

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

BAZI KİŞİSEL BAKIM ÜRÜNLERİNDE KULLANILAN  
KİMYASALLARIN *Isochrysis galbana* VE *Tetraselmis* sp.  
TAKSONLARININ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

MERVE KORAL

KOCAELİ 2024

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİ**  
**ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**BAZI KİŞİSEL BAKIM ÜRÜNLERİNDE KULLANILAN**  
**KİMYASALLARIN *Isochrysis galbana* VE *Tetraselmis* sp.**  
**TAKSONLARININ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**MERVE KORAL**

**Prof.Dr. Halim Aytekin ERGÜL** .....  
**Danışman, Kocaeli Üniversitesi**

**Prof.Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK** .....  
**Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi**

**Prof.Dr. Özlem AKSOY** .....  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi**

**Prof.Dr. Burak ÖTERLER** .....  
**Jüri Üyesi, Trakya Üniversitesi**

**Prof.Dr. Fazıl ÖZEN** .....  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 13.06.2024**

## ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
  - Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
  - Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
  - Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı, beyan ederim.
- ☐ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.
  - ☒ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler ÇEVŞİS ARGE tarafından maddi destek alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Merve Koral

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki makale, kitap, tebliğ, lisans, patent gibi çalışmalarda kullanımı, danışmanımın isim hakkı saklı kalmak koşuluyla ve her iki tarafın bilgisi dâhilinde bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Merve Koral

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bazı kişisel bakım ürünlerinde kullanılan kimyasalların, deniz ekosisteminin ilk üreticileri ve deniz ürünleri yetiştiriciliğinde besin hammaddesi olarak kullanılan *Isochrysis galbana* ve *Tetraselmis* sp. taksonlarının gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışma ve doktora öğrenimim boyunca akademik tecrübesi, bilgi birikimi ile yol gösterici olan tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Halim Aytekin ERGÜL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca bilgisi ve tecrübesi ile destek olan, değerli katkıları, öneri ve eleştirileri için değerli hocam Sayın Prof. Dr. Özlem AKSOY'a ve Sayın Prof. Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim boyunca aldığım dersler aracılığıyla, eğitimime katkıda bulunan Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünün tüm öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarında bilgi paylaşımında bulunarak yol gösteren Arş. Gör. Serdar AKSAN'a ve Hidrobiyoloji Araştırma Laboratuvarı doktora öğrencisi Mert KAYA'ya teşekkür ederim.

Kimyasal temini ve malzeme desteği için ÇEVİSİS ARGE'ye teşekkür ederim.

İş hayatımda tüm doktora öğrenimim boyunca gösterdiği anlayış ve destekten dolayı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kültür ve Sosyal İşler Dairesi Başkanlığı, Müzeler Şube Müdürü Dr. Kemal Taha HÜLAGÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda bulunan ve aldığım tüm kararlarda beni destekleyen canım aileme ve tüm fedakarlıkları için eşime minnettarlıkla teşekkür ederim.

Haziran-2024

Merve KORAL

## İÇİNDEKİLER

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ .....                          | i   |
| YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI .....                           | ii  |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....                                              | iii |
| İÇİNDEKİLER.....                                                    | iv  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                               | v   |
| TABLolar DİZİNİ.....                                                | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                | ix  |
| ÖZET .....                                                          | xi  |
| ABSTRACT .....                                                      | xii |
| 1. GİRİŞ.....                                                       | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                              | 3   |
| 2.1. Kişisel Bakım Ürünü.....                                       | 3   |
| 2.2. Kişisel Bakım Ürün Grupları.....                               | 4   |
| 2.2.1. Dezenfektan, Antiseptik, Antimikrobiyal Ajanlar ve Böcek     |     |
| Kovucular .....                                                     | 5   |
| 2.2.2. Kokular .....                                                | 5   |
| 2.2.3. Koruyucular .....                                            | 5   |
| 2.2.4. UV Filtreler.....                                            | 5   |
| 2.3. Kişisel Bakım Ürünlerinin Ekosisteme Girişi .....              | 6   |
| 2.4. Kişisel Bakım Ürünlerinin Çevresel ve Biyolojik Etkileri ..... | 8   |
| 3. MATERYAL VE METOT .....                                          | 15  |
| 3.1. Materyal.....                                                  | 15  |
| 3.1.1. <i>Isochrysis galbana</i> .....                              | 15  |
| 3.1.2. <i>Tetraselmis</i> sp. ....                                  | 15  |
| 3.2. Metot.....                                                     | 18  |
| 4. BULGULAR .....                                                   | 20  |
| 4.1. Hücre Sayısı Bulguları.....                                    | 20  |
| 4.2. Optik Yoğunluk Bulguları .....                                 | 36  |
| 4.3. Fotosentetik Pigment Bulguları .....                           | 49  |
| 4.4. İnhibisyon Bulguları .....                                     | 66  |
| 5. TARTIŞMA.....                                                    | 68  |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....                                           | 79  |
| KAYNAKLAR.....                                                      | 80  |
| EKLER .....                                                         | 92  |
| KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....                                       | 100 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                       | 102 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|             |                                                                                                                                                                           |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1.  | Kişisel bakım ürünlerinin kaynağı ve döngüsü .....                                                                                                                        | 6  |
| Şekil 2.2.  | Bazı kişisel bakım ürünlerinin çevrede tespit edildiğini bildiren<br>ülkeler ve rapor sayısı.....                                                                         | 8  |
| Şekil 3.1.  | <i>Isochrysis galbana</i> .....                                                                                                                                           | 15 |
| Şekil 3.2.  | <i>Tetraselmis</i> sp.....                                                                                                                                                | 16 |
| Şekil 3.3.  | Fitoplankton kültürü iklimlendirme ortamı .....                                                                                                                           | 18 |
| Şekil 4.1.  | Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının <i>I. galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                    | 20 |
| Şekil 4.2.  | Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                               | 21 |
| Şekil 4.3.  | Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının <i>I. galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında zamana bağlı değişimler .....                                                | 21 |
| Şekil 4.4.  | Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                | 22 |
| Şekil 4.5.  | Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                           | 23 |
| Şekil 4.6.  | Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                              | 23 |
| Şekil 4.7.  | Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının <i>I. galbana</i> kültürünün<br>hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                                    | 24 |
| Şekil 4.8.  | Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                | 25 |
| Şekil 4.9.  | Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                             | 26 |
| Şekil 4.10. | Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                | 26 |
| Şekil 4.11. | Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                            | 27 |
| Şekil 4.12. | Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                               | 27 |
| Şekil 4.13. | Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                            | 28 |
| Şekil 4.14. | Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                               | 29 |
| Şekil 4.15. | Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                            | 30 |
| Şekil 4.16. | Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                               | 30 |
| Şekil 4.17. | Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                            | 31 |
| Şekil 4.18. | Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                               | 32 |
| Şekil 4.19. | Farklı konsantrasyonlarda Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i><br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler..... | 32 |
| Şekil 4.20. | Farklı konsantrasyonlarda Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> uygulamalarının <i>Tetraselmis</i> sp.<br>kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....    | 33 |

|             |                                                                                                                                                                                              |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.21. | Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i> kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                                  | 34 |
| Şekil 4.22. | Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulamalarının <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                                     | 35 |
| Şekil 4.23. | Farklı konsantrasyonlarda TiO <sub>2</sub> uygulamalarının <i>Isochrysis galbana</i> kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                     | 35 |
| Şekil 4.24. | Farklı konsantrasyonlarda TiO <sub>2</sub> uygulamalarının <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler.....                                        | 36 |
| Şekil 4.25. | Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                            | 37 |
| Şekil 4.26. | Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                             | 38 |
| Şekil 4.27. | Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                            | 39 |
| Şekil 4.28. | Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                           | 40 |
| Şekil 4.29. | Farklı konsantrasyonlarda Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler ..... | 41 |
| Şekil 4.30. | Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                            | 42 |
| Şekil 4.31. | Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                            | 43 |
| Şekil 4.32. | Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                             | 44 |
| Şekil 4.33. | Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                            | 45 |
| Şekil 4.34. | Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                             | 46 |
| Şekil 4.35. | Farklı konsantrasyonlarda TiO <sub>2</sub> uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....               | 47 |
| Şekil 4.36. | Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının <i>I. galbana</i> ve <i>Tetraselmis sp.</i> kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler .....                            | 48 |



## TABLolar DİZİNİ

|             |                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 2.1.  | Kişisel bakım ürünlerinin kullanım alanları .....                                                                                                                                                       | 4  |
| Tablo 2.2.  | Su kitlelerinde ölçülmüş kişisel bakım ürünleri miktarı .....                                                                                                                                           | 7  |
| Tablo 3.1.  | f/2 besin ortamının içeriği .....                                                                                                                                                                       | 17 |
| Tablo 4.1.  | Farklı konsantrasyonlarda CA uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                           | 49 |
| Tablo 4.2.  | Farklı konsantrasyonlarda CA uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                      | 50 |
| Tablo 4.3.  | Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                          | 51 |
| Tablo 4.4.  | Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                     | 51 |
| Tablo 4.5.  | Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                          | 52 |
| Tablo 4.6.  | Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimleri .....                  | 53 |
| Tablo 4.7.  | Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                         | 53 |
| Tablo 4.8.  | Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                    | 54 |
| Tablo 4.9.  | Farklı konsantrasyonlarda $\text{Fe}_2\text{O}_3$ uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....      | 55 |
| Tablo 4.10. | Farklı konsantrasyonlarda $\text{Fe}_2\text{O}_3$ uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi ..... | 56 |
| Tablo 4.11. | Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                          | 56 |
| Tablo 4.12. | Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                     | 57 |
| Tablo 4.13. | Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                          | 58 |
| Tablo 4.14. | Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                     | 58 |

|             |                                                                                                                                                                                                |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 4.15. | Farklı konsantrasyonlarda OC uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                  | 59 |
| Tablo 4.16. | Farklı konsantrasyonlarda OC uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....             | 60 |
| Tablo 4.17. | Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                 | 61 |
| Tablo 4.18. | Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....            | 61 |
| Tablo 4.19. | Farklı konsantrasyonlarda SB uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....                  | 62 |
| Tablo 4.20. | Farklı konsantrasyonlarda SB uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....             | 63 |
| Tablo 4.21. | Farklı konsantrasyonlarda $\text{TiO}_2$ uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....      | 64 |
| Tablo 4.22. | Farklı konsantrasyonlarda $\text{TiO}_2$ uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi ..... | 64 |
| Tablo 4.23. | Farklı konsantrasyonlarda $\text{ZnO}$ uygulanan <i>I. galbana</i> kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....        | 65 |
| Tablo 4.24. | Farklı konsantrasyonlarda $\text{ZnO}$ uygulanan <i>Tetraselmis</i> sp. kültüründe klorofil- <i>a</i> ve klorofil- <i>b</i> derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi .....   | 66 |
| Tablo 4.25. | $\text{IC}_{50}$ değerleri .....                                                                                                                                                               | 67 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| >   | : Büyük                 |
| rpm | : Dakikada devir sayısı |
| g   | : Gram                  |
| lux | : Işık şiddeti          |
| kg  | : Kilogram              |
| <   | : Küçük                 |
| L   | : Litre                 |
| M   | : Molar                 |
| µL  | : Mikrolitre            |
| µg  | : Mikrogram             |
| µm  | : Mikrometre            |
| mg  | : Miligram              |
| mL  | : Mililitre             |
| ng  | : Nanogram              |
| nm  | : Nanometre             |
| °C  | : Santigrat derece      |
| cm  | : Santimetre            |
| %   | : Yüzde                 |

