm (no.2)	100	87	73	64	74,7 (%25,3)	74,66±6,69 ^b	< 0,05
SDB+20 ppm (no.3)	100	71	67	65	67,7 (%32,3)	67,66±1,76 ^c	< 0,05
SDB+40 ppm (no.4)	100	71	67	65	67,7 (%32,3)	66,00±0,57 ^c	< 0,05
SDB+60 ppm (no.5)	100	67	60	59	62,0 (%38,0)	62,00±2,51 ^{c,d}	< 0,05
SDB+80 ppm (no.6)	100	65	55	50	56,6 (%43,4)	56,66±4,40 ^d	< 0,05

e) Superfix Black NNY (SBNNY)							
Deney grupları	Larva sayısı	Erginleşebilen birey sayısı			Σ yaşayabilirlik ve ölüm oranı (%)	Ortalama±S.H	P - değeri
		(1)	(2)	(3)			
Kontrol (SDB no.1)	100	98	96	95	96,3 (%3,7)	96,33±0,88 ^a	
SDB+10 ppm (no.2)	100	59	56	53	56,0 (%44,0)	56,00±1,73 ^b	< 0,05
SDB+20 ppm (no.3)	100	57	51	49	52,3 (%47,7)	52,33±2,40 ^b	< 0,05
SDB+40 ppm (no.4)	100	49	39	41	43,0 (%57,0)	43,00±3,05 ^c	< 0,05
SDB+60 ppm (no.5)	100	45	37	40	40,6 (%59,4)	40,66±2,33 ^c	< 0,05
SDB+80 ppm (no.6)	100	32	30	37	33,0 (%67,0)	33,00±2,08 ^d	< 0,05

f) Synacryl Black XFDL (SBXFDL)							
Deney grupları	Larva sayısı	Erginleşebilen birey sayısı			Σ yaşayabilirlik ve ölüm oranı (%)	Ortalama±S.H	P - değeri
		(1)	(2)	(3)			
Kontrol (SDB no.1)	100	98	96	95	96,3 (%3,7)	96,33±0,88 ^a	
SDB+10 ppm (no.2)	100	67	64	68	67,3 (%36,7)	67,33±1,20 ^b	< 0,05
SDB+20 ppm (no.3)	100	60	62	59	60,3 (%39,7)	60,33±0,88 ^{b,c}	< 0,05
SDB+40 ppm (no.4)	100	54	59	58	57,0 (%43,0)	57,00±1,52 ^c	< 0,05
SDB+60 ppm (no.5)	100	53	54	50	52,3 (%47,7)	52,33±1,20 ^{c,d}	< 0,05
SDB+80 ppm (no.6)	100	43	45	48	45,3 (%54,7)	45,33±1,45 ^d	< 0,05

Tekstil Boyalarının Ömür Uzunluğu Üzerine *In Vivo* Biyotoksik Etkileri

***D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Reactive Blue 19 (RB19) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi**

RB19 boyası, *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait dişi ve erkek popülasyonlarına ayrı ayrı olmak üzere altı farklı konsantrasyonda (10, 20, 40, 60 ve 80 ppm) kronik olarak uygulanmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen veriler, saf su kontrol grubu verileri ile karşılaştırılarak istatistiksel analizler yapılmış, kontrol ve uygulama grupları arasındaki farklılıklar $p<0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Maksimum (maks.) ömür uzunluğu, kontrol grubunun ♀ bireylerinde 89 gün ve ♂ bireylerinde 80 gün olarak belirlenmiştir. RB19 boyasına ait 10, 20, 40, 60 ve 80 ppm uygulama gruplarında ♀ bireyler için bu değerler sırasıyla; 77, 73, 70, 66 ve 60 gün, ♂ bireylerde ise 66, 56, 53, 49 ve 46 gün olarak bulunmuştur (Tablo 4, Şekil 12). Her iki popülasyon için maksimum ömür uzunluğu değerlerine göre çizilen hayatta kalış eğrileri de Şekil 4'de verilmiştir.

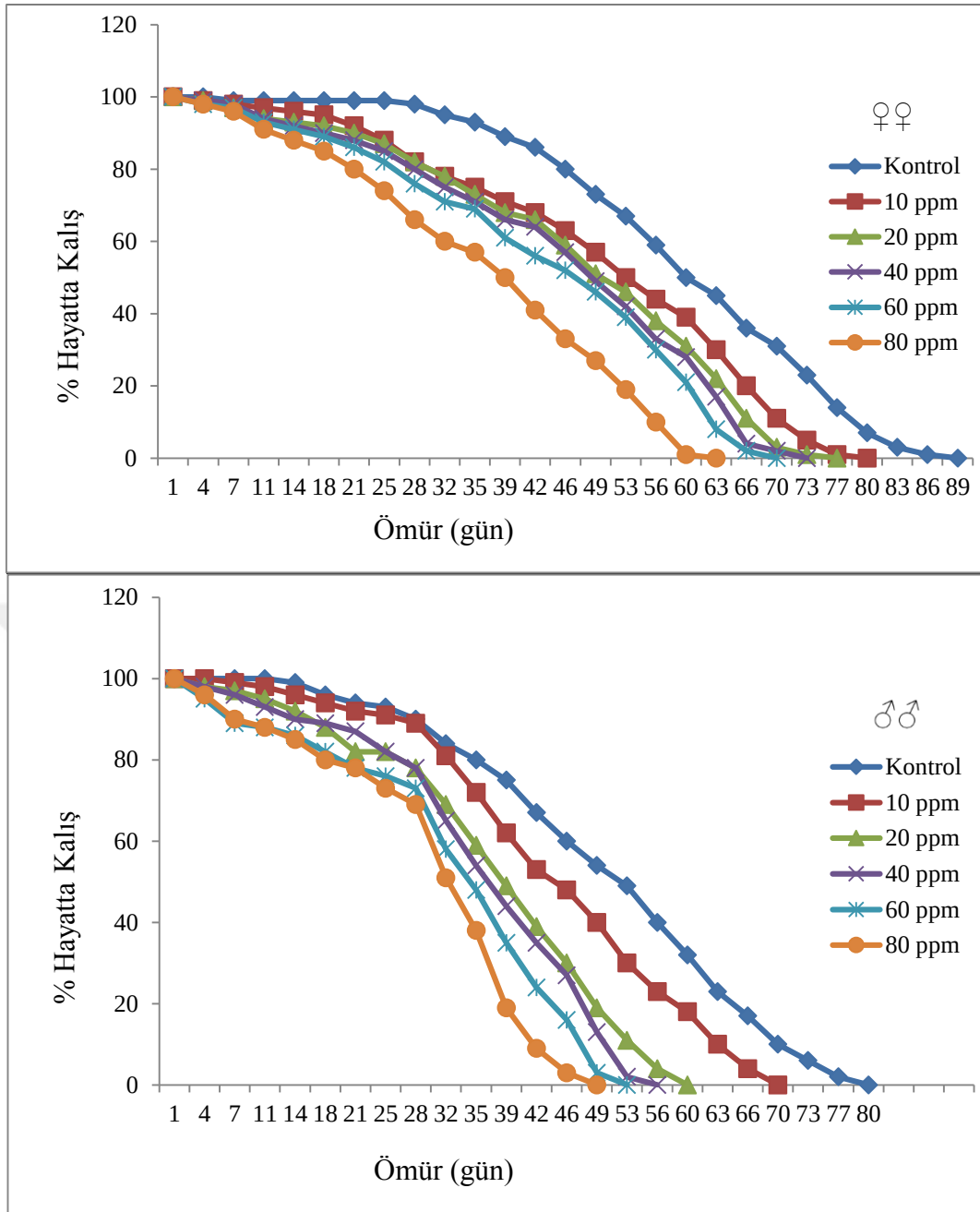
Farklı dozlarda uygulanan RB19 boyası, *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait dişi ve erkek popülasyonlarında ortalama ömür uzunluklarını da etkilemiştir. Kontrol grubunun ♀ bireylerinde ortalama ömür uzunluğu $60,97\pm1,57$ ve ♂ bireylerinde $51,60\pm1,61$ gün olarak hesaplanmıştır. RB19 uygulama gruplarına ait ♀ bireylerde 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) için ortalama ömür uzunluğu sırasıyla $47,70\pm1,84$, $45,01\pm1,80$, $43,41\pm1,78$, $41,09\pm1,77$, $34,41\pm1,59$ gün, ♂ bireylerde ise $42,22\pm1,46$, $35,00\pm1,36$, $33,61\pm1,28$, $30,08\pm1,35$, $27,51\pm1,19$ gün olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler, RB19 boyasının ortalama ömür uzunluğunu kontrol grubuna göre uygulanan tüm dozlarda azalttığını göstermiştir ve hem ♀ popülasyonu hem de ♂ popülasyonunda kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Uygulanan bu boyaya bağlı olarak ortalama ömür uzunluğu her iki popülasyonda da kısalmış ancak en yüksek uygulama grubu olan 80 ppm (no.6) dikkate alındığı zaman ♀ popülasyonu için $34,41\pm1,59$ gün olarak belirlenen bu değer ♂ popülasyonunda $27,51\pm1,19$ gün olması ♂ popülasyonunun daha fazla etkilendiğini göstermiştir (Tablo 4).

Tablo 4. RB19 Uygulanmış *D.melanogaster*'in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.

Reactive Blue 19 (RB19)								
♀♀					♂♂			
Deney grupları	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* (<0,05*)	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* (<0,05*)
Kontrol (no.1)	100	89	60,97±1,57		100	80	51,60±1,61	
10 ppm (no 2)	100	77	47,70±1,84	1-2,3,4,5,6*	100	66	42,22±1,46	1-2,3,4,5,6*
20 ppm (no 3)	100	73	45,01±1,80	2- 6*	100	56	35,00±1,36	2-3,4,5,6*
40 ppm (no 4)	100	70	43,41±1,78	3-6*	100	53	33,61±1,28	3-6*
60 ppm (no 5)	100	66	41,09±1,77	4-6*	100	49	30,08±1,35	4-6*
80 ppm (no 6)	100	60	34,41±1,59		100	46	27,51±1,19	
Regresyon düzeyi		R=-0,395			R=-0,483			

♀ popülasyonunda 2, 3, 4 ve 5 nolu uygulama grupları (10, 20, 40 ve 60 ppm) arasında ortalama ömür uzunluğu bakımından gözlenen azalma istatistiki olarak önemsizken ($p>0,05$) yine aynı uygulama grupları (2, 3, 4 ve 5 nolu) ile 6 nolu (80 ppm) uygulama grubu arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). ♂ popülasyonunda da kontrol ve tüm uygulama grupları arasındaki fark önemli iken ($p<0,05$) uygulama grupları kendi aralarında karşılaştırıldığı zaman 2 nolu uygulama grubu diğer tüm uygulama grupları ile 3 ve 4 nolu uygulamalarda 6 nolu uygulama grubu ile istatistiki olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Tüm değerlendirmeler RB19 boyasının artan dozu ile ömür uzunluğunun kısalması arasında negatif korelasyon olduğunu göstermektedir. Ayrıca ortalama ömür uzunluğu verilerine göre regresyon düzeyi de hesaplanmış ve bu değer ♀♀'de $R= -0,395$ ve ♂♂'de $R= -0,483$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4).



Şekil 12. RB19 uygulanmış *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri.

***D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Superfix Navy Blue BF (SNBBF) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi**

Tez çalışmasında kullanılan SNBBF boyasına ait kontrol grubunun ♀ bireylerinde 89 gün olan maksimum ömür uzunluğu, ♂ bireylerinde 80 gün olarak belirlenmiştir. 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) SNBBF uygulama gruplarında ise maksimum ömür uzunluğu ♀ bireyler için sırasıyla 80, 77, 73, 70, 60 gün; ♂♂ bireylerde de 77, 73, 70, 63, 60 gün olarak bulunmuştur (Tablo 5). Kontrol ve uygulama gruplarına ait sonuçlar karşılaştırıldığında zaman, SNBBF'nin her iki popülasyonda da maksimum ömür uzunluğunu

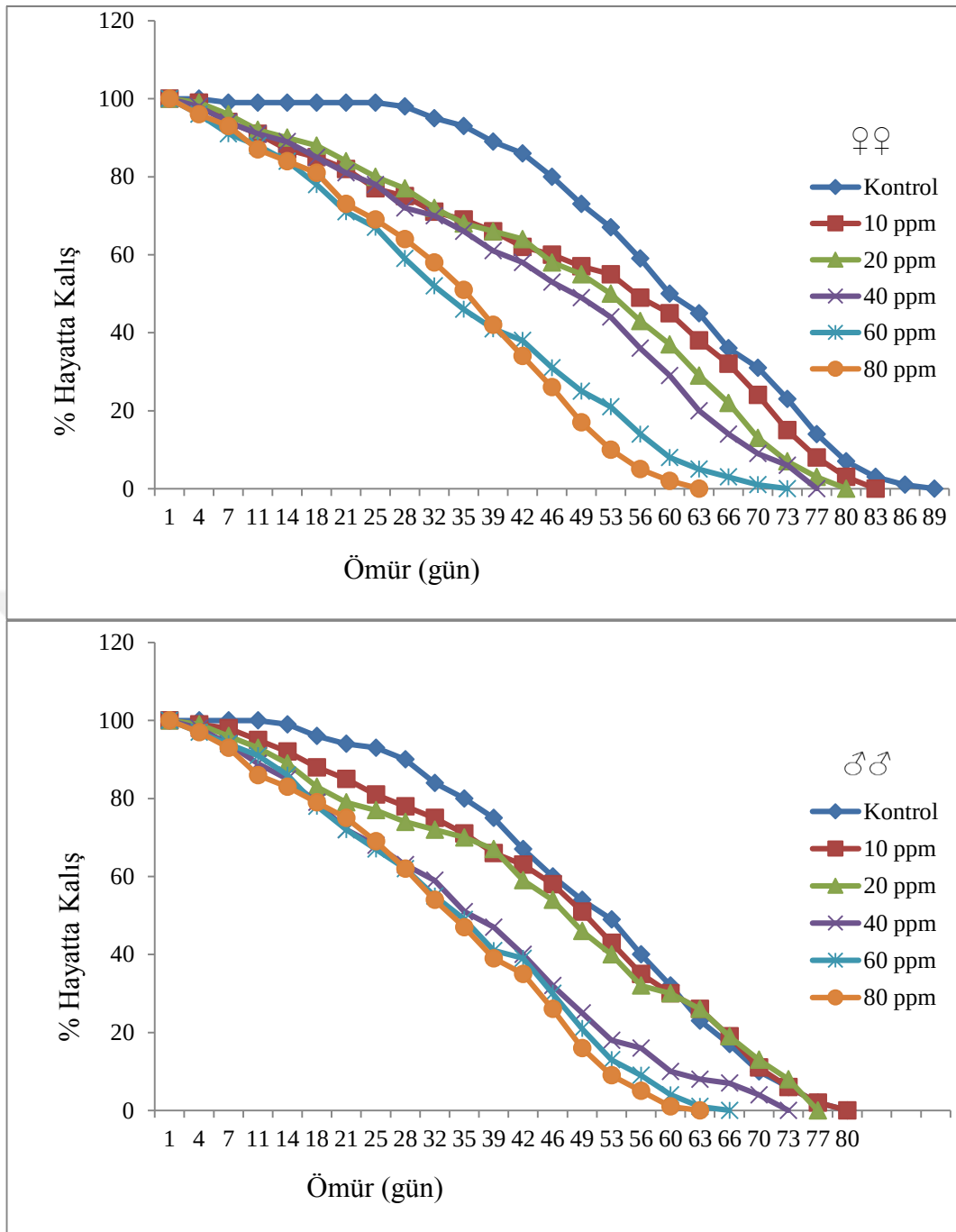
kontrol grubuna göre kısaltmış olduğu gözlenmiştir. Maksimum ömür uzunluğu verilerine göre, her iki popülasyon için çizilen hayatta kalış eğrileri de Şekil 13’de verilmiştir. Şekil 13 dikkatle incelendiği zaman SNBBF uygulama gruplarına ait tüm dozlara bağlı olarak ömür uzunluğunda meydana gelen kısalma açıkça görülmektedir.