## Kısaltmalar

|                                |                                                                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| AB                             | : Avrupa Birliği                                                                     |
| ABD                            | : Amerika Birleşik Devletleri                                                        |
| BP-4                           | : Benzofenon-4                                                                       |
| CA                             | : Kafein                                                                             |
| CuO                            | : Bakır (II) oksit                                                                   |
| DNA                            | : Deoksiribonükleik asit                                                             |
| EC <sub>50</sub>               | : Etkili Konsantrasyon 50                                                            |
| EHMC                           | : Etilheksil Metasisinemat                                                           |
| FDA                            | : Food and Drug Administration<br>(Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi) |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | : Demir (III) oksit                                                                  |
| H <sub>2</sub> O               | : Su                                                                                 |
| HCl                            | : Hidroklorür                                                                        |
| IC <sub>50</sub>               | : İnhibisyon Konsantrasyonu 50                                                       |
| LC <sub>50</sub>               | : Letal Konsantrasyon 50                                                             |
| LD <sub>50</sub>               | : Letal Doz 50                                                                       |
| LOD                            | : Limit of Detection (Tespit Sınırı)                                                 |
| LT <sub>50</sub>               | : Letal Zaman 50                                                                     |
| MEP                            | : Metilparaben                                                                       |
| MIT                            | : Metilizotiazolinon                                                                 |
| MÖ                             | : Milattan Önce                                                                      |
| NaCl                           | : Sodyum klorür                                                                      |
| OC                             | : Oktokrilen                                                                         |
| OECD                           | : The Organisation for Economic Co-operation and Development                         |

|                  |                                         |
|------------------|-----------------------------------------|
|                  | (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) |
| OMC              | : Etilheksil metoksisinnamat            |
| PCPs             | : Kişisel bakım ürünü                   |
| SB               | : Sodyum benzoat                        |
| TCS              | : Triklosan                             |
| TiO <sub>2</sub> | : Titanyum dioksit                      |
| UV               | : Ultraviyole                           |
| ZnO              | : Çinko oksit                           |



# BAZI KİŞİSEL BAKIM ÜRÜNLERİNDE KULLANILAN KİMYASALLARIN *Isochrysis galbana* VE *Tetraselmis* sp. TAKSONLARININ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

## ÖZET

Bazı kişisel bakım ürünleri atık su arıtma tesislerinde tamamen giderilemeden ortama deşarj edilmektedir. Diş macunu, dezenfektanlar, kremler, sabunlar, şampuanlar, kozmetik ürünler gibi günlük hayatta yaygın olarak kullanılan kişisel bakım ürünlerinde bulunan bileşikler, atık sudaki insan kaynaklı indikatörlerdir. Bu çalışma, bazı kişisel bakım ürünlerinde kullanılan kimyasalların farklı konsantrasyonlarının laboratuvar koşulları altında iki deniz fitoplanktonu *Isochrysis galbana* ve *Tetraselmis* sp. büyümesi üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Fitoplankton kültürleri 20°C'da ve 14/10 saatlik gündüz/gece periyodunda farklı derişimlerde bazı kişisel ürünlerine maruz bırakıldı. Bu kişisel bakım ürünleri; çinko oksit (ZnO), bakır (II) oksit (CuO), demir (III) oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>), metilparaben (MEP), metilizotiazolinon (MIT), sodyum benzoat (SB), triklosan (TCS), kafein (CA), benzofenon-4 (BP-4), oktokrilen (OC), etilheksil metoksisinamatır (OMC). Her grubun 96 saat boyunca kültürdeki hücre sayıları, optik yoğunlukları ve klorofil pigment derişimi belirlendi. Sonuçlar her iki fitoplankton türü için kontrol gruplarıyla karşılaştırıldı. *Isochrysis galbana* türünde en düşük IC<sub>50</sub> değeri 0,81 mg/L ile bakır (II) oksit uygulamasında gözlemlenirken, *Tetraselmis* sp. ise en düşük IC<sub>50</sub> değeri 10,3 mg/L ile çinko oksit uygulamasında gözlemlendi. *Isochrysis galbana* türünde en yüksek IC<sub>50</sub> değeri 1127 mg/L ile oktokrilen uygulamasında gözlemlenirken, *Tetraselmis* sp.'de ise en yüksek IC<sub>50</sub> değeri 3514 mg/L ile sodyum benzoat uygulamasında gözlemlendi. Bu tez çalışması nanopartiküllerin de yer aldığı kullanımı giderek yaygınlaşmakta olan ve ekosistemin kirletici yükünü artırma potansiyeline sahip kimyasalların fitoplankton üzerine olan etkilerini konu eden ilk çalışmalardan biridir. Bu nedenle kişisel bakım ürünlerinin fitoplankton üzerindeki inhibisyon mekanizmalarını irdeleyen daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Elde edilen verilerin, deniz kirliliğinin önlenmesi ve atık suları sucul ekosistemlere ve özellikle denize deşarj eden ileri atıksu arıtma tesislerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fitoplankton, *Isochrysis galbana*, Kişisel Bakım Ürünleri, Nanopartiküller, *Tetraselmis* sp.

## IMPACT OF CHEMICALS USED IN SOME PERSONEL CARE PRODUCTS ON THE GROWTH OF *Isochrysis galbana* AND *Tetraselmis* sp. TAXONS

### ABSTRACT

Some personal care products are discharged into the environment without being completely eliminated in wastewater treatment plants. Personal care products commonly used in daily life, such as toothpaste, disinfectants, creams, soaps, shampoos, and cosmetic products, are anthropogenic indicators in wastewater. This study aims to investigate the effects of varying concentrations of some personal care products on two marine phytoplankton, *Isochrysis galbana* and *Tetraselmis* sp., under laboratory conditions. Phytoplankton cultures were exposed to some personal care products at varying concentrations at 20°C and during a 14-10 hour day-night period. These personal care products; zinc oxide (ZnO), copper (II) oxide (CuO), iron (III) oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>), methylparaben (MEP), methylisothiazolinone (MIT), sodium benzoate (SB), triclosan (TCS), caffeine (CA), benzophenone-4 (BP-4), octocrylene (OC), ethylhexyl metacinate (OMC). Cell numbers, optical densities and chlorophyll pigment concentrations of the cultures were determined for each group for 96 hours. The results were compared with control groups for both phytoplankton. The lowest IC<sub>50</sub> values for *Isochrysis galbana* and *Tetraselmis* sp. were observed with copper (II) oxide at 0.81 mg/L and zinc oxide at 10.3 mg/L. The highest IC<sub>50</sub> value for *Isochrysis galbana* was observed with octocrylene at 1127 mg/L, while for *Tetraselmis* sp., it was observed with sodium benzoate at 3514 mg/L. This thesis is one of the first studies on the impacts of chemicals, including nanoparticles on phytoplankton. The use of chemicals is becoming increasingly prevalent with the potential to significantly elevate the pollutant load within ecosystems. Therefore, further research is needed to elucidate the inhibition mechanisms of personal care products on phytoplankton. The data obtained can be used for future evaluation to prevent marine pollution and improve advanced wastewater treatment plants that discharge wastewater into marine systems.

**Keywords:** Phytoplankton, *Isochrysis galbana*, Personal Care Products, Nanoparticles, *Tetraselmis* sp.

## 1. GİRİŞ

Belirli şartlar altında, çok düşük derişimlerde su canlılarına zararlı etkisi olabilen, insan faaliyetleri sonucu çevreye karışan maddelere “özel su kirleticileri” ya da “kalıcı kirleticiler” ya da “mikrokirleticiler” denilmektedir. Son dönemde gelişen teknoloji hem canlı yaşamını hem de ekosistem dengesini etkileyebilecek yeni kirletici maddeler ortaya çıkmasına neden olmuştur. Gelişen teknoloji aynı zamanda çevremizde bulunan çeşitli su ekosistemlerinde özel su kirleticilerinin düşük limitlerde ölçülebilmesini sağlamıştır. Bu tip kirleticilerle ilgili denetleme hususlarında yönetmeliklerde henüz yer verilmediği için “görünür hale gelen” veya “yeni ortaya çıkan kirleticiler” olarak kategorileştirilmiştir. Bu grubun bir kısmı da kişisel bakım ürünleri içeriklerinde yer alan ZNO, CuO, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi nanopartiküllerdir.

Kişisel bakım ürünleri sabunlar, losyonlar, diş macunları, kokular, güneş kremleri gibi her türlü kozmetik üründe kullanılan çeşitli bileşikler grubudur. Kişisel bakım ürünleri insan vücudunda harici kullanım için tasarlanmış ürünlerdir ve dolayısıyla metabolik değişikliklere maruz kalmazlar. Bu nedenle, yüksek miktarları düzenli kullanımla değişmeden çevreye girmektedir (Brausch ve Rand, 2011). Kişisel bakım ürünü içeriklerinde kullanılan nanopartiküller tekstil, tıp, biyomedikal, tarım, endüstri, elektronik, su arıtma teknolojisi gibi çeşitli çevresel alanlarda kullanılmaktadır (Qian ve diğ., 2020; Devasena ve diğ., 2022). Bu ürünler su ortamlarında uygun bertaraf ve kentsel atık su arıtma / ileri arıtma sistemlerinin yetersizliği nedeniyle dünya genelinde su kitlesinde en yaygın tespit edilen bileşikler arasındadır (Brausch ve Rand, 2011).

Kişisel bakım ürünlerinin çevreye girdiği farklı yollar vardır. Kişisel bakım ürünleri el yüz yıkama, duş alma gibi aktivitelerden sonra evlerden kanalizasyon sistemlerine girer ve sonunda doğrudan su ekosistemlerine deşarj edilir ya da atık su arıtma tesisine girer. Araştırma sonuçları, birçok kimyasalın atıksu arıtımı sırasında bozunmaya karşı dirençli olduğu ve atıksu arıtma tesislerinden arıtılmış atık su ile çevreye deşarj edildiği göstermektedir. (Ternes,1998; Golet ve diğ., 2001).