Maksimum ömür uzunluğunda gözlenen kısalma, ortalama ömür uzunluğu için de gözlenmiştir. Elde edilen verilere göre, her iki popülasyona ait ortalama ömür uzunlukları kontrol grubunun ♀ bireylerinde $60,97 \pm 1,57$ gün, ♂ bireylerinde ise $51,60 \pm 1,61$ gün olarak hesaplanmıştır. Uygulama gruplarının ♀ bireylerinde bu değerler 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) uygulamaları için sırasıyla; $47,14 \pm 2,38$, $45,38 \pm 2,13$, $42,29 \pm 2,09$, $32,44 \pm 1,83$, $31,51 \pm 1,59$ gün, ♂ bireylerinde ise $44,65 \pm 1,99$, $43,07 \pm 2,11$, $34,01 \pm 1,86$, $32,06 \pm 1,65$, $30,91 \pm 1,58$ gün olarak hesap edilmiştir.

Tüm veriler dikkate alındığı zaman, SNBBF boyasının artan doza bağlı olarak gerek maksimum ömür uzunluğunu gerekse ortalama ömür uzunluğunu kısaltmış olduğu Tablo 5’de görülmektedir. Her iki popülasyon için ortalama ömür uzunluğuna ait kontrol grubu verileri ile tüm uygulama grupları için elde edilen veriler arasındaki fark istatistiki olarak $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ayrıca uygulama grupları için de grup içi istatistiki değerlendirmeler yapılmış ve ♀ popülasyonunda 2, 3 ve 4 nolu gruplar arasında fark olmadığı ($p > 0,05$), ancak yine 2, 3 ve 4 nolu grupların 5 ve 6 nolu gruplar ile $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. ♂ popülasyonuna ait uygulama grupları için de aynı değerlendirmeler yapıldığı zaman 2 ve 3 nolu gruplar arasında fark olmadığı ($p > 0,05$), aynı grupların (2 ve 3 nolu) 4, 5 ve 6 nolu gruplar ile $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı farklılık gösterdiği gözlenmiştir (Tablo 5). Ortalama ömür uzunluğu verilerine göre regresyon düzeyi de hesaplanmış ve bu değer de ♀♀’de $R = -0,434$ ve ♂♂’de $R = -0,374$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. SNBBF Uygulanmış *D.melanogaster*’in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.

Superfix Navy Blue BF (SNBBF)								
♀♀					♂♂			
Deney grupları	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu $\pm$ SH	Önem kontrolü* ($<0,05$ *)	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu $\pm$ SH	Önem kontrolü* ($<0,05$ *)
Kontrol (no 1)	100	89	$60,97 \pm 1,57$		100	80	$51,60 \pm 1,61$	
10 ppm (no 2)	100	80	$47,14 \pm 2,38$		100	77	$44,65 \pm 1,99$	
20 ppm (no 3)	100	77	$45,38 \pm 2,13$	1-2,3,4,5,6* 2-5,6*	100	73	$43,07 \pm 2,11$	1-3,4,5,6* 2-4,5,6*
40 ppm (no 4)	100	73	$42,29 \pm 2,09$	3-5,6*	100	70	$34,01 \pm 1,86$	3-4,5,6*
60 ppm (no 5)	100	70	$32,44 \pm 1,83$	4-5,6*	100	63	$32,06 \pm 1,65$	
80 ppm (no 6)	100	60	$31,51 \pm 1,59$		100	60	$30,91 \pm 1,58$	
Regresyon düzeyi		R= -0,434			R= -0,374			



Şekil 13. SNBBF uygulanmış *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri.

***D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Reactive Red 5 (RR5) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi**

Tez çalışması kapsamında kullanılarak biyotoksik etkileri belirlenmeye çalışılan boyalardan biri olan RR5 uygulaması ile *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında maksimum ömür uzunlukları, kontrol grubunun ♀ bireylerinde 89 gün, ♂ bireylerinde 80 gün olarak gözlenmiştir. 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) RR5 uygulama gruplarında ise ♀ bireylerde bu değerler sırasıyla 83, 77, 70, 66 ve 60 gün, ♂ bireylerde yine aynı uygulama için 77, 73, 70, 63 ve 60

gün olarak tespit edilmiştir (Tablo 6). RR5 uygulamasına bağlı olarak her iki popülasyon için maksimum ömür uzunluğunda gözlenen değişmelere ilişkin hayatta kalış eğrileri de çizilmiş ve Şekil 14’de verilmiştir. Doz artışı ile maksimum ömür uzunluğu arasında gözlenen negatif korelasyon Şekil 14’deki grafiklerde açıkça görülmektedir.

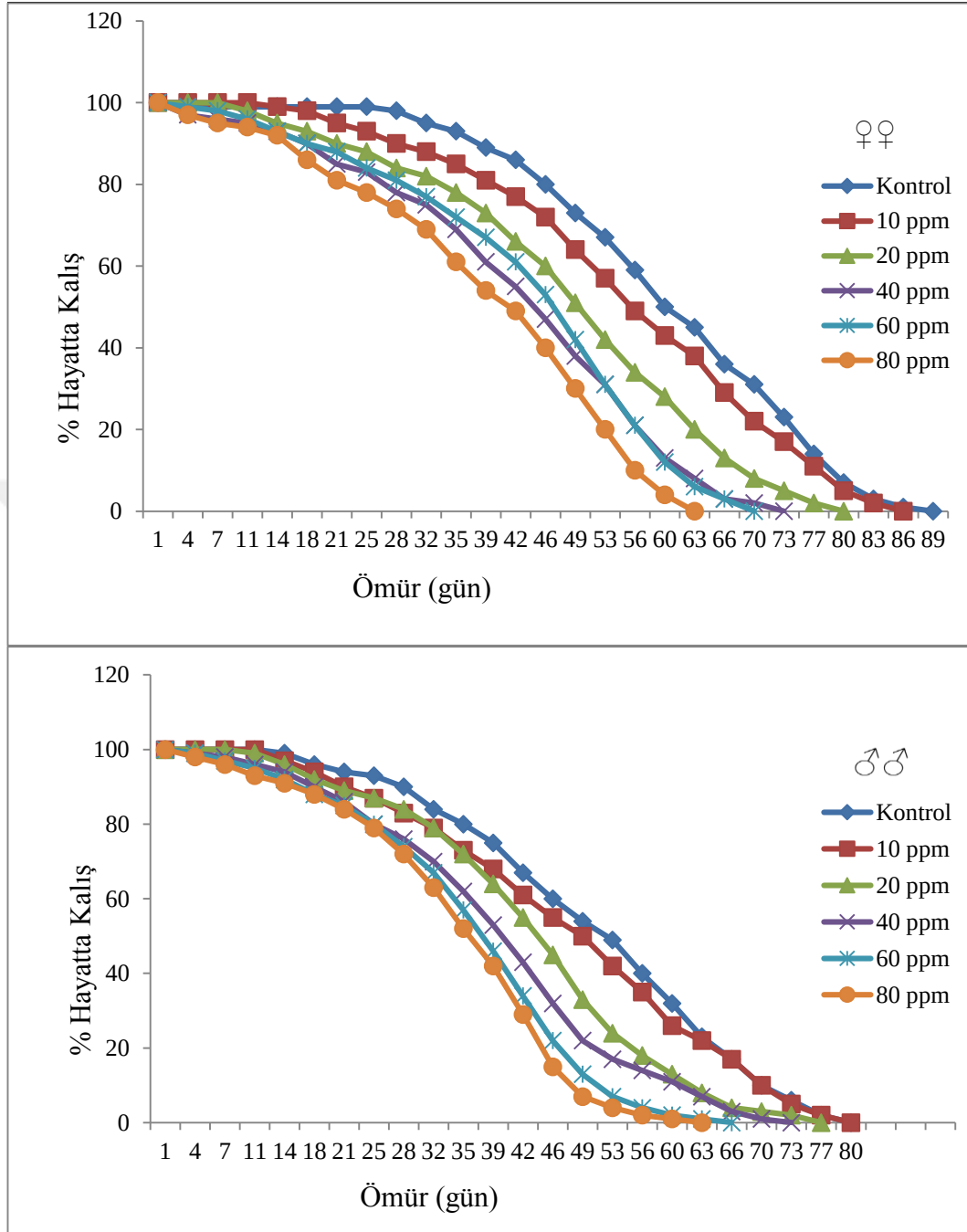
Maksimum ömür uzunluğunun yanı sıra ortalama ömür uzunlukları da belirlenmiştir. Kontrol grubunun ♀ bireylerinde ortalama ömür uzunluğu $60,97 \pm 1,57$ gün, ♂ bireylerinde ise $51,60 \pm 1,61$ gün olarak hesaplanmıştır. 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) RR5 uygulama gruplarında ise ♀ bireylerde sırasıyla $53,10 \pm 1,76$, $46,04 \pm 1,71$, $40,17 \pm 1,67$, $41,32 \pm 1,58$, $36,47 \pm 1,57$ gün olan ortalama ömür uzunluğu değerleri ♂ bireylerde yine aynı uygulama grupları için $45,51 \pm 1,75$, $41,07 \pm 1,48$, $37,12 \pm 1,53$, $33,96 \pm 1,31$, $32,33 \pm 1,26$ gün olarak bulunmuştur (Tablo 6). Elde edilen tüm sonuçlar, RR5 boyasının da tıpkı RB19 ve SNBBF boya ları gibi kronik uygulama ve doz artışına bağlı olarak ortalama ömür uzunluğunu kısalttığını ve kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki farklılığın istatistiki olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir.

Tablo 6. RR5 Uygulanmış *D.melanogaster*’in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.

Reactive Red 5 (RR5)								
♀♀					♂♂			
Deney grupları	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* (<0,05*)	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* (<0,05*)
Kontrol (no.1)	100	89	60,97±1,57		100	80	51,60±1,61	
10 ppm (no.2)	100	83	53,10±1,76		100	77	45,51±1,75	
20 ppm (no.3)	100	77	46,04±1,71	1-2,3,4,5,6*	100	73	41,07±1,48	1-2,3,4,5,6*
40 ppm (no.4)	100	70	40,17±1,67	2-3,4,5,6*	100	70	37,12±1,53	2-4,5,6*
60 ppm (no.5)	100	66	41,32±1,58	3-6*	100	63	33,96±1,31	
80 ppm (no.6)	100	60	36,47±1,57		100	60	32,33±1,26	
Regresyon düzeyi		R= -0,434			R= -0,402			

Uygulama grupları kontrol grubu dışında bir kez de kendi aralarında grup içi değerlendirmeye alındığında, artan doza bağlı olarak RR5’in ortalama ömür uzunluğunu kademeli olarak kısaltmış olduğu Tablo 6’da görülmektedir. Bu durum hem ♀ hem de ♂ popülasyonu için geçerlidir. Ancak ♀ popülasyonunda 2 nolu uygulama grubu ile diğer tüm uygulama grupları (3-6 nolu) arasında istatistiki olarak $p < 0,05$ düzeyinde farklılık olmasına rağmen aynı düzeydeki farklılık 3 ve 6 nolu uygulama grupları dışında gözlenmemiştir (Tablo 6). ♂ popülasyonunda da $p < 0,05$ düzeyindeki farklılık 2, 4, 5 ve 6 nolu gruplar ile 3, 5 ve 6 nolu gruplar arasında görülürken diğer gruplar arasında ömür uzunluğunda kısalma olmasına rağmen bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Ortalama ömür uzunluğu

verilerine göre regresyon düzeyi de ♀♀’de $R = -0,434$ ve ♂♂’de $R = -0,402$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 14. RR5 uygulanmış *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri.