Kozmetik, farmasötik veya gıda endüstrilerinde kullanılan antimikrobiyal dezenfektanlar ve paraben koruyucuları gibi çok sayıda kimyasal, özellikle suda yaşayan organizmalarda endokrin bozucu etkilerinden dolayı endişe yaratmaktadır (Diaz-Cruz ve Barcelo, 2015).

Bu kimyasalların günlük hayatta sık kullanımı ve çevrede belirli derişimde tespit edilmesi çevresel bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır, çünkü bunlar kalıcı bileşikler olarak davranabilmektedir. (Daughton ve Ternes, 1999; Kar ve diğ., 2020). Nanopartiküllerin ise su ortamında biyotik ve abiyotik bileşenlerle etkileşimleri, suda yaşayan canlılara potansiyel etkileri tam olarak bilinmemektedir (Scown ve diğ., 2010; Delay ve Frimmel, 2012). Bu belirsizlikler insan ve çevre sağlığına yönelik endişelere yol açmaktadır. Bu tür kimyasalların ekotoksikolojisi hakkında açık literatürde sınırlı bilgi bulunmaktadır, dolayısıyla ekosistemin farklı bileşenleri üzerindeki etkileri ile ilgili verilere ihtiyaç vardır.

Deniz ekosisteminin en önemli bileşenlerini fitoplanktonik organizmalardır. Çoğunluğu tek hücreli olan bu organizmalar, okyanus ve denizlerde birincil üreticiler olarak besin zincirinin ilk halkasını oluşturmak olup sistemdeki enerji döngüsünü ve verimliliği doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple, deniz ekosistemleri ile ilgili biyolojik araştırmaların temelini oluşturmaktadır. Fitoplanktonik organizmalarda meydana gelen herhangi bir değişiklik besin piramidinde fitoplanktondan sonra gelen zooplankton ve balık topluluklarına, ve dolayısıyla insana kadar ulaşmaktadır. Deniz ortamında meydana gelen değişimler ilk olarak fitoplanktonu kalitatif ve kantitatif olarak etkilemektedir.

Bu doktora tezinde deniz ekosistemine bulaşan ve bazı kişisel bakım ürünleri içerisinde bulunan 1) çinko oksit (ZnO), demir (III) oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), bakır (II) oksit (CuO), titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) nanopartiküllerinin, 2) koruyucu olarak kullanılan metil paraben (MEP), metilizotiazolinon (MIT), sodyum benzoatın (SB), 3) bir dezenfektan olan triklosanın (TCS), 4) kafeinin (CA), 5) UV filtreleme amacıyla kullanılan benzofenon-4 (BP-4), oktokrilen (OC), etilheksil metoksisinamatın (OMC) farklı konsantrasyonlarının, iki farklı deniz fitoplanktonu *Isochrysis galbana* ve *Tetraselmis* sp. taksonunun hücre büyümesi ve fotosentetik pigmentler olan klorofil-*a* ve klorofil-*b* üzerine etkileri laboratuvar koşullarında araştırılması amaçlanmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kişisel Bakım Ürünü

“Kişisel bakım ürünü” teriminin henüz ortak kabul gören bir tanımı bulunmamaktadır. Avrupa’da kozmetik (cosmetic) olarak isimlendirilirken, Amerika Birleşik Devletleri’nde kozmetik ve ilaç grubundaki (personel care product and pharmaceutical) tüm ürünleri de kapsamaktadır. Dolayısıyla “kişisel bakım ürünü” sağlık ve kozmetik kategorisinde bulunmasından dolayı reçeteli veya reçetesiz kişisel hijyen, temizlik, bakım ve kozmetikte kullanılan ürünler olarak tanımlanabilir (Khalid ve diğ., 2021). Bu ürünler arasında sabun, losyon, diş macunu, parfüm, güneş kremi, dezenfektan, makyaj ürünleri, saç bakım ürünleri vb. yer almaktadır. Bu ürünler insanlar tarafından günlük hayatta sıklıkla kullanılmaktadır.

Kozmetik, “kosmetikos” kelimesinden türetilmiş olup, “süsleme ile ilgili olan” anlamına gelmektedir. MÖ. 4000 yıllarından itibaren kozmetik amaçlı ürünlerin kullanıldığı bilinmektedir. Güneşten korunmak, izleri kapatmak, kötü kokuların yayılmasını engellemek, başkalarına güzel görünmek amacıyla genellikle bitkilerden elde edilen yağlar ve boyalar kozmetik amaçlı uygulanmıştır. Yirminci yüzyılın sonlarında kimya alanındaki gelişmelerle yeni hammadde ürünlerinin keşfedilmesi, ayrıca bu dönemde sahne sanatlarının gelişmesiyle makyaj ürünlerinin kullanımı dikkat çekmeye başlamıştır. Tarih boyunca ekonomik, kültürel ve sosyal gelişmeler ile kişisel bakım malzemeleri tüketimine karşı istek ve ihtiyaç artarak devam etmiştir (Çomoğlu, 2012; Sungur ve diğ., 2018). Küresel pazarda kişisel bakım ürünlerinin endüstrisi 2021 yılında 79,5 milyar doları bulurken, bu oranın 2030 yılında 937,1 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Ainapure, 2023). Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve İngiltere en büyük kişisel bakım ürünleri tüketicileridir (Collins ve diğ., 2023).

Günümüzde bazı bölgelerde değişiklik göstermekle birlikte bir kadın günlük ortalama 168 kimyasal içeren 12 farklı kişisel bakım ürünü ve bir erkek 85 kimyasal içeren kişisel bakım ürünü kullanmaktadır (Collins ve diğ., 2023). Tüketilen bu kişisel bakım ürünlerinde yaklaşık 13.000 kimyasal madde bulunmakta olup, bunların sadece %20’sinin güvenli olduğu belirtilmiştir (Malik ve Claoue, 2012). Kanseri, mutasyon, üreme ve gelişimsel zararlarla ilgili endişeler nedeniyle Avrupa Birliği 1328 kişisel bakım

ürünü kimyasallarının kullanımına kısıtlama getirirken, Amerika’da FDA 11 kimyasalı kısıtlamıştır (Collins ve diğ., 2023).

## 2.2. Kişisel Bakım Ürün Grupları

Kişisel bakım ürünleri kullanım alanlarına göre temel olarak beş gruba ayrılabilir. Bu gruplar dezenfektan, antiseptik, antimikrobiyal ajanlar ve böcek kovucular, kokular, koruyucular, UV filtreleri ve endokrin bozuculardır. Bu kimyasalların kullanım alanları Tablo 2.1.’de belirtilmiştir.

Tablo 2.1.Kişisel bakım ürünlerinin kullanım alanları

| Kişisel Bakım Ürünleri                               | Kimyasallar                                                                                                                                                                                                                 | Kullanım alanı                                                                                                                                                                                                                                                   | Referanslar                                                                                                       |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Antimikrobiyaller, dezenfektanlar ve böcek kovucular | Triklorokarban, triklosan, 1,4-diklorobenzen, triklosan, glikol eter, 2-metoksietanol (ME), kloroksilenol, 2-etoksietanol (EE), ortofenilfenol, 2-izopropoksietanol (IPE), MIT, 2-butoksietanol (BE), etanolaminler, boraks | Diş macunu, deterjanlar, temizleyiciler, deodorantlar, sabunlar, cila, ağda, tıraş kremleri, güneş kremi, şampuanlar, yüz losyonları                                                                                                                             | Allmyr ve diğ., 2006; Dodson ve diğ., 2012; Berger ve diğ., 2019                                                  |
|                                                      | N,N-dietil-m-toluamid (DEET), etil bütül-asetilamino propiyonat, pikaridin, bayrepel, piperonil bütoksit                                                                                                                    | Spreyler, losyonlar, kremler                                                                                                                                                                                                                                     | Hopkins ve Blaney, 2016; Patel ve diğ., 2016; Montes-Grajales ve diğ., 2017                                       |
| Kokular                                              | Selestolid, galaksolid, toksalid, fantolid, kaşmeran, linalool, terpinolen.                                                                                                                                                 | Oda spreyleri, vücut kremleri, deodorantlar, temizleyiciler, deterjanlar, yumuşatıcılar, yüz temizleyici, losyon, sabunlar, güneş kremi                                                                                                                          | Comiskey ve diğ., 2015; Abedi ve diğ., 2018                                                                       |
| Endokrin bozucular                                   | Ftalatlar, bisfenoller                                                                                                                                                                                                      | Deodorantlar, terlemeyi önleyiciler, bebek bezi kremleri, bebek yağları, kozmetikler, vücut losyonları, vücut kremleri, saç spreyleri, saç jöleleri, şampuanlar, oje, cilt temizleyici, güneş kremi, sabunlar, saç kremleri, deterjanlar, ojeler, tıraş kremleri | Dodson ve diğ., 2012; Macczak ve diğ., 2017; Hammel ve diğ., 2019; Faheem ve Bhandari, 2021; Pagoni ve diğ., 2022 |
| Koruyucular                                          | Parabenler (metil paraben), alkoller, aldehytler, benzalkonyum klorür, izotiazolinon (metilizotiazolinon)                                                                                                                   | Fondöten, maskara, güneş kremi, kozmetik, allık, şampuanlar, duş jelleri, peelingler, saç kremleri, temizlik ürünü                                                                                                                                               | Abad-Gil ve diğ., 2021; Nowak ve diğ., 2021                                                                       |
| UV filtreleri                                        | Benzofenon (BP), para amino-benzoik asit, benzil salisilat, oktil-salisilat, etil heksil salisilat, homosalat, oktil metoksisinamat, çinko oksit, bakır (II) oksit, titanyum dioksit, demir (III) oksit, oktokrilen         | Güneş koruyucu losyonlar, yüz kremleri                                                                                                                                                                                                                           | Ding ve diğ., 2018; Herzog ve diğ., 2019; Li ve diğ., 2020                                                        |

### **2.2.1. Dezenfektan, Antiseptik, Antimikrobiyal Ajanlar ve Böcek Kovucular**

COVID-19 salgının ardından dezenfektan ürünlerinin küresel kullanımı artış göstermektedir. Sadece Wuhan (Çin) kentinde en az 2000 ton dezenfektan dağıtıldığı tahmin edilmektedir (Subpiramanyam, 2012). Noniyonik ve geniş spektrumlu bir antimikrobiyal kimyasal olan triklosan ve triklokarban, sabunlarda, yüz kremlerinde, deterjanlarda, diş macunlarında, deodorantlarda ve şampuanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Diaz Cruz ve Barcelo, 2015).