***D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Superfix Red 3BF (SR3BF) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi**

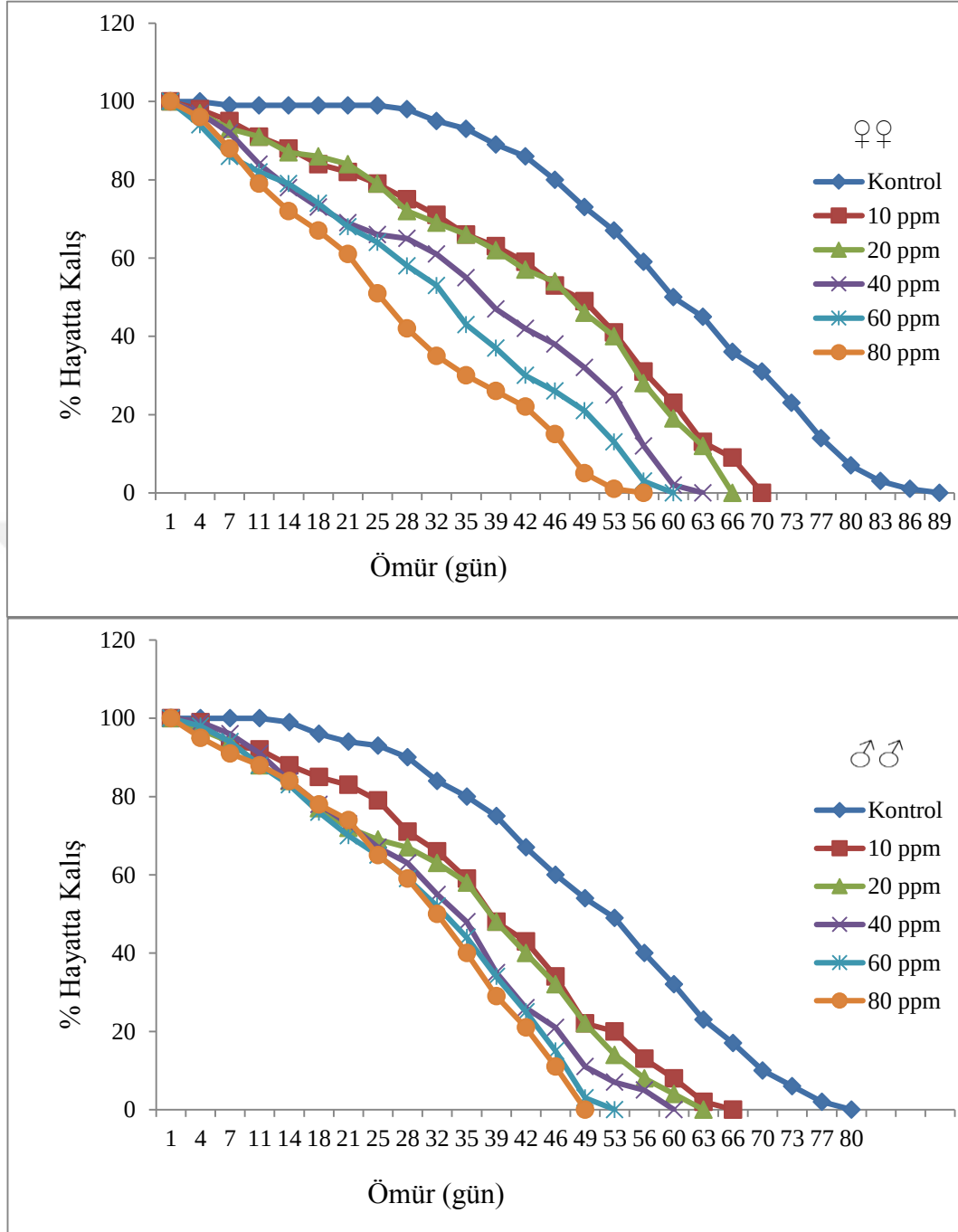
Tez kapsamında yapılan deneyler sonucunda farklı dozlarda ve kronik uygulamalar ile SR3BF boyasının hem ♀ hem de ♂ popülasyonunda maksimum ömür uzunluğunu kısalttığı gözlenmiştir. 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) SR3BF uygulama gruplarında ♀ bireyler için sırasıyla 66, 63, 60, 56 ve 53 gün olan maks. ömür uzunluğu, ♂

bireylerde 63, 60, 56, 49 ve 46 gün olarak bulunmuştur. Kontrol grubunun ♀ bireylerinde ise maks. ömür uzunluğu 89 ve ♂ bireylerinde ise 80 gün olarak belirlenmiştir (Tablo 7). Elde edilen bu veriler kullanılarak *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ♀ ve ♂ popülasyonları için hayatta kalış eğrileri de çizilmiştir ve kontrol grubuna göre ömür uzunluğunda gözlenen kısalma tüm uygulama gruplarında açıkça görülmektedir (Şekil 15).

SR3BF uygulamasına bağlı olarak *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ♀ ve ♂ popülasyonları için ortalama ömür uzunlukları da belirlenmiş ve 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) SR3BF uygulama grupları için ortalama ömür uzunluğu ♀ bireylerde sırasıyla 41,15±1,93, 40,26±1,88, 33,10±1,85, 29,42±1,71, 24,44±1,49 gün, ♂ bireylerde de 35,47±1,61, 33,06±1,68, 30,31±1,46, 28,48±1,38, 27,76±1,33 gün olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubunda ise bu değerler ♀ bireylerde 60,97±1,57 gün ve ♂ bireylerde de 51,60±1,61 gündür. Tablo 7 dikkatle incelendiği zaman SR3BF uygulama gruplarında doz artışına bağlı olarak hem ♀ hem de ♂ popülasyonunda ortalama ömür uzunluklarının kademeli olarak kısaldığı görülmektedir. Kontrol ve tüm uygulama grupları arasında ortalama ömür uzunluğu bakımından gözlenen farklılık istatistiki olarak $p<0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ayrıca uygulama grupları da kendi aralarında istatistiki olarak grup içi değerlendirmeye tabi tutulmuş ve ortalama ömür uzunluğunda kademeli olarak gözlenen kısaltmaya ait önem kontrolleri Tablo 7'de verilmiştir. ♀ popülasyonunda yalnızca 2-3, 3-4 ve 4-5 nolu uygulama grupları arasındaki fark önemsizken ($p>0,05$) diğer tüm uygulama grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). ♂ popülasyonunda ise 2 nolu uygulama grubu ile 3-4 nolu, 3 nolu uygulama grubu ile 4-5 nolu uygulama grupları arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$). Ortalama ömür uzunluğu verilerine göre regresyon düzeyi de ♀♀'de $R = -0,523$ ve ♂♂'de $R = -0,406$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 7. SR3BF Uygulanmış *D.melanogaster*'in Oregon R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.

Superfix Red 3BF (SR3BF)								
		♀♀			♂♂			
Deney grupları	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* ($<0,05$ *)	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* ($<0,05$ *)
Kontrol (no 1)	100	89	60,97±1,57		100	80	51,60±1,61	
10 ppm (no 2)	100	66	41,15±1,93		100	63	35,47±1,61	
20 ppm (no 3)	100	63	40,26±1,88	1-2,3,4,5,6*	100	60	33,06±1,68	1-2,3,4,5,6*
40 ppm (no 4)	100	60	33,10±1,85	2-4,5,6*	100	56	30,31±1,46	2-5,6*
60 ppm (no 5)	100	56	29,42±1,71	3-5,6*	100	49	28,48±1,38	3-6*
80 ppm (no 6)	100	53	24,44±1,49	4-6*	100	46	27,76±1,33	
Regresyon düzeyi		$R = -0,523$			$R = -0,406$			



Şekil 15. SR3BF uygulanmış *D.melanogaster* Oregon-R yabanıl soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri.

***D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Superfix Black NNY (SBNNY) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi**

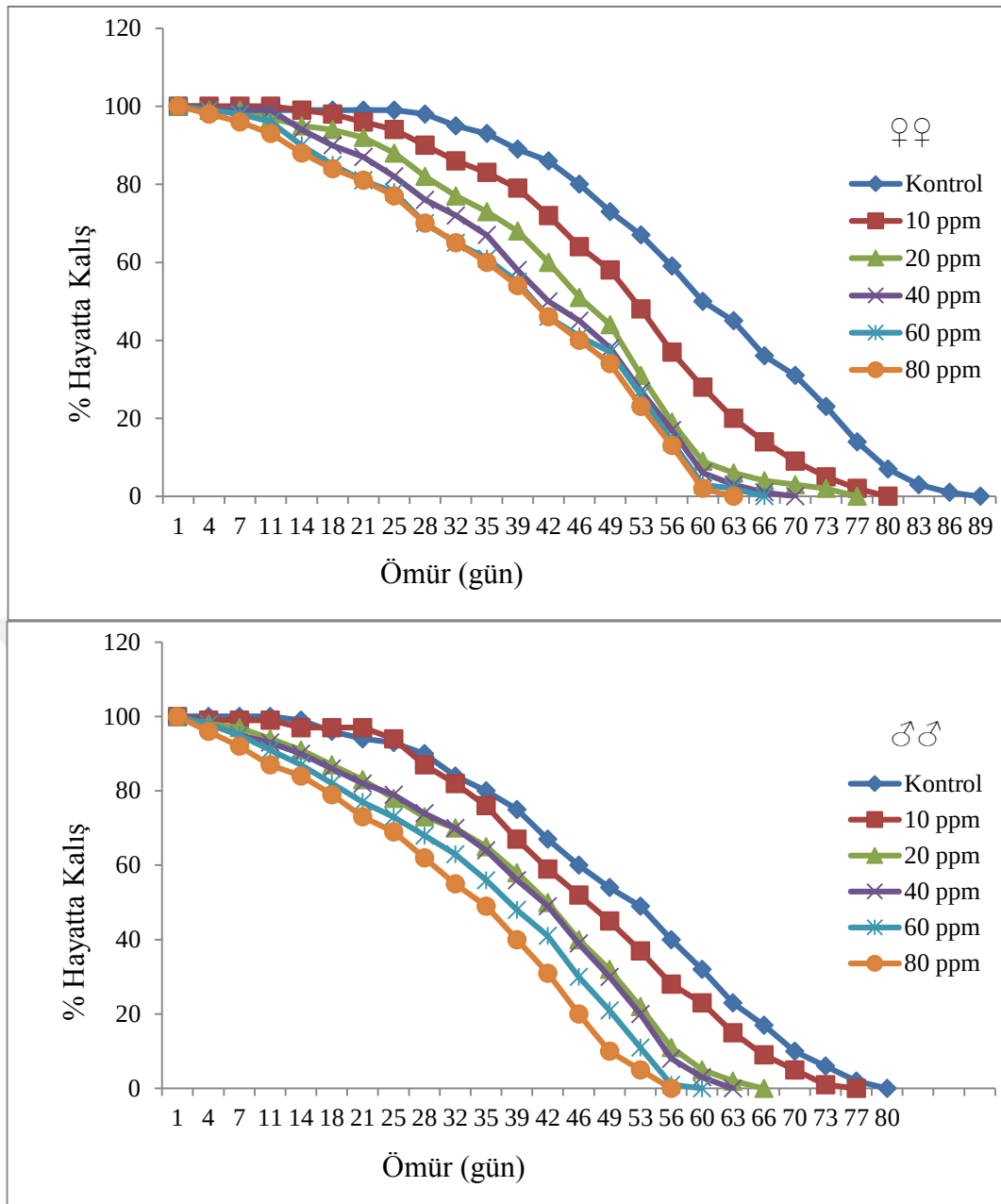
Tez çalışmasında kullanılan bir diğer tekstil boyası SBNNY de tüm boyalarda olduğu gibi artan doza bağlı olarak maksimum ömür uzunluğunu her iki popülasyonda da kısaltmıştır. Kontrol grubunun ♀ bireylerinde 89 ve ♂ bireylerinde 80 gün olan bu süre, uygulama gruplarında 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) için ♀

bireylerde sırasıyla 77, 73, 66, 63 ve 60 gün, ♂ bireylerde ise 73, 63, 60, 56 ve 53 gün olarak bulunmuştur (Tablo 8). Bu değerlere göre çizilen hayatta kalış eğrilerinde artan doz ve maksimum ömür uzunluğu arasındaki negatif korelasyon belirgin şekilde görülmektedir (Şekil 16).

Popülasyon düzeyinde ortalama ömür uzunlukları da belirlenmiş ve bu değerler kontrol grubunun ♀ popülasyonunda $60,97 \pm 1,57$ gün, ♂ bireylerinde ise $51,60 \pm 1,61$ gün olarak hesaplanmıştır. 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) SBNNY uygulama gruplarında ise ♀ popülasyonu için sırasıyla $48,54 \pm 1,49$, $41,97 \pm 1,50$, $39,09 \pm 1,51$, $36,90 \pm 1,61$, $36,10 \pm 1,63$ gün olarak belirlenen ortalama ömür uzunluğu ♂ popülasyonunda $44,60 \pm 1,51$, $37,22 \pm 1,57$, $36,54 \pm 1,56$, $33,24 \pm 1,52$, $30,11 \pm 1,49$ gün olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasında ortalama ömür uzunluğu bakımından gözlenen fark istatistiki olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulama gruplarına ait grup içi önem kontrolleri de Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’de de görüldüğü gibi SBNNY boyasına bağlı olarak ♀ popülasyonunda en düşük (10 ppm, no.2) ve en yüksek (80 ppm, no.6) uygulama gruplarında ortalama ömür uzunluğu $48,54 \pm 1,49$ günden $36,10 \pm 1,63$ güne gerilemiştir. Ancak 3-6 nolu gruplara ait değerler birbirine çok yakın olduğu için (sırasıyla $39,09 \pm 1,51$, $36,90 \pm 1,61$, $36,10 \pm 1,63$ gün) aralarındaki farklar $p > 0,05$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Tablo 8 incelendiği zaman benzeri durum ♂ popülasyonuna ait SBNNY uygulama gruplarında da görülmekte ve grup içi istatistiki farklılıkların ortalama ömür uzunluğunda kısalma olmasına rağmen 3-5 nolu ve 4 ve 5 nolu gruplar arasında önemli olmadığı görülmektedir ($p > 0,05$). Diğer gruplar arasındaki farklılıklar ise önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Ortalama ömür uzunluğu verilerine göre regresyon düzeyi de ♀♀’de $R = -0,446$ ve ♂♂’de $R = -0,408$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8. SBNNY Uygulanmış *D.melanogaster*’in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.