### **2.2.2. Kokular**

Özellikle parfümeri, sabun, deterjan, banyo ürünlerinde kokular kullanılmaktadır. Yüzlerce farklı içerikte (örneğin; alkol, aldehit, keton, aminler, esterler, hidrokarbonlar, sülfürler) olan kokular arasında en yaygın kullanılan kokular asetofenon, kafur, etil sitrat ve sentetik misklerdir. Sentetik miskler, düşük çözünürlükleri nedeniyle en sık araştırılan kişisel bakım ürünleri arasındadır. Uzun süre kalıcılıkları, yüksek oktanol-su dağılım katsayıları ile güçlü biyolojik birikme eğilimleri vardır (Ziylan Yavas ve diğ., 2022)

### **2.2.3. Koruyucular**

Kişisel bakım ürünleri, farmasötik ürünler ve gıdada en yaygın olarak kullanılan koruyucu grubu parabenlerdir. Genellikle ürünlerin raf ömrünün uzatılması ve mikrobiyolojik çoğalmanın engellenmesi amacıyla koruyucular kullanılmaktadır. Farklı oranlarda alkil veya aril grupları (benzil, bütül, etil, metil, izobütül, izopropil, propil) içeren parabenlerin alkil grubu ne kadar yüksekse koruyucu etkileri de o kadar yüksek olduğu rapor edilmiştir (Ziylan Yavas ve diğ., 2022).

### **2.2.4. UV Filtreler**

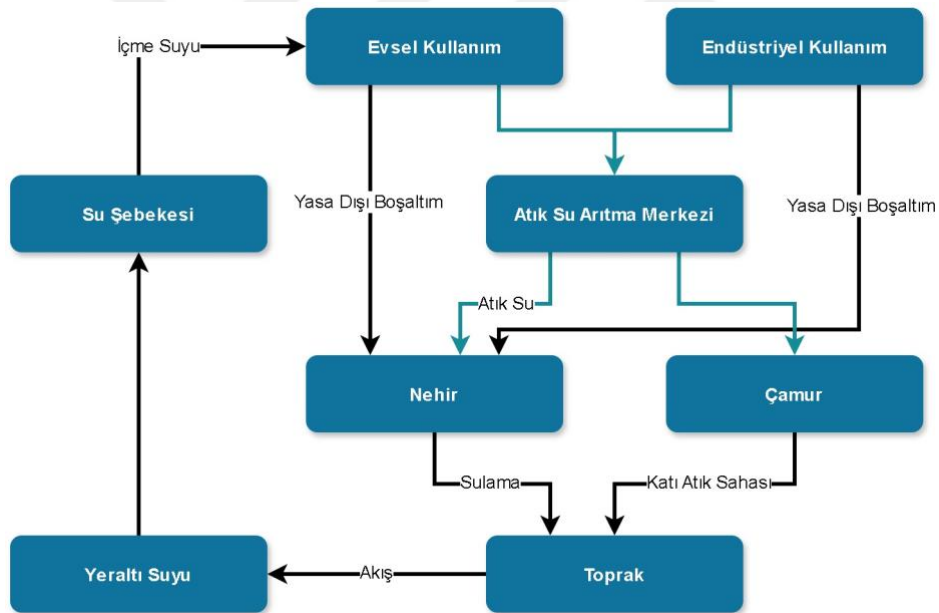
UV filtreler, cildi UV radyasyondan koruyan bileşiklerdir. Güneş koruyucu olarak UV ışınlarının nüfuzunu önleyen veya azaltan, kimyasal ve fiziksel filtre görevi gören kimyasallardır. Losyonlar, yüz kremleri, makyaj ürünleri, spreya veya roll-on formundaki güneş kremi içeriklerinde etilheksil metoksisinnamat, benzofenonlar, oktokriken ve çinko oksit, titanyum dioksit gibi bazı nanopartiküller yer almaktadır (Cadena Aizaga ve diğ., 2022).

### 2.2.5. Endokrin bozucular

Endokrin bozucular, hormonların sentezini, metabolizmasını, taşınmasını ve atılımını değiştiren maddelerdir. Şampuan, sabun, parfüm ve makyaj ürünlerinde bulunan fenoller, ftalatlar gibi sentetik ve endüstriyel kimyasallar endokrin bozucu özelliktedir.

### 2.3. Kişisel Bakım Ürünlerinin Ekosisteme Girişi

Genellikle su kaynaklarının etrafında yoğunlaşan insan nüfusu ve faaliyetleri biyokütlenin ve habitatların azalması, kirletici maddelerin tüketimi yoluyla su ortamında değişikliklere sebep olabilir. Denizel ekosistemde ötrofikasyon, biyoçeşitliliğin azalması, kirletici maddelerin biyoabsorpsiyonu ve sucul canlılarda biyobirikimi gibi sorunlar dünya çapında rapor edilmiştir. Ayrıca iklim değişikliği nedeniyle meydana gelen değişiklik bu sorunları arttırabilir.



Şekil 2.1. Kişisel bakım ürünlerinin kaynağı ve döngüsü

Kişisel bakım ürünü kimyasalları ile temasın çoğu cilde nüfuz ederek, kısmen ağız ve soluma yolu ile gerçekleşir (Manayi ve Saeidnia, 2014). Temel olarak insan derisinin dışına uygulanması nedeniyle metabolik değişikliklere uğramadan çevreye ulaşır. Evsel (insan ve hayvanların vücut dışı, banyo, tarımsal kullanım, evsel çöpler) ve endüstriyel kullanım yoluyla atıksu arıtma tesislerine ulaşan kişisel bakım ürünleri kısmen arıtılabilir, fakat bir kısım kimyasallar arıtma tesislerinin yetersizliği nedeniyle doğal sulara

karışmaktadır. Şekil 2.1.'de kişisel bakım ürünlerinin kaynağı ve döngüsü gösterilmiştir. (Montes-Grajales ve diğ., 2017). Bazı kişisel bakım ürünlerinin su kitlelerindeki miktarları Tablo 2.2'de görülmektedir (Brausch ve Rand, 2011; Murakami ve diğ., 2011; van der Ohe ve diğ., 2012; Sanchez-Avila ve diğ., 2013; French ve diğ., 2015; Nag ve diğ., 2018; Olaniyan ve Okoh, 2020).

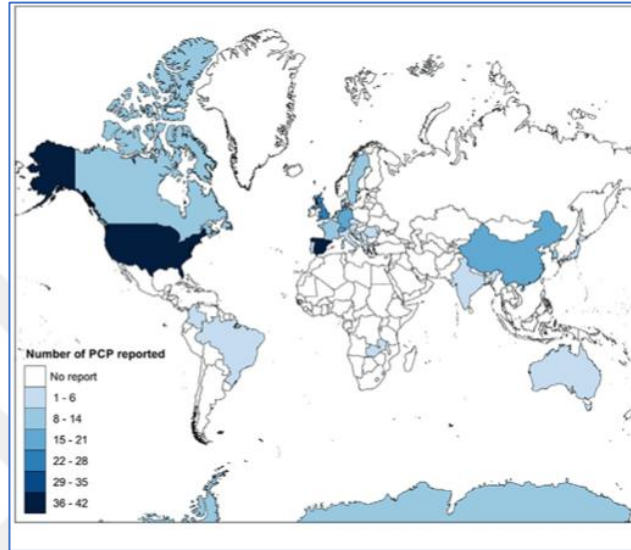
Bazı kişisel bakım ürünlerinde bulunan maddeler atıksu arıtma tesislerinde, göllerde, denizlerde, yeraltı suyunda, içme suyunda, sedimentte ve biyotada tespit edilmiştir (Diaz-Cruz ve Barcelo, 2015).

Tablo 2.2. Su kitlelerinde ölçülmüş kişisel bakım ürünleri miktarı

| Kimyasal           | Sınıfı         | Örnek sayısı | Miktarı (ng/L) | Su kitesi    |
|--------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| Triklosan*         | Dezenfektan    | 710          | <0,1- 2300     | Yüzey suları |
| Triklosan*         | Dezenfektan    | 155          | 13-1100        | Nehir        |
| Triklosan*         | Dezenfektan    | -            | <LOD-8,7       | Deniz suyu   |
| Triklosan*         | Dezenfektan    | -            | 9650           | Nehir        |
| Triklosan*         | Dezenfektan    | -            | 1260           | Nehir        |
| Metiltriklozan     | Dezenfektan    | 4            | 0,5- 74        | Yüzey suları |
| Triklokarban       | Dezenfektan    | 29           | 19- 1425       | Yüzey suları |
| Misk keton         | Koku           | 178          | 4.8- 390       | Yüzey suları |
| Misk ksilen        | Koku           | 93           | 1,1- 180       | Yüzey suları |
| DEET               | Böcek kovucu   | 188          | 13- 660        | Yüzey suları |
| Paraben            | Koruyucu madde | 6            | 15- 400        | Yüzey suları |
| Metilparaben*      | Koruyucu madde | -            | 0,58-3,70      | Nehir        |
| BP3                | UV Filtre      | 18           | 2,5- 175       | Yüzey suları |
| EHMC               | UV Filtre      | 21           | 2,7- 224       | Yüzey suları |
| OC*                | UV Filtre      | 22           | 1,1- 4450      | Yüzey suları |
| OC*                | UV Filtre      | -            | <20-1950       | Deniz suyu   |
| OMC*               | UV Filtre      | -            | <1,6-756       | Deniz suyu   |
| OMC*               | UV Filtre      | -            | 3,84-55.65     | Deniz suyu   |
| TiO <sub>2</sub> * | Nanopartikül   | -            | 1370-6700      | Atık su      |
| TiO <sub>2</sub> * | Nanopartikül   | -            | 277-7610       | Atık su      |
| ZnO*               | Nanopartikül   | -            | 220-740        | Atık su      |
| Kafein*            | Kozmetik       | -            | 110000         | Deniz suyu   |
| Kafein*            | Kozmetik       | -            | 8230           | Deniz suyu   |

\*bu tez çalışmasında kullanılan maddeler

Bazı kişisel bakım ürünleri bileşiklerinin su kitlesinde tespit edildiğini bildiren ülkeler ve rapor sayıları görülmektedir (Montes-Grajales ve diğ., 2017). Antarktika kıtasında bulunmuş olan bu bileşiklerin varlığını en çok bildiren ülkeler 42 bileşik ile İspanya, 36 bileşik ile Amerika Birleşik Devletleri, 22 bileşik ile İngiltere ve 20 bileşik ile Almanya'dır.