Superfix Black NNY (SBNNY)								
Deney grupları	Birey sayısı	♀♀			Birey sayısı	♂♂		
		Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu $\pm$ SH	Önem kontrolü* ($<0,05$ *)		Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu $\pm$ SH	Önem kontrolü* ($<0,05$ *)
Kontrol (no 1)	100	89	$60,97 \pm 1,57$		100	80	$51,60 \pm 1,61$	1-2,3,4,5,6*
10 ppm (no 2)	100	77	$48,54 \pm 1,49$	1-2,3,4,5,6*	100	73	$44,60 \pm 1,51$	2-3,4,5,6*
20 ppm (no 3)	100	73	$41,97 \pm 1,50$	2-3,4,5,6*	100	63	$37,22 \pm 1,57$	3-6*
40 ppm (no 4)	100	66	$39,09 \pm 1,51$		100	60	$36,54 \pm 1,56$	4-6*
60 ppm (no 5)	100	63	$36,90 \pm 1,61$		100	56	$33,24 \pm 1,52$	
80 ppm (no 6)	100	60	$36,10 \pm 1,63$		100	53	$30,11 \pm 1,49$	
Regresyon düzeyi		$R = -0,446$				$R = -0,408$		



Şekil 16. SBNNY uygulanmış *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri.

***D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyuna ait ergin dişi ve erkek popülasyonlarında Synacryl Black XFDL (SBXFDL) tekstil boyasının ömür uzunluğu üzerine etkisi**

Tez çalışması kapsamında kullanılan son tekstil boyası SBXFDL de hem ♀ hem de ♂ popülasyonunda maksimum ömür uzunluğunu etkilemiş ve kontrol grubunda ♀ bireyler için 89 gün, ♂ bireyler için de 80 gün olarak belirlenen maks. ömür uzunluğu, 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) SBXFDL uygulama gruplarında ♀ popülasyonunda sırasıyla 73, 70, 66, 63 ve 56 güne, ♂ popülasyonunda da yine aynı sırayla 66, 63, 60, 53 ve 49 güne kadar kısalmıştır (Tablo 9). Bu verilere göre *D.melanogaster*'in

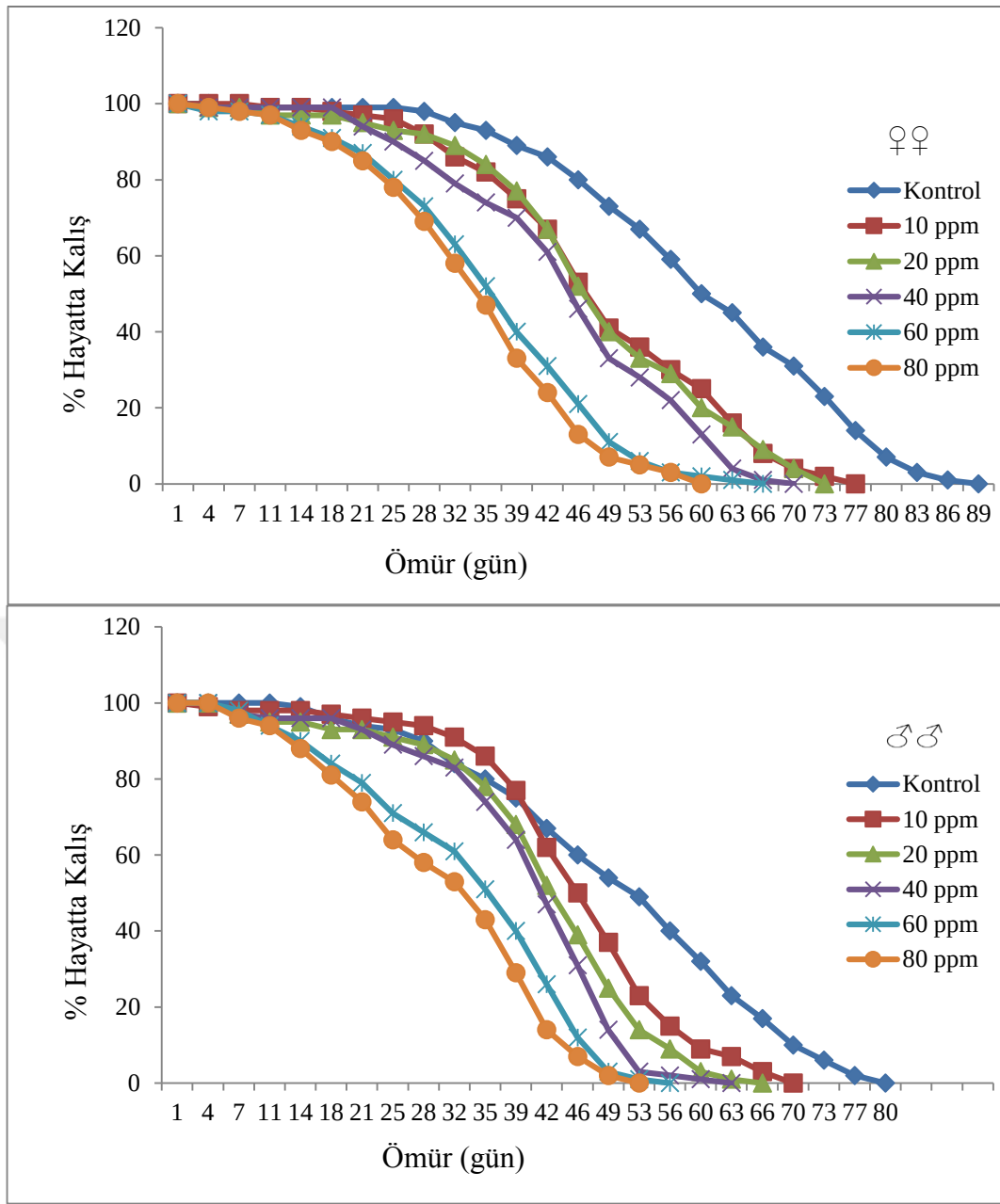
Oregon-R yabanıl soyuna ait dişi ve erkek popülasyonları için hayatta kalış eğrileri de çizilmiştir (Şekil 17).

Bu tür için maks. ömür uzunluğunun yanı sıra ortalama ömür uzunlukları da belirlenmiş ve kontrol grubunun ♀ bireylerinde $60,97 \pm 1,57$ gün olan bu değer ♂ bireylerde $51,60 \pm 1,61$ gün olarak hesaplanmıştır. 10 (no.2), 20 (no.3), 40 (no.4), 60 (no.5), 80 ppm (no.6) SBXFDL uygulama gruplarında bu değerler sırasıyla, ♀ bireylerde $45,90 \pm 1,38$, $45,26 \pm 1,42$, $42,09 \pm 1,32$, $33,44 \pm 1,24$ ve $31,71 \pm 1,17$ güne; ♂ bireylerde ise $43,45 \pm 1,18$, $39,69 \pm 1,23$, $37,79 \pm 1,08$, $30,91 \pm 1,22$ ve $28,37 \pm 1,19$ güne kadar kısalmıştır. Bu verilere göre uygulama gruplarının tümünde doz artışı ile birlikte ortalama ömür uzunluğunun kısaldığı (Tablo 9) ve her iki popülasyona ait kontrol ve uygulama grupları arasındaki farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$).

Uygulama gruplarına ait grup içi önem kontrolleri de Tablo 9’da görülmektedir. ♀ bireylerde 2, 3, 4 nolu uygulama grupları ile 5 ve 6 nolu gruplar arasındaki fark ($p < 0,05$) düzeyinde anlamlı bulunmuştur. 2, 3 ve 4 nolu gruplar arasındaki fark ise ($p > 0,05$) düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Tablo 9’da ♂ bireylere bakıldığında da 2 nolu grubun 4, 5 ve 6 nolu gruplar ile 3 ve 4 nolu grupların da 5 ve 6 nolu gruplar ile arasındaki farkın ($p < 0,05$) düzeyinde anlamlı olduğu, 2-3, 3-4 ve 5-6 nolu gruplar arasında gözlenen ömür uzunluğundaki kısılmanın ise ($p > 0,05$) düzeyinde önemsiz olduğu görülmüştür. Ortalama ömür uzunluğu verilerine göre regresyon düzeyi de ♀♀’de $R = -0,549$ ve ♂’de $R = -0,514$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 9. SBXFDL Uygulanmış *D.melanogaster*’in Oregon-R Yabanıl Soyuna Ait Dişi ve Erkek Popülasyonlarında Maksimum ve Ortalama Ömür Uzunluğunun Karşılaştırılması.

Synacryl Black XFDL (SBXFDL)								
♀♀					♂♂			
Deney grupları	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* (<0,05*)	Birey sayısı	Maks. ömür uzunluğu	Ortalama ömür uzunluğu±SH	Önem kontrolü* (<0,05*)
Kontrol (no 1)	100	89	60,97±1,57	1-2,3,4,5,6* 2-5,6* 3-5-6* 4-5,6*	100	80	51,60±1,61	1-2,3,4,5,6* 2-4,5,6* 3-5,6* 4-5,6*
10 ppm (no 2)	100	73	45,90±1,38		100	66	43,45±1,18	
20 ppm (no 3)	100	70	45,26±1,42		100	63	39,69±1,23	
40 ppm (no 4)	100	66	42,09±1,32		100	60	37,79±1,08	
60 ppm (no 5)	100	63	33,44±1,24		100	53	30,91±1,22	
80 ppm (no 6)	100	56	31,71±1,17		100	49	28,37±1,19	
Regresyon düzeyi		R=-0,549			R=-0,514			



Şekil 17. SBXFDL uygulanmış *D.melanogaster*'in Oregon-R yabanıl soyunun dişi ve erkek popülasyonlarına ait hayatta kalış eğrileri.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Boyar maddeler dünya medeniyetleri için her dönemde önemli ve çok amaçlı kullanım ürünü olmuştur. İnsanlar ilk çağlarda süsleme, süslenme ya da çevresine korku salma içgüdüleri ile boyar madde elde etmek için doğadan faydalanmış, bu amaçla da bitkiler, hayvanlar ve toprak doğal materyallerini kullanmışlardır. Doğal elyaf olan yün ve pamuğu yine ilk çağlardan beri boyayarak giysi ve döşeme olarak kullanmışlardır. XIX. yüzyıldan itibaren endüstriyel devrim, tekstil ve ilaç sanayinin gelişimi ile boyar maddelere duyulan gereksinim artmıştır. Doğal boyar maddenin pahalı ve eldesinin zor olmasından dolayı doğal boyamacılık büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Bu nedenle, günümüzde doğal boyar maddeler yerine sentetik boyar maddeler ağırlıklı olarak hemen her sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Bu boyalara “kömür katranı boyaları” adı da verilmektedir. Sebebi ise hemen hepsinin sentezinde başlangıç maddesi olarak kömür katranı ve petrol türevi hidrokarbon zincirli bileşikler kullanılmasıdır. Boyar maddelere insanlar günlük yaşantılarında gıda, tekstil, kozmetik ve mobilya sanayisine bağlı kullanımlar ile sürekli ve doğrudan, bitkisel ve hayvansal organizmalar aracılığıyla endüstriyel atıklara bağlı olarak kara ve su ekosistemlerinin etkilemesi ile de dolaylı olarak maruz kalmaktadırlar.

Özellikle tekstil endüstrisinde merdiven altı olarak tabir edilen hızlı ve kontrolsüz büyüme ile endüstriyel kaynaklı atık sular çevresel kirleticiler içinde ilk sıralarda yer almaktadır. Dünyadaki toplam endüstriyel atık miktarının 1/5 gibi önemli bir kısmını, boyar madde içerikli deşarjlar oluşturmaktadır (Kant 2012). Yapılan analizlerde hem arıtmanın yeterli olmadığı tesislerin hem de küçük ölçekli fabrikaların atık sularının yüksek oranda boyar maddeler, beyazlatıcı ajanlar ile tuz ve ağır metaller içerdiği ifade edilmektedir (Mathur *et al.* 2005). Tekstil atık suları genellikle %2 ila %50 oranında boyar madde içeren oldukça renkli atık sulardır. Tekstil sanayinde kullanılan boyaların doğal bozunma süreçlerinin uzun olması ve bulunduğu habitatlara bağlı olarak segmentler arasında sürekli birikimlerinden dolayı doğadaki kalıcılıkları artmaktadır. Boyar maddeler, alıcı ortamda bulanıklığa neden olarak güneş ışınlarının geçişini engellerler. Buna bağlı olarak o ortamda fotosentez yavaşlar ve çözünmüş oksijen seviyesi düştüğü için suda yaşayan canlılar arasında ölüme sebep olarak doğal dengeyi bozarlar. Boya bileşiklerinin sucul ortam sedimentlerinde indirgendiği ve kanserojen özellikli aromatik aminler üreterek ekosisteme yayıldığı da yapılan çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. Hayatımızda doğrudan ya da dolaylı olarak yer alan boyar maddeler kaynağı nedeniyle çeşitli araştırmaların konusu olmuş, toksik, genotoksik,

karsinojen ve mutajen etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Rajaguru *et al.* 2002; Weisburger 2002; Moynihan and Pandey 2007).

Boyar maddeler, canlılar üzerindeki toksik etkilerini besin zinciri yoluyla sucul ve karacıl canlıların yanı sıra insanlarda da göstermektedir (Chung and Stevens 1993). Bu maddeler örneğın mantarlar, akuatik tüm canlılar tarafından alınmakta ve farklı dokularda özellikle hayvansal organizmaların sindirim, solunum ve boşaltım sistemlerine ait çeşitli organlarında toksik etki meydana getirmekte/getirebilmektedir. Boyar maddelere maruz kalan ekosistemdeki canlıların çeşitli hayvanlar ya da özellikle insanlar tarafından besin olarak tüketilmeleri sonucu toksik kimyasallar elbette besin zinciri ile en üst katmalara yani insanlara kadar ulaşmaktadır (Şenel vd 2012).

Marwari and Khan (2012)'ın yaptığı çalışmaya göre, tekstil atık suyu ile muamele edilen domates bitkisinde toplam klorofil, karbonhidrat, protein ve nitrojen içeriğı önemli ölçüde azalmıştır. Tekstil boyası olarak kullanılan DB15'in de *P.subcapitata*'da karotenoid miktarını azalttığı gözlenmiştir (Hernández-Zamora and Martínez-Jerónimo 2019). Yine X-3B Red boyasının bitkilerde demir alımı üzerinde etkisinin olup/olmadığı Zhou *et al.* (2004) tarafından incelenmiş, yapılan çalışmalar ile bu boyanın pirinç, karpuz ve soya fasulyesi gibi bitkilerde demir alımını azaltan kimyasal tepkimelere neden olduğı belirlenmiştir. Bir başka tekstil boyası olan Klorotriazin Reactive Azo Red 120'nin genotoksik etkisinin incelendiğı mikronükleus çalışmasında; 1, 5, 10 mg/mL boya konsantrasyonlarına maruz kalan *C.gibelio*'nun eritrositlerinde, doz ve süre artışına paralel olarak mikronükleus oluşumu saptanmıştır (Al-Sabti 2000). Ayrıca bazı tekstil boyalarının bulunduğı atık sulara maruz bırakılan *G.affinis*'de bu boyaların toksik etki oluşturduğunu Muthukumar *et al.* (2005) göstermişlerdir. Yine tekstil boyası olarak kullanılan çeşitli boyar maddeler değışik dozlarda olmak üzere *F.trogii* ve *S.aureus*'a uygulanmış ve her iki türde de üremenin baskılandığı Apohan (2001) tarafından tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada da tekstil atıklarının *H.fossilis*'in dokuları üzerindeki etkisinin incelenmesi ile yumurta hücrelerinde RNA ve protein miktarının azaldığı, oogeneizde oogoniumların çekirdeklerinin parçalandığı ve çekirdekçiklerin kaybolduğı gözlenmiştir (Murugesan and Haniffa 1992). Ayrıca tekstil endüstrisinde kullanılan bazı boyaların mutajenik olup olmadığı Ames testi ile *S.typhimurium*'da ve fare lenfoma hücre yöntemi testi (MLA) ile de farelerde araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar boyar maddelerin hem prokaryotik hem de ökaryotik hücrelerde mutajenik etki oluşturduğunu göstermiştir (Schneider *et al.* 2004). Birhanlı and Özmen (2005), bazı tekstil boyalarının *X.leavis* embriyolarına olan toksik etkisinin araştırıldığı çalışmaları, kullanılan boyaların tamamının embriyo gelişimini olumsuz etkilediğini ve

yapısal malformasyonlara neden olduğunu tespit etmişlerdir. Tekstil endüstrisi deşarjlarının albino rat ve farelere 15 gün boyunca oral yolla verilerek erkek üreme sistemlerindeki toksik etkisine bakıldığı başka bir çalışmada da total vücut ve prostat bezi ağırlığında azalma, total protein, total lipid ve kolesterol seviyelerinde ise düşüş gözlenmiştir. Ayrıca sperm sayısında azalma ile birlikte deforme sperm oranında artış da tespit edilmiştir (Suryavathi *et al.* 2005).

Hem prokaryotik hem de ökaryotik canlılar için boya maddelerinden kaynaklanan bu riskli durumlar, tekstil iş kolunda çalışan insanlarda da solunum yolu hastalıkları şeklinde kendini göstermektedir. Ayrıca ikinci deri olarak kabul edilen giysilerimizin ve ev mobilyalarımızın çoğu sentetik boyalarla renklendirildiği için, sürekli temas halinde olduğumuz boyaların deri yoluyla canlı sisteme nüfus edebilmesi bu boyalara ait olası toksik etkilerin olabileceğini de akıllara getirmektedir. Bu iş kolunda çalışan kişilerde özellikle solunum yolu hastalıklarından “organik toz toksik sendromu” (mill fever) ile mesleki astım ve endüstriyel kronik bronşit olgularına sıklıkla rastlanılmaktadır. Tekstil iş kolunda özellikle boya üretimi ve kullanımı olan işyerleri, astım açısından yüksek riskli işyerleridir. İşyeri ortamında yabancı materyallerin solunması değişik solunum yolu hastalıklarına neden olmakta ya da kişide var olan hastalığı ağırlaştırabilmektedir (Araujo and Monteiro 2005). Tekstil boya sanayisi çalışanı 135 işçinin akut ve kronik solunum şikayetleri ile onların akciğer fonksiyonları incelenmiş ve hastaların tümünde boyaya maruz kalınan doz ve süreye göre, akut ve kronik solunum bozukluklarının geliştiği, dispne ve rinit görülme sıklığının arttığı ayrıca akciğer ventilasyon kapasitesinin de azaldığı tespit edilmiştir (Zuskin *et al.* 1997). Hindistan’ın Sanganeer kasabasında tekstil endüstrisinde çalışanların klinik incelemesinin yapıldığı bir başka araştırmada da tüberküloz, kronik bronşit, astım, mesane kanseri, kontakt dermatit ve gözlerde de tahriş rapor edilmiştir (Mathur *et al.* 2005).

Miyakawa and Yoshida (1989)’a göre, tekstil, kağıt ve kozmetik sektöründe kullanılan boyaların birçoğu mutajenik veya kanserojeniktir. İnsanlarda mesane ve renal pelvis kanserlerinin gelişmesinde, aromatik aminlerin etkili olduklarına dair iddiaların açıklanabilmesi için; 1921-1951 yılları arasında İngiltere’de mesane kanserinden ölenler üzerinde yapılan araştırmalarda, 127 kişinin boya endüstrisi çalışanı olduğu tespit edilmiştir. Aromatik aminler ile bileşenleri olan benzidin ve 2-naftilamin gibi boyar maddelere ait etken maddelere maruz kalan erkeklerin %25’inde mesane kanseri oluşumu gözlenmiştir. Özellikle 2-naftilamine maruz kalan hastalarda mesane kanserinden ölüm daha fazla görülmüştür. Ayrıca Almanya’da da boya fabrikasında çalışan ve anilin içerikli boyalara maruz kalan 500 işçiden 4 tanesinde mesane kanseri oluşumu gözlenmiştir (Cartwright 1983).

Benzenden türeyen ve en basit aromatik amin olan anilin, havaya maruz kaldığı zaman düşük buhar basıncına sahiptir ve suda kolaylıkla çözünür. Doğrudan anilin buharını soluma, tütün kullanımı veya tütün ürünlerinin kullanıldığı ve üretildiği yerler bu aromatik bileşiğe maruziyeti artırmakta ve akciğerlerden emilerek sistemik toksisiteye katkıda bulunmaktadır. EPA tarafından olası insan kanserojeni olarak kabul edilen anilin, bu tez çalışmasında da model organizma olarak kullanılan *D.melanogaster* larvalarına 2 farklı dozda (1-2 mM) *in vivo* olarak uygulanmış ve göz benek testi ile özellikle 2 mM uygulamada zayıf mitotik rekombinasyona sebep olmuştur (Vogel and Nivard 1993). Özellikle boyar maddelere örneğin azo boyalarına ait azo bağının karaciğer mikrozom enzimleri aracılığı ile sitokrom P450 enzim sistemi tarafından ve bağırsak florasındaki azoredüktaz enzimleri ile indirgenmesi sonucu oluşan benzidin, *orto*-toluidin, fenilendiamin ve aromatik amin gibi toksik maddelerin insan sağlığı açısından zararlı bileşikler arasında olduğu Lourenco *et al.* (2001) tarafından bildirilmiştir. Chung and Stevens (1993)'a göre, aromatik aminler mutajenik, kanserojenik, genotoksik ve teratojenik etkiler gösterebilmekte, tüm bu etkiler de azo boyasının aril/amin türevlerine parçalanması ile meydana gelebilmektedir (Özata 2006).

Normalde toksik özellik göstermeyen boyar maddelerin indirgenme yan ürünleri de toksik/mutajenik etki gösterebilmektedir. Tıpkı Acid Orange 7'de olduğu gibi. Bu boya, kozmetik ve tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ve muhtemelen toksik olmayan insan cildi ve gözü için hafif tahriş edici azo boyasıdır. Ancak Acid Orange 7 boyasının biyodegradasyonla indirgenmesi ile 4-aminobenzen Sülfonik asit ve 1-amino-2-naftol gibi farklı bileşikler oluşabilmektedir (Rawat *et al.* 2018). Avrupa Birliği Komisyonu, 1-amino-2-naftol'ün kanserojen ürünler sınıflandırılmasında 2.kategoride olduğunu bildirmiştir. Bu bileşiğin kültür ortamında uzun süre bozunmadan kaldığı ve tehlikeli aromatik aminlerin oluşumuna aracılık eden uyarıcı olarak davrandığı çeşitli araştırmalarda gözlenmiştir (Ramalho *et al.* 2004; Rawat *et al.* 2018). 1-amino-2-naftol gibi 4-aminobenzen Sülfonik asit de deaminasyon ve desülfonasyon ile benzen Sülfonik asit ve aniline kadar indirgenmektedir. Anilin de kanserojen/mutajen etkisi bilinen bileşik olup organa özgü toksisiteye neden olmaktadır. Bu bileşik, hidrofilik azo boyanın fiziksel özelliğini değiştirerek hücre zarından geçişini kolaylaştırmakta ve toksisiteye neden olmaktadır (Rawat *et al.* 2018).

Tekstil boyası olarak kullanılan San G-GELB-GLE, Red FBL, Blue FGRL ve Black FDL boyalarının genotoksik etkileri *D.melanogaster*'de SMART ile incelenmiş ve boyaların mutajen olduğu bildirilmiştir (Eroğlu Doğan 2002). Yine bir başka çalışmada, bazı tekstil boyalarının *D.melanogaster* üzerine toksik ve genotoksik etkileri, SMART kullanılarak araştırılmış ve tekstil boyalarının bütün konsantrasyonlarının hayatta kalış oranını azalttığı ve

somatik mutasyonları uyardığı tespit edilmiştir (Özata 2006). Rai *et al.* (2005)'a göre, tekstil ürünlerinin boyanmasında kullanılan Dispers Blue 291 boyası, DNA'da insersiyon veya delesyona sebep olarak genetik kodda hata oluşturmaktadır. Ayrıca Direct Yellow 86, Direct Orange 39, Direct Blue 200, Direct Yellow 142 ve Direct Red 243 sentetik boyar maddelerinin farklı dozlarda farelere uygulanmasıyla mutajenik etkiler gözlenmiştir (Şenel vd 2012).

Congo Red tekstil boyası ile yapılan bir başka çalışmada, *D.rerio*'da larva gelişiminin yumurta evresinde kaldığı, gelişebilen bireylerde ise iskelet bozukluğunun yanı sıra kalpde kontraksiyonun meydana gelmediği tespit edilmiştir (Hernández-Zamora and Martínez-Jerónimo 2019). *D.rerio* embriyolarının RB203 ve MB5G tekstil boya ile muamele edilmesi sonucunda, her iki boyanın da mikroftalmi, perikardiyal ödem ve kavisli vücut yapısı gibi gelişimsel anomalilere ve genotoksisiteye sebep olduğu bildirilmiştir. Ayrıca RB203 maruziyeti sonrasında, beyinde 8-hidroksi-2-deoksiguanozin (8-OHdG9) ekspresyonundaki artışa bağlı oksidatif stres de gözlenmiştir. Oksidatif stres DNA hasarı ile etkisini göstermekte, bu da hem mutasyona hem de erken ölümlere neden olmaktadır (Köktürk *et al.* 2021).

Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre, “bir insan yeni şeyler öğrenmiyor, merak etmiyor ve keşfetmiyorsa, sürekli eskiyi tekrar ediyor ve konfor alanının dışına çıkamıyorsa yaşlanmıştır”. İnsanlarda gözlenen bu davranışların nedeni, endojen ve ekzojen kaynaklı birçok faktör tarafından dengede tutulan uyum yeteneğinin zamanla azalması, vücut sistemlerinde meydana gelen yıpranmanın yenilenmeden daha hızlı seyretmesidir, yani yaşlanmadır. Fizyolojik işlevlerde meydana gelen ilerleyici ve içsel dejeneratif etkilerin ölümle sonuçlanmasıdır. Hücrelerin fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar sonucu değişime uğraması yaşlanma biyolojisinin anlaşılmasına da yardımcı olmaktadır (Johnson *et al.* 1999; Grotewiel *et al.* 2005; Rose *et al.* 2012).

Bu bağlamda Maynard-Smith (1966)'in hayatta kalış eğrisi, yaşlanmanın nicel olarak incelenip anlaşılabilmesi için önemli bir çalışmadır. Aynı türe ait yaşayan canlı topluluğunun incelenmesi ile bir tablo oluşturulur. Bu tabloda “zamana bağlı olarak bireylerin ölüm oranında bir artış görülmesi yani eğrinin doğrusal azalması ile dikdörtgen şeklinde hayatta kalış eğrisi gözlenmesi yaşlanma olgusu” olarak açıklanmaktadır. Erken dönemlerde eğrilerde gözlenen düşüş ise yaşlanmanın çevresel etkenlerden kaynaklandığını göstermektedir. *D.melanogaster*'de endojen faktörlerden olan genetik yapı (Campos-Ortega and Hartenstein 2013), anasal yaş (McIntyre and Gooding 2000; Beckerman *et al.* 2006), yumurta verimliliği (David *et al.* 1975; Partidge *et al.* 1987) ve cinsiyet (Yoon *et al.* 1990; Brown *et al.* 2020) gibi

özellikler türler arasında ve aynı türün bireyleri arasında ömür uzunluğunda farklılıklara neden olabilen, yaşlanma hızını etkileyen etkenlerdendir. Eksojen faktörlerden olan ısı şartları (Lee *et al.* 1986; Partridge *et al.* 1994; Nunney and Cheung 1997; Sisodia and Singh 2002; Ayar *et al.* 2009), nem (Hodge 2001), beslenme (Good and Tatar 2001; Carey *et al.* 2002; Layalle *et al.* 2008; Ayhan 2013), popülasyon yoğunluğu (Joshi 1997; McIntyre and Gooding 2000; Foley and Luckinbill 2001; Horváth and Kalinka 2016) ve fotoperiyot (Giesel 1986; Koç ve Gülel 2006) gibi değişkenler de yaşlanma hızını ve ömür uzunluğunu etkilemektedir. Yaşlanma, bahsettiğimiz bu iç ve dış birçok değişkenin etkileşimi sonucu meydana gelmektedir.