Şekil 2.2. Bazı kişisel bakım ürünlerinin çevrede tespit edildiğini bildiren ülkeler ve rapor sayısı

#### 2.4. Kişisel Bakım Ürünlerinin Çevresel ve Biyolojik Etkileri

Kişisel bakım ürünlerinin insan sağlığına yönelik riskler hakkında kısıtlı çalışmalar bazı kimyasalların endişe verici olduğunu ortaya çıkarmıştır (Tato ve Beiras, 2019). Kişisel bakım ürünlerinin insan vücudunda bulunduğu rapor edilmiştir. Örneğin; triklosan idrarda ng/mL düzeyinde (Asimakopoulos ve diğ., 2014) ve yağ, karaciğer, beyin dokusunda ng/g-lipid düzeyinde rapor edilmiştir (Geens ve diğ., 2012). Parabenler idrarda, göğüs dokusunda ve insan sütünde, bazı UV filtrelerin ise idrarda ve anne sütünde tespit edildiği belirlenmiştir (Schlumpf ve diğ., 2010; Geens ve diğ., 2012; Asimakopoulos ve diğ., 2014). Kokuların yağ dokusunda ng/g lipid düzeyinde ve anne sütünde bulunduğu rapor edilmiştir. Bir endokrin bozucu olan bisfenol A, insanlarda meme kanseri, tiroid bozuklukları, erkeklerde hormonal anormalliklere sebep olduğu belirtilmiştir. Bazı kimyasalların mitokondriyal ve DNA hasarına, endokrin bozulmasına, hormonal değişikliklere, kanser, tiroid bozukluklarına, nörolojik bozukluklara, bağışıklık

sistemi bozukluklarına ve doğurganlığı etkileyen olumsuz rahatsızlıklara yol açabileceği rapor edilmiştir Diaz-Cruz ve Barcelo, 2015).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda sucul canlıların kişisel bakım ürünlerine maruz kaldığı bildirilmiştir. Özellikle lipofilik özellikteki bazı kişisel bakım ürünlerinin canlı organizmaların yağ dokusunda birikme eğilimi bulunmaktadır. Çevresel kalıcılıkları, biyoakümülyasyon, biyoaktif, endokrin bozucu özellikleri ile kişisel bakım ürünü ve metabolitlerinin kontaminasyonu sucul ekosistemde endişelere yol açmaktadır.

Triklosan, doğal su sistemlerinde ng/L ölçeğinden atık sularda µg/L ölçeğine kadar değişen derişimde diş macunu, sabunlar, deterjanlar ve cerrahi temizlik tedavileri dahil olmak üzere birçok üründe bulunan antibakteriyel ve antifungal bir maddedir. Toksikolojik açıdan üzerinde en çok çalışılan maddelerden biridir. Kalıcı bir endokrin bozucu olduğu ve farklı sucul ve sucul olmayan organizmalarda biyobirikim yaptığı sonucuna varılmıştır (Pan ve diğ., 2018). Bu bileşik yaygın kullanımda olmasına rağmen, son zamanlarda bazı kısıtlamalar uygulanmıştır. AB’de maksimum yasal konsantrasyon diş macunları ve sabun, duş jeli, makyaj veya deodorant gibi diğ er ürünlerde %0,3 ve gargaralarda %0,2’dir.

Dünya çapında triklosan üretimi 1998 yılında 1500 ton, 2015 yılında 4762 ton ve 2011 yılında 6350 tona ulaşmıştır (Bester, 2005; Weatherly ve Gosse, 2017). 1992-1999 yılları arasında antibakteriyel ürünlerin %70’nin içeriğinde aktif madde olarak triklosan içermektedir (Schweizer, 2001). 1999-2000 yılları arasında sıvı sabunların %75’i, katı sabunların %30’u triklosan içermektedir (Perencevich ve diğ., 2001). 2008-2010 yılları arasında sıvı, jel ve köpük sabunların %93’ünde aktif madde olarak triklosan bulunduğu bildirilmiştir (Malik ve Claoue, 2012). İsveç’te diş macununun %25’inde 2 ton triklosan kullanıldığı ve sabun, deodorant vb. diğ er kişisel bakım ürünlerinin yılda 300 kg triklosan kullanıldığı bildirilmiştir (Adolfsson-Erici ve diğ.,2002).

Triklosanın fitoplankton, bitkiler, eklembacaklılar, yumuşakçalar ve balıklardaki ekotoksikolojik etkileri hakkında yapılan çalışmalarda toksisite gözlemlendiği bildirilmiştir. Triklosanın toksik etkileri, *Oryzias latipes* ve *Danio rerio* balık türlerinde biyokimyasal değişikliklere, endokrin bozulmasına ve embriyonik gelişimde gecikme gözlenmiştir (Dar ve diğ., 2022). Seksen mg/L triklosanın gökkuşağı alabalığı

*Oncorhynchus mykiss*'de denge kaybı, düzensiz yüzme, omurga eğriliği ve hareketsizliğe yol açtığı rapor etmiştir (Orvos ve diğ. 2002).

Balık dokularının benzofenon, triklosan, triklokarban, tonalid, parabenler gibi kirletici kontaminasyonuna maruz kaldığı, balığın karaciğer dokusunda ise kaslardan daha yüksek kirletici biyoakümüasyonu potansiyeli olduğu bildirilmiştir (Jyoti ve Sinha, 2023). Triklosan gibi geniş spektrumlu antimikrobiyal ajanlar plankton, deniz midyeleri, balıklar, solucanlar, suda yaşayan memeliler, amfibi larvaları ve bitkilerde biyoakümüasyon potansiyeline sahiptir. Triklokarbanın zebra balığı gelişiminin erken aşamalarında oksidatif strese, makrofaj düzeylerinde azalmaya ve sitokinlerin transkripsiyon düzeyinde artışına neden olduğu bildirilmiştir. Triklosana akut ve kronik maruz kalan *Oreochromis massambicus* (Mozambik tilapia) balık kasların protein içeriğinin azaldığı, histolojik değişiklikler, kaslarda miyotomların bölünmesi, miyoliz, multifokal dejenerasyon, melano-makrofaj varlığı ve miyotomların ve miyoepitelyumun dejenerasyonu etkilerinin gösterdiği bildirilmiştir (Jyoti ve Sinha, 2023).

Koku bileşiklerinden misk ketonu ve misk ksileninin ilk olarak 1980 yılında Japonya kıyı sularındaki balıklarda tespit edildiği bildirilmiştir (Yamagishi ve diğ., 2016). Akut testlerde misk bileşiklerinin akuatik organizmalarda embriyonik gelişimini, üremeyi, büyümeyi ve gonad gelişimi gibi endokrin sistemi etkilediği tespit edilmiştir (Wang ve diğ., 2021). Tonalid ve galaksolidin biyoakümüasyonunun *Carassius auratus*, *Danio rerio*, *Dreissena polymorpha*, *Ruditapes philippinarum* ve deniz balıklarında oksidatif stres geliştirebileceğini bildirilmiştir (Ehiguese ve diğ., 2020).

Koruyucu maddelerden biri olan parabenlerin zebra balığı larvalarında davranış ve gelişim değişikliklerine neden olduğu rapor edilmiştir. Bir diğer koruyucu madde olan benzalkonyum klorür'ün, gökkuşağı alabalığında genotoksisiteyi, peroksidatif hasarı, oksidatif stresi etkilediği gözlemlenmiş, zebra balığı embriyolarında ise kuluçka hızında gecikme, morfolojik değişiklikler, nörotoksisite ve embriyonik ölüm gözlenmiştir (Kumar ve diğ., 2023). Metil paraben, kişisel bakım ürünlerinde sıklıkla kullanılan bir bileşiktir. Sucul ekosistemde ve atık sularda metil paraben tespit edilmiştir, fakat henüz sucul organizmalar üzerindeki etkileri bilinmemektedir. Kişisel bakım ürünleri içeriklerinde yedi farklı paraben bulunmaktadır. 1987 yılından itibaren 7000 kg üzerinde paraben kullanıldığı bildirilmiştir (Brausch ve Rand, 2011).



Metilizotiazolinon (MIT), kişisel bakım ürünleri, oda spreylerinin ve temizlik ürünleri uzun süreli raflarda kalabilmesi için koruyucu madde olarak izotiazolinon bileşiklerinden metilizotiazolinon (MIT) kullanılmaktadır. Ayrıca duvar boyaları, kağıt üretimi, su arıtımı vb. alanlarda kullanıma sahiptir. Alerjenik ve sitotoksik olan MIT, su sistemlerinde bakteri, mantar ve algleri kontrol etmek için antimikrobiyal olarak kullanılmaktadır. MIT içeren bazı endüstriyel ürünler kıyasal sularda tespit edilmiştir (Voulvoulis ve diğ., 2002). 2017 yılında Avrupa Komisyonu, kişisel bakım ürünlerinde MIT'nin kullanımını yasaklamıştır (Schwensen ve Johansen, 2020).

Sodyum benzoat, bir benzoik asit tuzu olup, antifungal ve antibakteriyel özellikleri nedeniyle genellikle gıdalarda olmak üzere bazı kişisel bakım ürünlerinde de koruyucu olarak kullanılmaktadır. Dünyada benzoik asit üretimi yıllık 638.000 ton, sodyum benzoatın üretimi ise 100.000 tondur (Quiroga ve diğ., 2019).

Kafein, kahve, kakao tohumları ve çay yapraklarında bulunan bir alkaloiddir. Kafeinli içecekler ve yiyecekler, reçeteli veya reçetesiz ilaçlar ve bazı kozmetik ürün içeriğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada 161 ülkede yaşayan yetişkinler için günlük ortalama kafein tüketimi 177 mg olarak bildirilmiştir. Vücutta metabolize olan kafein atıksu arıtma tesislerine ulaşır ve en yaygın insan kaynaklı bileşiklerden biri olarak kabul edilmektedir (Dafouz ve diğ., 2018). Bir makrofit (*Lemna gibba*) ve bir zooplankton (*Daphnia magna*) için CA ile ilişkili ortalama EC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 1 mg/L ve 182 mg/L olarak rapor edilmiştir (Solomon ve diğ., 1996; Brun ve diğ., 2006).

UV filtrelerden biri olan benzofenon ve türevleri balıklarda tespit edilmiştir (Xin ve diğ., 2021). Bir diğer UV filtresi olan oksibenzona akut maruz kalan balıklarda endokrin bozulmalarına ve üreme bozulmalarına yol açtığı bildirilmiştir (Downs ve diğ., 2016). OC, Titanyum dioksit ve EHMC gibi UV filtrelerin bazı mercan türlerinin beyazlaşmasına neden olduğu rapor edilmiştir. Titanyum dioksit; boya, kaplamalar, güneş losyonu, kozmetik, içme sularındaki kirleticilerin elimine edilmesinde kullanılmaktadır. Gözlük camlarında ve merceklerde kullanılan çizilmeyi önleyen malzemelerde ayrıca tıbbi amaçlı kullanılan camlara kendi kendini temizleme özelliği veren materyaller titanyum dioksit içermektedir (Morelli ve diğ. 2018). TiO<sub>2</sub> nanopartiküllerinin 2010 yılında 88.000 ton/yıl tahmini üretimi olduğu ve 2025'e kadar 2,5 milyon ton tahmini beklenen üretim ile dünya çapında en çok üretilen endüstriyel

nanopartiküllerden biridir. Demir (III) oksit ve bakır (II) oksit, inorganik UV filtrelerdendir. Ayrıca, boya ve plastik gibi endüstriyel uygulamalarında, temizlik ürünlerinde ve elektronik ürünlerde kullanılmaktadır.

Oktokrilen ve OMC, UVB radyasyonunun ve yüksek-enerjili UVA bileşiklerini absorblar. Genellikle güneş kremlerinin içeriklerinde kullanılmaktadır. Lipofilitesi çok yüksek olduğu için organizmalarda biyoakümülyasyona neden olabilmektedir. Bu nedenle mercanlar başta olmak üzere suda yaşayan organizmalar üzerindeki endişelerden dolayı Virgin Adaları (ABD) ve Hawaii’de kullanımı yasaklanmıştır (Carve ve diğ., 2021).

Güneş koruyucu ürünlerin UV radyasyonunun neden olduğu sağlık sorunları önlemede etkili olduğu belirtilmiştir. İlk güneş kremi 1928 yılında satışa başlamıştır. On üç Avrupa ülkesinde gerçekleştirilen 10 yıllık bir çalışmada (1990-2000) güneş kremi kullanımı kadınlarda %80’den %87’ye ve erkeklerde %52’den %63’e yükseldiği rapor edilmiştir. Genellikle yaz aylarında kullanılan güneş kremleri, kozmetik endüstrisinde en hızlı büyüyen sektördür (Tovar-Sanchez ve diğ., 2020).

Çinko oksit nanopartiküllerinin mor ötesi ışınlarına karşı koruyucu etkisi olduğu, antioksidan ve antibakteriyel etkilere sahip olduğu rapor edilmiştir. Gıda ambalajlanmasında, gıdaların raf ömrünün uzatılmasında, güneş koruyucularda UV filtresi olarak ve diş macunlarında kalınlaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Çinko oksit ve titanyum dioksit; boyalar, kaplamalar, kozmetik ürünler, güneş kremleri ve içme sularındaki kirleticilerin elimine edilmesinde kullanılmaktadır.

Benzofenonlar, UV filtreleme amacıyla yaygın kullanılan aromatik bileşiklerdir (Du ve diğ., 2017). Güneş koruyucu özellikle kişisel bakım ürünlerinde, boyalarda ve tarımsal ürün içeriklerinde bulunan benzofenonlardan, benzofenon-3 ve benzofenon-4 en sık kullanılan türüdür. Su ekosistemlerinde nispeten düşük derişimde (ng/L düzeyinde) bildirilse de atıksulardaki derişimlerinin µg/L-mg/L düzeyine ulaşabileceği rapor edilmiştir (Seoane ve diğ., 2021).

Nanomateriyaller en az birboyutu 100 nanometreden (nm) daha küçük yapısal bileşenlere sahip maddelerdir ve yaklaşık 1-100 nm arasında en az iki boyutlu olan nanopartikülleri içerir. Günümüzde ticari olarak ve doğal ortamda çok çeşitli nanopartiküller mevcuttur.

Nanopartiküller kökenlerine (doğal, endüstriyel), kimyasal bileşimlerine (organik, inorganik), oluşumlarına (biyojenik, antropojenik ve atmosferik), boyutlarına, şekillerine, özelliklerine, ayrıca araştırma ve endüstrideki uygulamalarına göre sınıflandırılabilirler (Rather ve diğ., 2018). Doğal nanomateriyallerin yıllık çevreye akışı, nanopartikül toplamının yaklaşık %97'sidir, fakat çevre üzerinde zararlı etkilere endüstriyel nanopartiküllerin sebep olduğu düşünülmektedir (Malakar ve diğ., 2021). Endüstriyel nanopartiküllerin ticari ürünlerde ve endüstriyel uygulamalarda artan kullanımları sonunda bunların atmosferik, karasal ve sucul ortamlara salınmasına neden olmuştur ve kesin olarak belirlenmemiş sağlık tehlikeleri ve çevresel etkiler oluşturmaktadır (Musee ve diğ. 2010).

Nanopartiküller çok küçük boyutlarından dolayı, boyut ve organizmaya bağlı olarak değişiklik gösterse de hücre zarı içine serbestçe girebilir ve hücre içi organellerde birikebilirler (Monfared ve Soltani, 2013). Nanopartiküllerin balıklarda embriyo ve larva gelişimini geciktirici, hayatta kalma ve kuluçka oranlarını düşürücü etki gösterebileceği, doku hasarına neden olabileceği, solungaçlarda lipid peroksidasyonunda azalmaya ve oksidatif stres gibi etkilere yol açabileceği bildirilmiştir (Zhu ve diğ., 2008; Estrela ve diğ., 2021). Ayrıca nanopartiküller DNA hasarına sebep olur ve gen ekspresyonunu etkileyebilir (Trigueiro ve diğ., 2021). Nekroz ve apoptoz gibi süreçleri aktive ederek hücre ölümüne sebep olabilir (Liu ve diğ., 2016). ZnO nanopartikülünün *Cyprinus carpio*'da toksik etki gösterdiği ve dokularda birikimini bildirilmiştir (Rajkumar ve diğ., 2022). Bakır nanopartiküllerinin balıklar üzerinde akut ve kronik olarak dokularda birikime, reaktif oksijen kaynaklı oksidatif strese, DNA hasarına ve biyokimyasal parametrelerde değişimlere neden olduğu rapor edilmiştir (Federici ve diğ., 2007; Khabbazi ve diğ., 2015; Abdel-Khalek ve diğ., 2016). Bakır nanopartikülü ve bakır sülfatın, 100 µg/L derişimine 48 saat maruz bırakılan *Danio rerio*'nun solungaç dokusunda bakır birikiminin olduğu ve Cu nanopartikülünün, bakır sülfata oranla daha fazla biriktiğini belirtilmiştir (Griffit ve diğ., 2009).

Kişisel bakım ürünlerinin fitoplanktonik organizmalar üzerindeki etkileri hücre büyümesi, morfolojik ve biyokimyasal değişiklikler, enzimatik aktiviteler ve genotoksik özelliklerdeki değişimleri incelenmektedir. Sucul ekosistemlerde fitoplanktonun önemli bir rolü bulunmasına rağmen, diğer canlı gruplarına göre toksisite çalışmaları nispeten

azdır. Ancak, kişisel bakım ürünlerinin öngörülemeyen etkileri, besin zinciri yoluyla diğer organizmaları da etkileyebilir. Ayrıca, fitoplankton biyokütle artışı, aşırı alg çoğalmalarına sebep olabilir ve toksinler daha yüksek trofik seviyedeki organizmalar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir. Fitoplanktonun biyokütle azalışı ise su ekosistemlerinde birçok olumsuzluğa neden olabileceği gibi özellikle balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği endüstrilerini etkileyebilir.



### 3. MATERYAL VE METOT

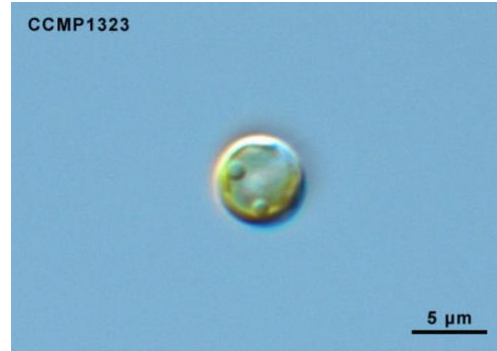
#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. *Isochrysis galbana*

Bu tez çalışmasında iki fitoplankter türü *Isochrysis galbana* ve *Tetraselmis* sp. taksonu için hücre kültür ortamı oluşturuldu.

*Isochrysis galbana* hücresi ucunda bulunan iki düz flagella ve bir körelmiş haptonema içerir (Şekil 3.1.). Hücreler rotasyon hareketiyle suda hızlı hareket yülerler. Hücreler 4-8 µm çapındadır (Koray, 2011).. *I. galbana* çift kabukluların larvalarının besini olarak kullanılmaktadır. Sistematikteki yeri aşağıdaki belirtildi (URL-1);

|          |                                        |
|----------|----------------------------------------|
| Kingdom  | :Chromista                             |
| Phylum   | :Haptophyta                            |
| Class    | :Coccolithophyceae                     |
| Subclass | :Prymnesiophycidaea                    |
| Ordo     | :Isochrysidales                        |
| Familia  | :Isochrysidaceae                       |
| Genus    | :Isochrysis                            |
| Species  | : <i>Isochrysis galbana</i> Parke 1949 |

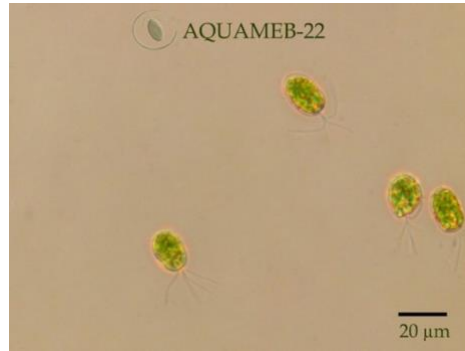


Şekil 3.1. *Isochrysis galbana*

##### 3.1.2. *Tetraselmis* sp.

*Tetraselmis* sp. dört kamçılı ve hareketli bir denizel mikroalgdır. Genellikle 10 µm uzunluğunda, 14 µm genişliğindedir (Şekil 3.2.). *Tetraselmis* sp. hızlı büyüme oranı ve yüksek lipid içeriği nedeniyle, biyoyakıt kullanımı için uygun görülen bir cinstir (Alonso ve diğ., 2012). Sistematikteki yeri aşağıdaki belirtildi (URL-2);

Kingdom :Chromista  
Phylum :Chlorophyta  
Class :Chlorodendrophyceae  
Ordo :Chlorodendrales  
Family :Chlorodendraceae  
Genus :Tetraselmis



Şekil 3.2 *Tetraselmis* sp.