Ergin *Drosophila*'ların yaşlandıkça hareket kabiliyetlerinde ve beslenme, çiftleşme, yumurtlama gibi günlük birçok aktivitelerinde yavaşlama, gerileme gibi değişen davranışları nicel olarak incelenebilmekte ve yaşlanma çalışmaları için onların ideal bir model organizma olarak kullanılabilmesine imkan vermektedir. Fonksiyonel yaşlanma çalışmaları ile yaşa bağlı olarak organ sistemlerinde oluşan geri dönüşümsüz değişiklikler tespit edilmeye çalışılarak mortaliteye neden olan işlevsel bozuklukların belirlenebilmesi amaçlanmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmaya göre, *Drosophila*'da uçuş kaslarının çalışmasında görev alan sitozolik enzimlerin aktivitelerinin yaşla birlikte azaldığı tespit edilmiştir. Ergin sineklerde fonksiyonel yaşlanmanın homeostazın sürdürülememesi sonucu olduğu ileri sürülmektedir (Grotewiel *et al.* 2005). Homeostazın korunması için süreklilik gerektiren protein sentezi döngüsünde meydana gelen bozulmalar, kusurlu protein oluşumuna ve hatalı proteinlerin vücutta birikmesine neden olmakta, bu durum da yaşlanmaya yol açmaktadır.

Ömür uzunluğu araştırmalarında yaşlanmanın genetik kontrol mekanizması ile düzenlendiği ve tek bir gen ile değil poligenik olarak kalıtıldığı ortaya konulmuştur. Yapılan bazı çalışmalarla *D.melanogaster*'de mutant soyların yabanıl soylara göre daha kısa ömürlü olduğu bildirilmiştir (Uysal *et al.* 2015; Amandurdiyev 2021). Ömür uzunluğu aynı genotipe sahip bireylerde farklı çevresel faktörlerin etkisi ile (Çolak and Uysal 2018; Kızılet and Uysal 2019; Uysal *et al.* 2019), farklı türlerde ve bunların mutant soylarında da genotip etkisi ile farklılık göstermektedir (Kirkwood 2005).

Tez çalışmasında kullanılan tüm sentetik tekstil boyaları, *D. melanogaster*'de özellikle toraksta, bacak ve kanat gibi ekstremitelerde fenotipik olarak gözlenebilen deformitelere (Şekil 9 ve Şekil 10) sebep olmuşlardır. Bize göre, kuvvetle muhtemel “boyalara ait biyodegradasyon ürünlerinden (Lourenco *et al.* 2001) benzidin, orto-toluidin, fenilendiamin, anilin, aromatik amin gibi “genomik stabiliteyi bozucu ajanlar”, homeotik gen (yapısal gen) ya da bu yapısal genlerin çalışmasından sorumlu regülatör (düzenleyici) gen mutasyonlarına

sebeup olmuş ve malformasyonlar meydana gelmiştir” diyebiliriz. Chung and Stevens (1993) tarafından helmintlerde (solucanlar, kurtlar ve şeritler) yapılan bir çalışmanın sonuçları ile sunulan bu çalışmada ergin bireylerde gözlenen teratojenik etkilere ait bulgularımız paralellik göstermektedir.

Miklos and Rubin (1996) tarafından bildirildiğine göre, *Drosophila*'da bulunan genlerin bir bölümü (%30) vital gen olarak tanımlanmış ve bu genlerin bir veya bir kaçında meydana gelen/gelebilecek eksilme (anöjenik) ya da segmental kayıpların (klastojenik) ölüme neden olabileceği bildirilmiştir. Bölüm 4’de detaylarıyla anlatıldığı gibi, besi yerine farklı dozlarda katılan sentetik boyalara kronik olarak maruz kalan ergin bireylerde özellikle yüksek dozlarda gözlediğimiz ölüm oranlarındaki artışlar, vital genlerde mutasyon oluşmuş olma olasılığını düşündürmektedir. Çünkü Vogel and Nivard (1993) tarafından *Drosophila*'da yapılan göz benek testi çalışmalarında somatik mutasyonların meydana geldiği ortaya konulmuştur. Yine daha önce yapılan ve farklı tekstil boyalarının kullanıldığı çalışmalarda, bu boyaların *D.melanogaster*'de hem hayatta kalış oranını azalttığı (Şahin ve Türkoğlu 2014) hem de somatik mutasyonları uyardığı tespit edilmiştir (Eroğlu Doğan 2002; Özata 2006).

Somatik mutasyonların meydana gelmiş olması o nesil ve o nesildeki bireylerle sınırlı olmuş olsa bile örneğin; “**genomun gardiyanı**” olarak tanımlanan TP53 geninin de mutasyona uğramış olabileceği kuvvetle muhtemeldir. Çünkü bu gen, tümör proteini p53 adı verilen bir proteinin sentezlenmesi için kodlanmıştır. p53 proteini de bir tümör baskılayıcı (supressor) olarak işlevseldir ve hücrelerin büyümesini ve çok hızlı çoğalmasını kontrol altında tutar/engeller. p53 proteini, doğrudan DNA'ya bağlı olarak iş gördüğü için “**DNA'nın koruyucusu**” olarak da tanımlanmaktadır. Bir hücredeki DNA, herhangi toksik, kanserojenik ya da mutajenik ajanlardan zarar görürse bu gen ve genin ürünü olan protein, DNA'nın tamir edileceğini veya hasar gören hücrenin programlı hücre ölümüne (apoptoz) gidip gitmeyeceğini belirler. Ayrıca mutasyona uğramış ya da hasar gören DNA'nın bölünmesini de engelleyerek tümör gelişimini önlemeye yardımcı olur. Ancak tekstil boyalarına ait parçalanma ürünlerinin DSÖ tarafından toksik ve kanserojenik olarak tanımlanmış olması ve bu boyalar ile yapılan farklı çalışmalarda somatik mutasyonların tetiklediğinin ifade edilmesi bize TP53 geninin de etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bir diğer deyişle yaşlanmanın en önemli sebeplerinden birisi olarak düşünülen “**Mutasyon Birikim Teorisi**”, bireylerin hem maksimum hem de ortalama ömür uzunluğunda gözlenen kısaltmalar ile bu çalışmada görülebilmektedir.

1950'lerde ilk kez Harman tarafından ileri sürülmüş olan “**Serbest Radikal Yaşlanma Teorisi**”ne göre de, tez çalışmasında kullanılan tekstil boyaları ile yaşlanma arasında bir

başka bağıntıyı şöyle kurabiliriz; Oksidatif stres, hücrel metabolizma sırasında oluşan hidroksil radikali, süperoksit radikali ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türlerinin artışı (ROT) ile onları detoksifiye eden, antioksidanların yetersizliği sonucu oksidatif dengenin bozulması olarak tanımlanmaktadır. Oksidatif streste artışı sonucu oluşan ROT'lar, hücre içi lipit ve protein yapıların çift bağ içeren gruplarına ve DNA'daki bazların çift bağlarına bağlanıp bir hidrojen atomu kopararak zincirleme oksidasyon reaksiyonlarını başlatırlar. Sonuçta hücre içi lipit, protein ve DNA gibi makromoleküllerde meydana gelen hasarlar ile hücrel bozulma veya hücre ölümü meydana gelmektedir. Serbest radikallerin etkileri ile makromoleküllerin oksidatif hasarı sonucunda açığa çıkan malondialdehit (MDA), protein karbonil (PCO) ve 8-hidroksiguanin (8-OHG) gibi ürünlerin varlığı organizmalarda erken ölümlere ve popülasyonda yaşlanmaya sebep olabilmektedir. Serbest radikaller genetik materyalde kalıcı değişiklik meydana getirebilmekte, mutajenik ve karsinojenik etkilere sebebiyet vermekte bu da Rahman (2007)'a göre yaşlanmada ilk adımı temsil etmektedir. Tekstil boyalarına ait parçalanma ürünlerinin DNA'da baz çiftleri ile bağ oluşturup hasar oluşumuna sebep olabileceği, oluşan ROT'ların amino asitlerin yapısına etki ederek yanlış katlanmalara ve protein konformasyonlarında değişikliklere neden olabileceği de Ulian *et al.* (2013) tarafından bildirilmiştir. Bu konuda Köktürk *et al.* (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, RB203 tekstil boyasına maruz kalan *D. rerio*'da 8-hidroksi-2-deoksiguanozin (8-OHG) ekspresyonundaki artış oksidatif stresin göstergesi olarak kabul edilmiştir. Oksidatif stres DNA hasarı ile etkisini göstermekte, bu da hem mutasyona hem de erken ölümlere neden olmaktadır ve popülasyon yaşlanmaktadır. *D. melanogaster*'de de benzeri mekanizmalara dayalı olarak popülasyon yaşlanmasının meydana gelebileceği kuvvetle muhtemeldir.

Bu tez çalışmasında, ergin bireylere ait ömür uzunluğunun belirlenebilmesi için kontrol gruplarında yalnızca distile su ile hazırlanan SDB kullanılmıştır. Deney gruplarında ise tek değişken olarak farklı dozlarda tekstil boyaları SDB'ye ilave edilmiştir. *D. melanogaster*'de ömür uzunluğunu etkileyebilecek nem, sıcaklık, beslenme, ışık ve popülasyon yoğunluğu gibi dış faktörler ile özellikle iç faktör olarak değerlendirdiğimiz anasal yaş ve çiftleşme aktivitesi stabil tutulmuştur (Bölüm 1). Böylece tek değişken olan tekstil boyaları, gerek larval mortaliteyi gerekse larval yaşayabilirliği azaltmış olsa bile bu larvalardan gelişebilen ergin *Drosophila*'larda ki malformasyonların temel sebebi olmuştur (Bölüm 4). Larval yaşayabilirlik ve larval mortaliteye ait tüm veriler incelendiği zaman (Bölüm 4) kronik uygulama ve doz artışına paralel olarak tüm tekstil boyalarının mortaliteyi artırdığı ve hem gelişimi hem de yaşayabilirliği sınırlandırıcı bir faktör olduğu açıkça görülebilmektedir (Tablo 3a-f). Kısa süreli test tekniklerinden birisi olan larval yaşayabilirlik için kontrol ve uygulama gruplarına ait değerler istatistiki olarak karşılaştırıldığı zaman

aradaki farklılıkların $p<0,05$ düzeyinde anlamlı bulunmuş olması da tekstil boyalarının yaşam için sınırlandırıcı bir faktör olduğunu göstermektedir.

Gelecekte bize ödünç olan Dünya mirasını florası, faunası, havası ile sucul ve karasal ekosistemleriyle koruyup bu mirasa sahip çıkabilmek, Dünya'nın gittikçe artan sessiz çılgınlıklarını duyabilmek, bizlerin gidebileceği başka bir Dünya'nın olmadığını bilmek insanoğlunun en önemli görevleri arasındadır. Ancak “**çevre için renkli bir tehlike**” olarak tanımlayabileceğimiz, bir o kadar da hayatımızın vazgeçilmezleri arasında yer alan tekstil endüstrisine ait tehlikeye dikkat de çekebilmek gerekmektedir. Küresel ölçekli bir düzen içinde sucul ve karasal ekosistem ile elbette ki teneffüs ettiğimiz havanın ait olduğu atmosfer artık kendine ait olmayan kirleticileri bize geri göndermektedir. Yapılacak tek ve en önemli işlev, gelecek nesillere daha az yıpranmış bir yeryüzü bırakabilmektir.

Bu amaçla “**canlılar ve cansızların birlikte yaşadığı, sessiz ama bizleri izleyen çevreyi korumak kendimizi korumak demektir**” ilkesi ile öncelikle bu tez çalışmasının temelini oluşturan ve en fazla boyar madde atıklarına sahip olan tekstil endüstrisine ait tesislerin ilk kuruluşu aşamasında günümüz teknolojileri ile donatılmış arıtma sistemlerine sahip olması gerekmektedir. Bu gereklilik, sonradan arıtma/filtreleme sistemleri yapılması için hem kurulumlarından hem de farklı devlet kuruluşları tarafından müeyyide uygulanmasından daha kolay görünmektedir.

KAYNAKLAR

- Abe, F. R., Gravato, C., Soares, A. M., and de Oliveira, D. P. 2017. Biochemical approaches to assess oxidative stress induced by exposure to natural and synthetic dyes in early life stages in zebrafish. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 80(23-24), 1259-1268.
- Agarwal, S., and Sohal, R. S. 1996. Relationship between susceptibility to protein oxidation, aging, and maximum life span potential of different species. *Experimental Gerontology*, 31(3), 365-372.
- Aksu, Z. 2003. Reactive dye bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochemistry*, 38(10), 1437-1444.
- Al-Sabti, K. 2000. Chlorotriazine reactive azo red 120 textile dye induces micronuclei in fish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 47(2), 149-155.
- Amandurdyev, K., 2021. *Drosophila melanogaster*'in Farklı Soylarına Ait Erkek ve Dişi Popülasyonlarında Nanopartiküllere Bağlı Ömür Uzunluğu Toksisitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Apohan, E. 2001. Biyoteknolojik İşlemden Geçmiş ve Geçmemiş Tekstil Fabrikası Boyalarının Çeşitli Organizmalar Üzerine Toksik Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Araújo, A. S. F., and Monteiro, R. T. R. 2005. Plant bioassays to assess toxicity of textile sludge compost. *Scientia Agricola*, 62(3), 286-290.
- Arıca, Ş. Ç. 2017. Yaşlanma ve alglerin anti-gerontolojik etkileri. *Su Ürünleri Dergisi*, 34(4), 469-474.
- Armbricht, H. J. 2001. The biology of aging. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 138(4), 220-225.
- Ashburner, M. 1989. *Drosophila*. A Laboratory Handbook. Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Aspland, J. R. 1993. Pigments as Textile Colorants: Pigmenting or pigmentation. *A Series on Dyeing*, 25(10).
- Ayar, A., Altun, D. Uysal, H., Semerdöken S. ve Algur Ö.F., "Drosophila melanogaster'in Yumurta Verimi ve Gelişim Evreleri Üzerine Potasyum Alumin Etkisi", 1. Ulusal Palandöken Toksikoloji Sempozyumu, Erzurum, 28-30 Mayıs 2010.
- Ayar, A., Uysal, H. and Altun, D., 2009. The effects of cold shock on the longevity in Oregon R wild *Vestigial* mutant of *Drosophila melanogaster* (Diptera:Drosophilidae). *Ekoloji*, 19 (74), 38-44.
- Ayhan, N. 2013. *Drosophila melanogaster* İzosoylarında Besin Kısıtlamasının Gelişim Süresi ve Yumurta Veriminin Eklemeli Genetik Varyanslarına Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Başer, İ., ve İnancı, Y., 1990. Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi 482(2), İstanbul.