*Tetraselmis* sp. (ACTc-00015) cinsi ve *Isochrysis galbana* (ACIg-00015) türü Algae Research and Supply (ABD) şirketinden 15mL’lik tüp içerisinde satın alınmıştır. Saf kültürler şeklinde alınan fitoplankterler KOÜ Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Araştırma laboratuvarında iklimlendirme odasında muhafaza edilmiştir. Deneyler de aynı iklimlendirme odasında yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan iki fitoplankton kültür ortamının sıcaklığı  $20\pm 2$  °C’ta, f/2 besin takviyesi, deniz suyu tuzluluğu 32,5, pH 8,0-8,2 aralığında,  $120\pm 60$  lux ve 14-10 gündüz-gece ışık periyodunda büyümeye bırakıldı.

### 3.1.3. Çalışmada Kullanılan Cihaz, Malzeme ve Kimyasal Maddeler

Çalışmada kullanılan cam malzemelerin tümü safsu ile yıkandı, kurumaya bırakıldı. Kullanılan tüm cam malzemeler, selüloz tıpa, deniz suyu, pipet ucu, otoklavda 121°C’de 15 dk steril edildi. Deniz suyunun hazırlanması için 500 mL saf su ve 18,4 g deniz tuzu 1000 mL’lik beherin içine eklendi. Magnetik balık kullanılarak hazırlanan deniz suyu karıştırıcıda yaklaşık 30 dk karıştırdı. Hazırlanan deniz suyu, vakumlu filtreden 0,22 µm göz açıklığı olan membran filtreden süzüldü. Deniz suyu 500 mL balon jojeye aktarıldı ve ağız kısmı kapatılarak otoklavda 121°C’de 15 dk steril edildi. Fitoplankter kültürleri için f/2 besin içeriği (Sigma-Guillard’s) kullanıldı. f/2 besin ortamının içeriği Tablo 3.1. belirtildi. Steril olan f/2 çözeltilisinin kontaminasyon riskini azaltmak için steril ortamda

50 mL'lik tüplere alınan f/2 çözeltileri buzdolabında muhafaza edildi. Fitoplankter kültür ortamına aktarım öncesinde buzunun çözülmesi için oda sıcaklığına ulaşması beklenildi. Fitoplankter türlerinin kültür devamlılığı için inokülasyon işlemi alkol ile temizlenen çeker ocak içinde bunsen beki kullanılarak yapıldı. Yeni oluşturulacak kültür için 250 mL'lik erlene; 100 mL steril deniz suyu, 2 mL f/2, 10 mL bir önceki canlı hücre kültüründen aktarıldı. İklimlendirme kabininde uygun koşullarda büyümeye bırakıldı (Şekil 3.3.).

Tablo 3.1. f/2 besin ortamının içeriği

| İçindekiler                       | Konsantrasyon (mg/L) |
|-----------------------------------|----------------------|
| Biyotin                           | 0,005                |
| Sodyum molibdat 2H <sub>2</sub> O | 0,006                |
| Sodyum nitrat                     | 75,0                 |
| EDTA disodyum 2H <sub>2</sub> O   | 4,36                 |
| Kobalt klorür 6 H <sub>2</sub> O  | 0,01                 |
| Manganaz klorür 4H <sub>2</sub> O | 0,18                 |
| Çinko sülfat                      | 0,022                |
| Tiamin HCl                        | 0,1                  |
| Sodyum fosfat monobazik           | 4,411                |
| Vitamin B12                       | 0,005                |
| Küprük sülfat 5 H <sub>2</sub> O  | 0,01                 |
| Ferrik klorür 6H <sub>2</sub> O   | 3,15                 |

Çalışmada kullanılan kimyasallar yurtiçi ve yurtdışı kozmetik hammadde satışı yapan firmalardan temin edildi ve çalışma süresi boyunca uygun saklama koşullarında muhafaza edildi. Çalışmada; buzdolabı (Arçelik), vakum düzeneği (Sartorius), filtre kağıdı (Whatman), deniz suyu (Red Sea), cam mezürler ve cam pipetler (Isolab), hassas terazi (And Gr-200), otoklav (Hiclave HG-200), pipet pompası (Isolab), erlenmayer (Isolab), Karıştırıcı (Heidolph MR-Hei Standart), tuzluluk ölçer (Multi3410 Set7), pH metre (WTW pH315i/SET), balon joje (Isolab), selüloz tıpa (Isolab), Thoma lamı (Isolab), UV spektrofotometre (HACH DR 5000), mikrosantrifüj (Wisepin), cam spektrofotometre küveti (Borox), otomatik pipet ve pipet ucu (Axygen) kullanılan cihaz ve malzemelerdir.

### 3.2. Metot

Triklosan (TCS), kafein (CA), benzofenon-4 (BP-4), sodyum benzoat (SB), oktokrilen (OC), metil paraben (MEP), metilizotiazolinon (MIT), etilheksil metoksisinnamat (OMC), çinko oksit (ZnO), demir (III) oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), bakır (II) oksit (CuO), titanyum dioksit ( $\text{TiO}_2$ ) farklı konsantrasyonlarının fitoplankton kültürüne uygulanmasında OECD 201 standartı bazı modifikasyonlar yapılarak tamamlandı (OECD, 2011).



Şekil 3.3. Fitoplankton kültürü iklimlendirme ortamı

Kimyasalların fitoplankton kültürlerine aktarılması, kültürlerin ekim işlemleri çeker ocak bunsen beki alevi yardımıyla işlem yapıldı. *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültürleri 250 mL erlenmayer içine 2 mL f/2 çözeltisi, 100 mL deniz suyu, ve 10 mL bir önceki kültürden hücreler alınarak ekim işlemi yapıldı, selüloz tıpa ile kapatılarak inkübasyona bırakıldı. Kimyasallar kültürlerle aktarılmadan önce hücrelerin hızlı büyüme evresi başlangıç değerine ulaşınca kadar üç-dört gün süreyle inkübe edildi. Kimyasal konsantrasyonu için gerekli olan dozlar hassas terazide tartıldı. *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültürüne 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L konsantrasyonda şekilde ölçülen suda çözünebilen (kafein, benzofenon-4, metilparaben, sodyum benzoat, MIT) toz halinde kültürlerin için döküldü, hafifçe çalkalanarak çözünmesi sağlandı. Çinko oksit, demir (III) oksit, bakır (II) oksit, titanyum dioksit için çözücü olarak hidroklorik asit,



triklosan, oktokrilen ve OMC için dimetilsülfoksit (DMSO) kullanılarak çözdürüldükten sonra kültürle eklendi. Çözücü kontrolleri HCl ve DMSO'nun derişimi en fazla %0,1 (v/v) olacak şekilde ayarlandı. Tüm kültürlerin pH değerleri kontrol edildi ve 0.1 M NaCl ve 0.1 M HCl çözeltisi ile pH değerleri 8,2'ye ayarlandı. Kontrol kültürlerine herhangi bir kimyasal eklenmedi. Çözücü için kontrol grubu oluşturuldu. Çalışmada kimyasal uygulanan kültürler 96 saat inkübasyona bırakıldı. Fitoplankter kültürleri ekim işlemi gerçekleştikten sonra, her 24 saate toplam 2 mL örnek alındı. Bu örnekten 1 mL alınarak, önce UV spektrofotometrede 680 nm dalga boyunca optik yoğunluğu ölçüldü. Aynı örnek tekrar tüpe alınıp lugol çözeltisi ile fikse edildi. Thoma lamı kullanılarak ışık mikroskobunda hücre sayımı iki tekrarlı yapıldı.

Klorofil pigment analizi için Ritchie (2006) metodu 1 mL örnek hacmine göre uyarlanarak belirlendi. Her 24 saate bir alınan örneğin bir mililitresi 4000 rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Süpernatant uzaklaştırıldı, saf su ile yıkanarak tekrar santrifüj edildi. Süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra %90 aseton eklenerek bir saat 4°C'de buzdolabında bekletildi. Daha sonra santrifüj edildi, süpernatant UV spektrofotometrede 664 ve 647 nm dalga boyunca absorbansı ölçüldü (Ritchie, 2006).

Aşağıdaki Denklem 3.1. ve Denklem 3.2. kullanılarak klorofil-*a* ve Klorofil-*b* miktarları hesaplandı (Jeffrey ve Humphrey, 1975);

$$Kl-a: 11.93 \times A_{664} - 1.93 \times A_{647} \quad (3.1.)$$

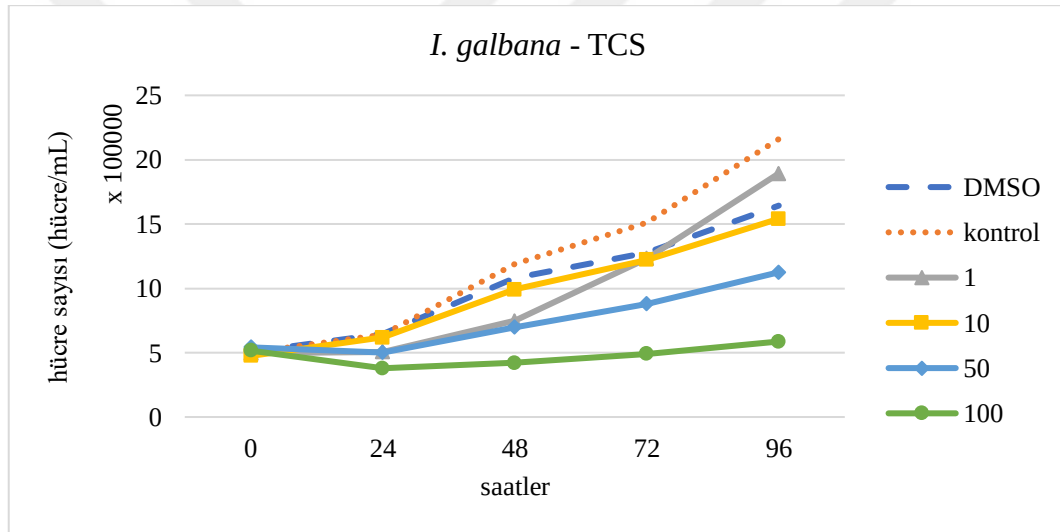
$$Kl-b: 20.36 \times A_{647} - 5.50 \times A_{664} \quad (3.2.)$$

IC<sub>50</sub> değeri için doz-tepki grafiği oluşturuldu. Kontrol grubu ile kıyaslanan hücre % inhibisyon değerlerine karşılık konsantrasyon eğrisi oluşturularak hesaplandı. Sayımlar en az üç tekrar olacak şekilde yapıldı. Tekrarların aritmetik ortalaması alındı ve standart sapmaları hesaplandı. Test uygulamalarında Microsoft Excel programlarından yararlanıldı. IBM SPSS 25 programında her kimyasal için hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* verilerinin normal dağılım durumu belirlendikten sonra parametrik veya non parametrik korelasyon istatistik analizi yapıldı. Korelasyon analizlerinde Pearson ve Spearman korelasyon uygulandı.