- Beckerman, A. P., Benton, T. G., Lapsley, C. T., and Koesters, N. 2006. How effective are maternal effects at having effects? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1585), 485-493.
- Birhanlı, A., and Özmen, M. 2005. Evaluation of the toxicity and teratogenicity of six commercial textile dyes using the frog embryo teratogenesis assay–*Xenopus*. *Drug and Chemical Toxicology*, 28(1), 51-65.
- Bishop, N. A., and Guarente, L. 2007. Genetic links between diet and lifespan: shared mechanisms from yeast to humans. *Nature Reviews Genetics*, 8(11), 835-844.
- Bomhard, E. M., and Herbold, B. A. 2005. Genotoxic activities of aniline and its metabolites and their relationship to the carcinogenicity of aniline in the spleen of rats. *Critical Reviews In Toxicology*, 35(10), 783-835.
- Brown, E. J., Nguyen, A. H., and Bachtrog, D. 2020. The Y chromosome may contribute to sex-specific ageing in *Drosophila*. *Nature Ecology and Evolution*, 4(6), 853-862.
- Brown, S. C., Alberts, R., and Schoenberg, M. 2011. Cancer incidence and mortality among workers exposed to benzidine. *American Journal of Industrial Medicine*, 54(4), 300-306.
- Campos-Ortega, J. A., and Hartenstein, V. 2013. *The embryonic development of Drosophila melanogaster*. Springer Science and Business Media.
- Cankurtaran M, 2010. Yaşlılık, yaşlanma mekanizmaları, antiaging ve yaşam tarzı değişiklikleri. 7. Ulusal İç Hastalıkları Kongresi, 2000, Antalya.
- Carey, J. R., Liedo, P., Harshman, L., Zhang, Y., Müller, H. G., Partridge, L., and Wang, J. L. 2002. Life history response of Mediterranean fruit flies to dietary restriction. *Aging Cell*, 1(2), 140-148.
- Carmen, Z., and Daniela, S. 2012. Textile organic dyes-characteristics, polluting effects and separation/elimination procedures from industrial effluents-a critical overview (pp. 55-86). IntechOpen.
- Carter, A. J., and Nguyen, A. Q. 2011. Antagonistic pleiotropy as a widespread mechanism for the maintenance of polymorphic disease alleles. *BMC Medical Genetics*, 12(1), 1-13.
- Cartwright, R. A. 1983. Historical and modern epidemiological studies on populations exposed to N-substituted aryl compounds. *Environmental Health Perspectives*, 49, 13-19.
- Chen, M. H. C., Hsu, L. C., Wu, J. L., Yeh, C. W., Tsai, J. N., Hseu, Y. C., and Hsu, L. S. 2014. Exposure to benzidine caused apoptosis and malformation of telencephalon region in zebrafish. *Environmental Toxicology*, 29(12), 1428-1436.
- Ching Chen, S., Hseu, Y. C., Sung, J. C., Chen, C. H., Chen, L. C., and Chung, K. T. 2011. Induction of DNA damage signaling genes in benzidine- treated HepG2 cells. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 52(8), 664-672.
- Chippindale, A. K., Leroi, A. M., Kim, S. B., and Rose, M. R. 2004. Phenotypic plasticity and selection in *Drosophila* life-history evolution. I. Nutrition and the cost of reproduction. In *Methuselah flies: A Case Study In The Evolution Of Aging* (pp. 122-144).
- Choudhary, G. 1996. Human health perspectives on environmental exposure to benzidine: a review. *Chemosphere*, 32(2), 267-291
- Chung, K. T. 2016. Azo dyes and human health: a review. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 34(4), 233-261.

- Chung, K. T., and Stevens Jr, S. E. 1993. Degradation azo dyes by environmental microorganisms and helminths. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 12(11), 2121-2132.
- Croce, R., Cinà, F., Lombardo, A., Crispeyn, G., Cappelli, C. I., Vian, M., Maiorana, S., Benfenati, E., and Baderna, D. 2017. Aquatic toxicity of several textile dye formulations: acute and chronic assays with *Daphnia magna* and *Raphidocelis subcapitata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 144, 79-87.
- Çakir, Ş. 2000. Genetics and some aging-related mechanisms. *Turkish Journal of Zoology*, 24(2), 183-190.
- Çolak, D. A., and Uysal, H. 2018. Evaluation of the lifespan of fruit fly *Drosophila melanogaster* exposed to dioxins. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5), 715.
- Das, L., Das, S. K., Hooberman, B. H., Chu, E. H., and Sinsheimer, J. E. 1994. Chromosomal aberrations in mouse lymphocytes exposed in vitro and in vivo to benzidine and 5 related aromatic amines. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 320(1-2), 69-74.
- David, J., Cohet, Y., and Fouillet, P. 1975. The variability between individuals as a measure of senescence: a study of the number of eggs laid and the percentage of hatched eggs in the case of *Drosophila melanogaster*. *Experimental Gerontology*, 10(1), 17-25.
- de Luna, L. A., da Silva, T. H., Nogueira, R. F. P., Kummrow, F., and Umbuzeiro, G. A. 2014. Aquatic toxicity of dyes before and after photo-Fenton treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 276, 332-338.
- de Oliveira, G. A. R., de Lapuente, J., Teixidó, E., Porredón, C., Borràs, M., and de Oliveira, D. P. 2016. Textile dyes induce toxicity on zebrafish early life stages. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(2), 429-434.
- de Oliveira, G. A. R., Leme, D. M., de Lapuente, J., Brito, L. B., Porredón, C., de Brito Rodrigues, L., Brull, N., Serret, J. T., Borràs, M., Disner, G. R., Cestari, M. M., and de Oliveira, D. P. 2018. A test battery for assessing the ecotoxic effects of textile dyes. *Chemico-Biological Interactions*, 291, 171-179.
- Demir, B., Kızılet, H. and Uysal, H., 2016. "The comparison of the effects of bifenthrin on longevity of wild-type and mutant *Drosophila melanogaster* adult" "International Conference On Advances In Natural And Applied Sciences", 21-23 April, Belek, Antalya (Poster).
- Demirsoy, A ve Bozcuk, A.N., 1997. Ölümün Evrimsel Öyküsü, Editör;Gökçe- Kutsal, Y., Çakmakçı, M., Ünal, S., Geriatri, Hekimler Yayın Birliği, 1-6, Ankara.
- Eroğlu Doğan, E. 2002. Bazı Astrazon Grubu Tekstil Boyalarının Genotoksik Etkisinin *Drosophila melanogaster* Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi (SMART) ile Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Foley, P. A., and Luckinbill, L. S. 2001. The Effects of Selection for Larval Behavior on Adult Life- History Features in *Drosophila melanogaster*. *Evolution*, 55(12), 2493-2502.
- Giesel, J. T. 1986. Genetic correlation structure of life history variables in outbred, wild *Drosophila melanogaster*: effects of photoperiod regimen. *The American Naturalist*, 128(4), 593-603.
- Good, T. P., and Tatar, M. 2001. Age-specific mortality and reproduction respond to adult dietary restriction in *Drosophila melanogaster*. *Journal Of Insect Physiology*, 47(12), 1467-1473.

- Gottlieb, A., Shaw, C., Smith, A., Wheatley, A., and Forsythe, S. 2003. The toxicity of textile reactive azo dyes after hydrolysis and decolourisation. *Journal of Biotechnology*, 101(1), 49-56.
- Graf, U., and Singer, D. 1992. Genotoxicity testing of promutagens in the wing somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 8(1), 15-27.
- Grotewiel, M. S., Martin, I., Bhandari, P., and Cook-Wiens, E. 2005. Functional senescence in *Drosophila melanogaster*. *Ageing Research Reviews*, 4(3), 372-397.
- Guo, R., Wang, R., Yin, J., Jiao, T., Huang, H., Zhao, X., Zhang, L., Li, Q., Zhou, J., and Peng, Q. 2019. Fabrication and highly efficient dye removal characterization of beta-cyclodextrin-based composite polymer fibers by electrospinning. *Nanomaterials*, 9(1), 127.
- Güler, P. 2014. *Drosophila melanogaster*'de Larval ve Ergin Dönem Besin Kısıtlamasının Ömür Uzunluğu Üzerine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güneş, E. 2020. Alteration in the oxidative status of *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) fed with a diet containing *Centaurea depressa* M. Bieb.(Asteraceae). *Animal Biology*, 70(2), 227-237.
- Gürcüm, B.H ve Öneş, A., 2018. Bakteri ve mikroalglerin tekstil boyacılığında ve baskıcılığında kullanım olanakları. *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, (46), 701-709.
- Hartl, D. L., Lozovskaya, E. R., and Lawrence, J. G. 1992. Nonautonomous transposable elements in prokaryotes and eukaryotes. *Genetica*, 86(1-3), 47-53.
- Hernández-Zamora, M., and Martínez-Jerónimo, F. 2019. Congo red dye diversely affects organisms of different trophic levels: a comparative study with microalgae, cladocerans, and zebrafish embryos. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(12), 11743-11755.
- Hernández-Zamora, M., and Martínez-Jerónimo, F. 2019. Exposure to the azo dye Direct blue 15 produces toxic effects on microalgae, cladocerans, and zebrafish embryos. *Ecotoxicology*, 28(8), 890-902.
- Hodge, S. 2001. The effect of pH and water content of natural resources on the development of *Drosophila melanogaster* larvae. *Drosophila Information Service*, 84, 38-43.
- Horváth, B., and Kalinka, A. T. 2016. Effects of larval crowding on quantitative variation for development time and viability in *Drosophila melanogaster*. *Ecology and Evolution*, 6(23), 8460-8473.
- Houk, V. S. 1992. The genotoxicity of industrial wastes and effluents: a review. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, 277(2), 91-138.
- Hunger, K., 2003. "Industrial Dyes", Wiley-VCH, Verlag, 1-6
- Inoue, M., Sato, E. F., Nishikawa, M., Park, A. M., Kira, Y., Imada, I., and Utsumi, K. 2003. Mitochondrial generation of reactive oxygen species and its role in aerobic life. *Current Medicinal Chemistry*, 10(23), 2495-2505.
- Jayanthi, P., Joshua, E., and Ranganathan, K. 2010. Ageing and its implications. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology: JOMFP*, 14(2), 48.
- Johnson, F. B., Sinclair, D. A., and Guarente, L. 1999. Molecular biology of aging. *Cell*, 96(2), 291-302.

- Joshi, A. 1997. Laboratory studies of density-dependent selection: adaptations to crowding in *Drosophila melanogaster*. *Current Science*, 555-562.
- Kant, R. 2012. Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science* 4(1), 22-26.
- Khan, I. T., ve Jain, V. 1995. Effect of textile industry wastewater on growth and some biochemical parameters of *Triticum aestivum*. *Journal of Environmental Pollution*, 2, 97-102.
- Kızılet, H. and Uysal, H. 2019. "Induced somatic mutation during chronic exposure of chlorfenson on *Drosophila melanogaster* Oregon-R (wild-type). *Drosophila Information Service*, 102: 4-8,
- Kızılet, H., Uysal, H., Ayar, A., Altun, D. ve Semerdöken, S., "Ergin *Drosophila*'nın ömür uzunluğunda kronik zearelenon alımına bağlı olarak toksisitenin uyarılması", 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, İzmir, 3-7 Eylül 2012.
- Kirchengast, S. 2017. Menopause Female Reproductive Senescence from the Viewpoint of Evolutionary Anthropology. *Menopause: A Multidisciplinary Look at*, 7-136
- Kirkwood, T.B.L., 2005. Understanding the odd science of aging. *Cell*, 120(4), 437-447.
- Koç, Y., ve Gülel, A. 2006. Fotoperiyot ve besin çeşidinin *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera: Drosophilidae) un gelişim süresi, ömür uzunluğu, verim ve eşey oranına etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 204-212.
- Koçak, G. 2011. *Bacillus subtilis* ile Reaktif Black 5 Boyar Maddesinin Renk Giderim Kinetiğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Köktürk, M., Altındağ, F., Ozhan, G., Çalimli, M. H., and Nas, M. S. 2021. Textile dyes Maxilon blue 5G and Reactive blue 203 induce acute toxicity and DNA damage during embryonic development of *Danio rerio*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 242, 108947.
- Kurbanova, R., Okudan, A., Mirzaoglu, R., Kurbanov, S., Karatas, I., Ersöz, M., Özcan, E., Ahmedova, G., and Pamuk, V. 1998. Effects of the functional groups of polystyrene on its adhesion improvement and corrosion resistance. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 12(9), 947-955.
- Layalle, S., Arquier, N., and Léopold, P. 2008. The TOR pathway couples nutrition and developmental timing in *Drosophila*. *Developmental Cell*, 15(4), 568-577.
- Lazarov, A., Trattner, A., David, M., and Ingbe, A. 2000. Textile dermatitis in Israel: a retrospective study. *American Journal of Contact Dermatitis*, 11(1), 26-29.
- Lee, R. E., Ring, R. A., and Baust, J. G. 1986. Low-temperature tolerance in insects and other terrestrial arthropods-bibliography II. *Cryo-Letters*, 7(2), 113-126.
- Lentz, S., Eversole, R., McHugh Law, J., and Means, J. C. 2010. Cellular proliferation, cell death, and liver histology in *Gambusia affinis* after dietary exposure to benzidine and 2-Aminofluorene. *International Journal of Toxicology*, 29(3), 247-258.
- Lourenco, N. D., Novais, J. M., and Pinheiro, H. M. 2001. Effect of some operational parameters on textile dye biodegradation in a sequential batch reactor. *Journal of Biotechnology*, 89(2-3), 163-174.
- Mahamuni, N. N., and Adewuyi, Y. G. 2010. Advanced oxidation processes (AOPs) involving ultrasound for waste water treatment: a review with emphasis on cost estimation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(6), 990-1003.

- Malkoç, R. 2008. Reaktif Tekstil Boya Çözeltilerinin Elektrokoagülasyon Yöntemi ile Arıtılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Marwari, R., and Khan, T. I. 2012. Effect of textile waste water on tomato plant, *Lycopersicon esculentum*. Journal of Environmental biology, 33(5), 849.
- Mathur, N., Bhatnagar, P., Nagar, P., and Bijarnia, M. K. 2005. Mutagenicity assessment of effluents from textile/dye industries of Sanganer, Jaipur (India): A case study. Ecotoxicology and Environmental Safety, 61(1), 105-113.
- Maynard Smith, J. 1966. Theories of aging. Topics in the Biology of Aging, edited by PL Krohn. Interscience, NY, 1-35.
- McIntyre, G. S., and Gooding, R. H. 2000. Effects of maternal age on larval competitiveness in house flies. Heredity, 85(5), 480-489.
- Miklos, G. L. G., and Rubin, G. M. 1996. The role of the genome project in determining gene function: Insights from model organisms. Cell, 86(4), 521-529.
- Miyakawa, M., and Yoshida, O. 1989. Benzidine dyes and risk of bladder cancer. Hinyokika Kiyo. Acta Urologica Japonica, 35(12), 2049-2056.
- Morgan, D. L., Dunnick, J. K., Goehl, T., Jokinen, M. P., Matthews, H. B., Zeiger, E., and Mennear, J. H. 1994. Summary of the National Toxicology Program benzidine dye initiative. Environmental Health Perspectives, 102(2), 63-78.
- Morton, A. J., Skillings, E. A., Wood, N. I., and Zheng, Z. 2019. Antagonistic pleiotropy in mice carrying a CAG repeat expansion in the range causing Huntington's disease. Scientific Reports, 9(1), 1-12.
- Moynihan, D. P., and Pandey, S. K. 2007. Finding workable levers over work motivation: Comparing job satisfaction, job involvement, and organizational commitment. Administration and Society, 39(7), 803-832.
- Murugesan, A. G., and Haniffa, M. A. 1992. Histopathological and histochemical changes in the oocytes of the air-breathing fish *Heteropneustes fossilis* (Bloch) exposed to textile-mill effluent. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 48(6), 929-936.
- Muthukumar, M., Sargunamani, D., Senthilkumar, M., and Selvakumar, N. 2005. Studies on decolouration, toxicity and the possibility for recycling of acid dye effluents using ozone treatment. Dyes and Pigments, 64(1), 39-44.
- Nalbant, S. 2006. Yaşlanmanın biyolojisi. Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi, 52, 12-17.
- National Toxicology Program. 1994. NTP toxicology and carcinogenesis studies of CI Direct Blue 218 in F344/N rats and B6C3F1 mice (feed studies). National Toxicology Program Technical Report Series, 430, 1-280.
- Nouren, S., Bhatti, H. N., Iqbal, M., Bibi, I., Kamal, S., Sadaf, S., Sultan, M., Kausar, A., and Safa, Y. 2017. By-product identification and phytotoxicity of biodegraded Direct Yellow 4 dye. Chemosphere, 169, 474-484.
- Novotný, Č., Dias, N., Kapanen, A., Malachová, K., Vándrovová, M., Itävaara, M., and Lima, N. 2006. Comparative use of bacterial, algal and protozoan tests to study toxicity of azo-and anthraquinone dyes. Chemosphere, 63(9), 1436-1442.
- Nunney, L., and Cheung, W. 1997. The effect of temperature on body size and fecundity in female *Drosophila melanogaster*: Evidence for adaptive plasticity. Evolution, 51(5), 1529-1535.

- Ölmez, T. 1999. Tekstil Endüstrisinde Reaktif Boya Banyolarında Ozon ile Renk Giderimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Önal, A., 2000. Doğal boyarmaddeler (Ekstraksiyon-Boyama) ders notları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları, 7, 1-4.
- Özata, L. 2006. Bazı Tekstil Boyalarının *Drosophila melanogaster* Üzerine Toksik ve Genotoksik Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Pandey, U. B., and Nichols, C. D. 2011. Human disease models in *Drosophila melanogaster* and the role of the fly in therapeutic drug discovery. *Pharmacological Reviews*, 63(2), 411-436.
- Partridge, L., Barrie, B., Fowler, K., and French, V. 1994. Evolution and development of body size and cell size in *Drosophila melanogaster* in response to temperature. *Evolution*, 48(4), 1269-1276.
- Partridge, L., Green, A., and Fowler, K. 1987. Effects of egg-production and of exposure to males on female survival in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Insect Physiology*, 33(10), 745-749.
- Poli, G., Leonarduzzi, G., Biasi, F., and Chiarotto, E. 2004. Oxidative stress and cell signalling. *Current Medicinal Chemistry*, 11(9), 1163-1182.
- Pratt, M., and Taraska, V. 2000. Disperse blue dyes 106 and 124 are common causes of textile dermatitis and should serve as screening allergens for this condition. *American Journal of Contact Dermatitis*, 11(1), 30-41.
- Prokop, A., 2016. Fruit flies in biological research. *Biological Sciences Review*, 28 (2), 2-5.
- Przybojewska, B. 1996. An evaluation of the genotoxic properties of some chosen dyes using the micronucleus test *in vivo*. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 367(2), 93-97.
- Przybojewska, B., Barański, B., Spiechowicz, E., and Sitarek, K. 1988. Mutagenic activity of some textile dyes in different test systems. *Toxicology Letters*, 40(2), 183-192.
- Rachootin, P., and Olsen, J. 1983. The risk of infertility and delayed conception associated with exposures in the Danish workplace. *Journal of Occupational Medicine: Official Publication of The Industrial Medical Association*, 25(5), 394-402.
- Rahman, K. 2007. Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. *Clinical Interventions in Aging*, 2(2), 219.
- Rai, H. S., Bhattacharyya, M. S., Singh, J., Bansal, T. K., Vats, P., and Banerjee, U. C. 2005. Removal of dyes from the effluent of textile and dyestuff manufacturing industry: A review of emerging techniques with reference to biological treatment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35(3), 219-238.
- Raj, D. S., Prabha, R. J., and Leena, R. 2012. Analysis of bacterial degradation of azo dye congo red using HPLC. *Jr. of Industrial Pollution*, 28(1), 57-62.
- Rajaguru, P., Vidya, L., Baskarasethupathi, B., Kumar, P. A., Palanivel, M., and Kalaiselvi, K. 2002. Genotoxicity evaluation of polluted ground water in human peripheral blood lymphocytes using the comet assay. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 517(1-2), 29-37.
- Ramalho, P. A., Cardoso, M. H., Cavaco-Paulo, A., and Ramalho, M. T. 2004. Characterization of azo reduction activity in a novel ascomycete yeast strain. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(4), 2279-2288.

- Rawat, D., Sharma, R. S., Karmakar, S., Arora, L. S., and Mishra, V. 2018. Ecotoxic potential of a presumably non-toxic azo dye. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 528-537.
- Rose, M., Flatt, T., Graves Jr, J. L., Greer, L. F., Martinez, D. E., Matos, M., Mueller, L. D., Shmookler Reis, R.J., and Shahrestani, P. 2012. What is aging? *Frontiers in Genetics*, 3, 134.
- Rose, M.R., 1991. *Evolutionary Biology of Aging: Genetic mechanisms of Aging*, Oxford University Press, New York.
- Sadhra, S., Duhra, P., and Foulds, I. S. 1989. Occupational dermatitis from Synacril Red 3B liquid (CI Basic Red 22). *Contact Dermatitis*, 21(5), 316-320.
- Sarıkaya, R., Çakır, Ş., and Solak, K. 2006. Gıdalardaki koruyucu maddelerin *Drosophila melanogaster*'de *mwhxflr* ömür uzunluğuna etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(1), 173-184.
- Schneider, K., Hafner, C., and Jäger, I. 2004. Mutagenicity of textile dye products. *Journal of Applied Toxicology: An International Journal*, 24(2), 83-91.
- Scialò, F., Sriram, A., Fernández-Ayala, D., Gubina, N., Löhmus, M., Nelson, G., Logan, A., Cooper, H. M., Navas, P., Enriquez, J. A., Murphy, M.P., and Sanz, A. 2016. Mitochondrial ROS produced via reverse electron transport extend animal lifespan. *Cell Metabolism*, 23(4), 725-734.
- Şenel, U., Sur, H. I., ve Demirtas, M. 2012. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Bazı Sentetik Reaktif Boyarmaddelerin Mutajenik Etkisinin Umu-Test İle Araştırılması. *Ekoloji*, 21(85), 49-56.
- Seventekin, N. 1988. Boyarmadde Kimyasına Giriş. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir. 78, 125.
- Sharma, M. K., and Sobti, R. C. 2000. Rec effect of certain textile dyes in *Bacillus subtilis*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 465(1-2), 27-38.
- Shukla, S. P., and Gupta, G. S. 1992. Toxic effects of Omega Chrome Red ME and its treatment by adsorption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 24(2), 155-163.
- Shukla, S. P., Kumar, A., Tiwari, D. N., Mishra, B. P., and Gupta, G. S. 1994. Assessment of the effect of the toxicity of a textile dye on *Nostoc muscorum* ISU, a diazotrophic cyanobacterium. *Environmental Pollution*, 84(1), 23-25.
- Singh, R. L., Khanna, S. K., and Singh, G. B. 1987. Acute and short-term toxicity studies on orange II. *Veterinary and Human Toxicology*, 29(4), 300-304.
- Sisodia, S., and Singh, B. N. 2002. Effect of temperature on longevity and productivity in *Drosophila ananassae*: Evidence for adaptive plasticity and trade-off between longevity and productivity. *Genetica*, 114(1), 95-102.
- Stocker, H., and Gallant, P. 2008. Getting started. *Drosophila*, 27-44.
- Sudova, E., Machova, J., Svobodova, Z., and Vesely, T. 2007. Negative effects of malachite green and possibilities of its replacement in the treatment of fish eggs and fish: A review. *Veterinarni Medicina-Praha-*, 52(12), 527.
- Sumathi, M., Kalaiselvi, K., Palanivel, M., and Rajaguru, P. 2001. Genotoxicity of textile dye effluent on fish (*Cyprinus carpio*) measured using the comet assay. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 66(3), 407-414.

- Suryavathi, V., Sharma, S., Sharma, S., Saxena, P., Pandey, S., Grover, R., Kumar, S., and Sharma, K. P. 2005. Acute toxicity of textile dye wastewaters (untreated and treated) of Sanganer on male reproductive systems of albino rats and mice. *Reproductive Toxicology*, 19(4), 547-556.
- Suzuki, D. T., Grigliatti, T., and Williamson, R. 1971. Temperature-sensitive mutations in *Drosophila melanogaster*, VII. A mutation (parats) causing reversible adult paralysis. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 68(5), 890-893.
- Şahin, N., ve Türkoğlu, Ş. 2014. Bazı tekstil boyalarının *Drosophila Melanogaster*'de ömür uzunluğu, yaşama yüzdesi ve yavru birey sayısına etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 35(4), 73-93.
- Troen, B. R. 2003. The Biology of Aging. *The Mount Sinai Journal of Medicine*, New York, 70(1), 3-22.
- Tutak, M., ve Gün, F., 2011. Katyonik boyarmaddelerin bazı zararlı bakterilere karşı etkisinin belirlenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 18(82).
- Tünay, O., Kabdasli, I., Eremektar, G., and Orhon, D. 1996. Color removal from textile wastewaters. *Water Science and Technology*, 34(11), 9-16.
- Ueyama, M., and Fuyama, Y. 2003. Enhanced cost of mating in female sterile mutants of *Drosophila melanogaster*. *Genes and Genetic Systems*, 78(1), 29-36.
- Ulian, G., Valdrè, G., Corno, M., and Ugliengo, P. 2013. The vibrational features of hydroxylapatite and type a carbonated apatite: A first principle contribution. *American Mineralogist*, 98(4), 752-759.
- Uysal, H., Kasimoglu, C. and Ayar, A. 2019. "Protective role of roseship fruit extracts against longevity toxicity of the insecticides 'Profenofos' on *Drosophila melanogaster*. *Drosophila Information Service*, 102: 8-14.
- Uysal, H., Şişman, T. ve Aşkın, H. 2006. *Drosophila* Biyolojisi ve Çaprazlama Yöntemleri. Erzurum, Türkiye, Atatürk Üniversitesi Yayınları, 53 pp. ISBN:975-442-111-0.
- Uysal, H., Unver, S., and Kizilet, H. 2015. The effects of neonicotinoids on the longevity of the male and female populations of *Drosophila melanogaster*. *Ekoloji Dergisi*, 24(96).
- Varjani, S., Rakholiya, P., Ng, H. Y., You, S., and Teixeira, J. A. 2020. Microbial degradation of dyes: An overview. *Bioresource Technology*, 123728.
- Vogel, E. W., and Nivard, M. J. 1993. Performance of 181 chemicals in a *Drosophila* assay predominantly monitoring interchromosomal mitotic recombination. *Mutagenesis*, 8(1), 57-81.
- Wang, C., Yediler, A., Lienert, D., Wang, Z., and Kettrup, A. 2002. Toxicity evaluation of reactive dyestuffs, auxiliaries and selected effluents in textile finishing industry to luminescent bacteria *Vibrio fischeri*. *Chemosphere*, 46(2), 339-344.
- Wayne, S. J., Rhyne, R. L., Garry, P. J., and Goodwin, J. S. 1990. Cell-mediated immunity as a predictor of morbidity and mortality in subjects over 60. *Journal of Gerontology*, 45(2), M45-M48.
- Weisbrot, D., Lin, H., Ye, L., Blank, M., and Goodman, R. 2003. Effects of mobile phone radiation on reproduction and development in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Cellular Biochemistry*, 89(1), 48-55.
- Weisburger, J. H. 2002. Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 506, 9-20.

- Wells, M. J. M., Rossano, A. J., and Roberts, E. C. 1994. Textile wastewater effluent toxicity identification evaluation. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 27(4), 555-560.
- Yoon, J. S., Gagen, K. P., and Zhu, D. L. 1990. Longevity of 68 species of *Drosophila*. *The Ohio Journal of Science*. 90(1), 16-32.
- Zhou, Q., Xu, J., and Cheng, Y. 2004. Inhibitory effects of reactive X-3B red dye (RRD) on iron uptake by three crops. *Plant and Soil*, 261(1), 155-162.
- Zollinger, H. 2003. *Color chemistry: Syntheses, properties, and applications of organic dyes and pigments*. John Wiley and Sons, (1-3).
- Zuskin, E., Mustajbegovic, J., Schachter, E. N., and Doko- Jelinic, J. 1997. Respiratory function of textile workers employed in dyeing cotton and wool fibers. *American Journal of Industrial Medicine*, 31(3), 344-352.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Emine ÖZTÜRK
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Oltu Lisesi
Lisans:	Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Tezden Üretilmiş Yayınlar	