## 4. BULGULAR

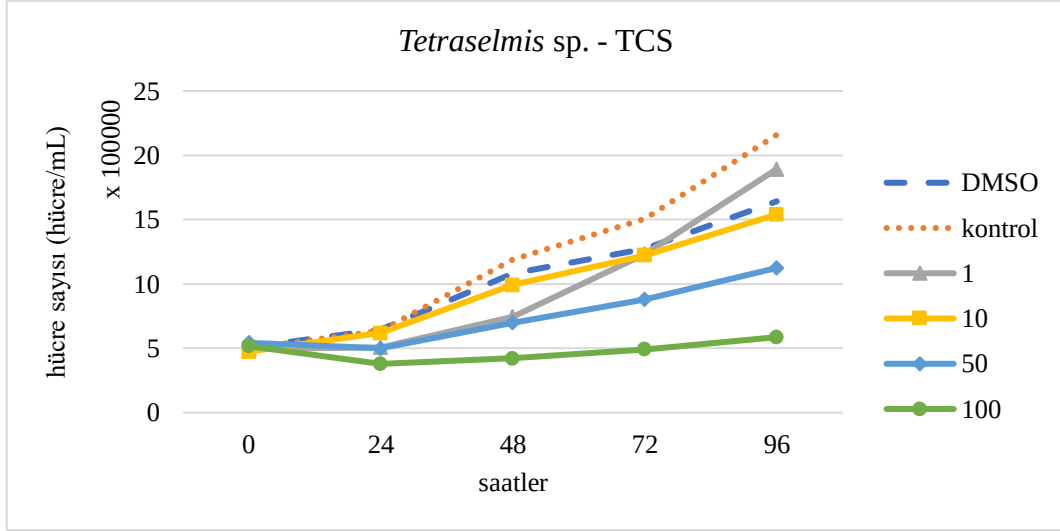
### 4.1. Hücre Sayısı Bulguları

Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.1.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $5 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $21,6 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı TCS konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L TCS konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $18,9 \times 10^5$ ,  $15,4 \times 10^5$ ,  $11,2 \times 10^5$  ve  $5,8 \times 10^5$  adet/mL'dir.



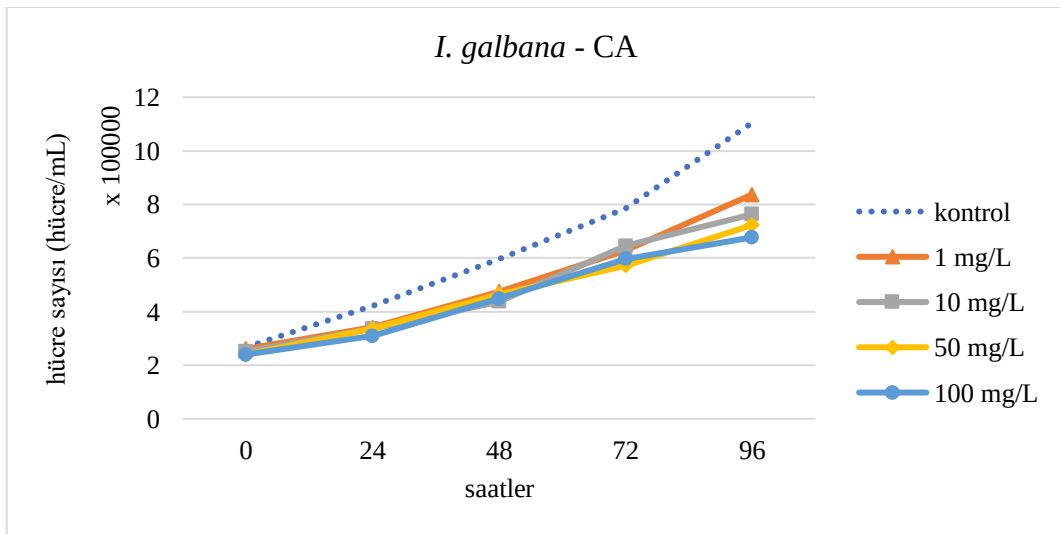
Şekil 4.1. Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.2.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $1,8 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $10,6 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı TCS konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L TCS konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü.



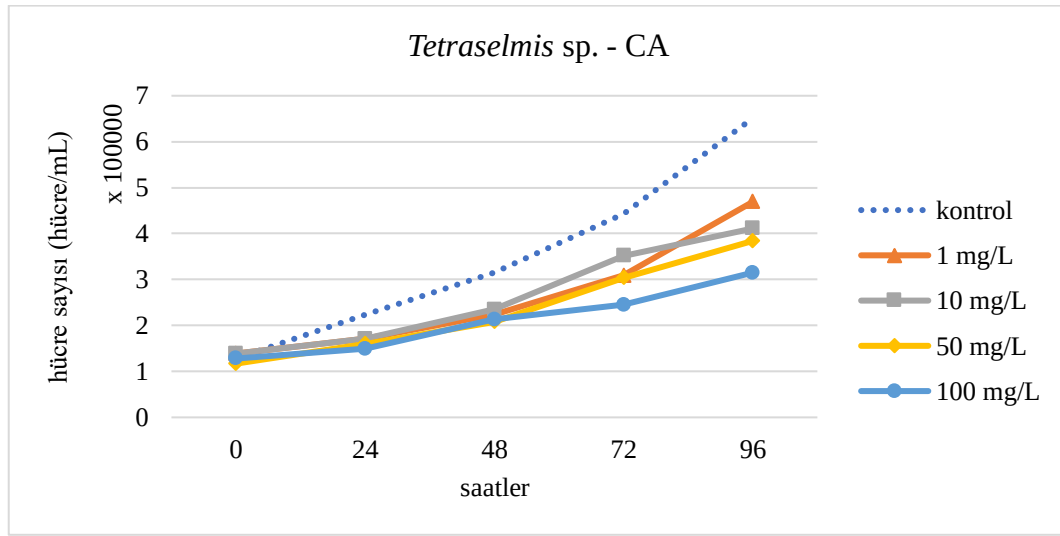
Şekil 4.2. Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.3.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $2,6 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $11 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı CA konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile karşılaştırıldığında, yüksekte en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L CA konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $8,3 \times 10^5$ ,  $7,6 \times 10^5$ ,  $7,2 \times 10^5$  ve  $6,7 \times 10^5$  adet/mL'dir.



Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında zamana bağlı değişimler

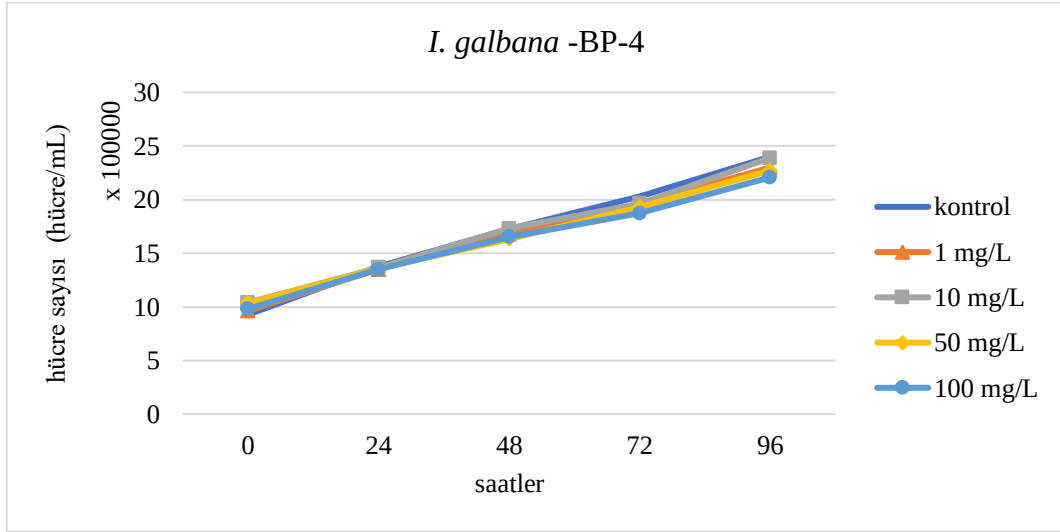
Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.4.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $1,2 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $6,5 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı CA konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile karşılaştırıldığında,, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L CA konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $4,6 \times 10^5$ ,  $4,1 \times 10^5$ ,  $3,8 \times 10^5$  ve  $3,1 \times 10^5$  adet/mL'dir.



Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

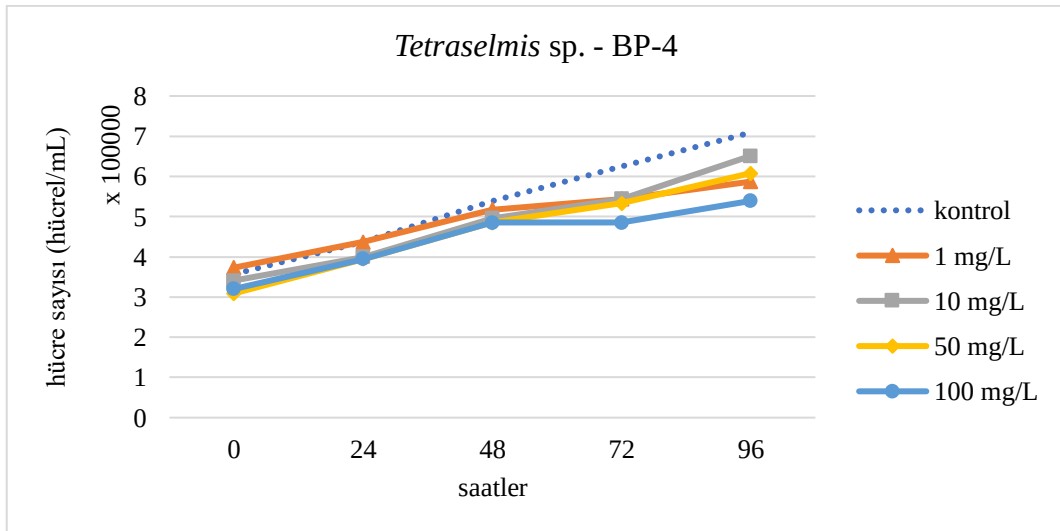
Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.5.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $9,2 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 6 saatin sonunda hücre sayı  $24 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı BP-4 konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile kıyaslandığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 10 mg/L, 1 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L BP-4 konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $23,8 \times 10^5$ ,  $22,9 \times 10^5$ ,  $22,7 \times 10^5$  ve  $22 \times 10^5$  adet/mL'dir. Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.6.'da gösterildi.. *Tetraselmis* sp. kültürünün

kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $3,5 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $7 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı.



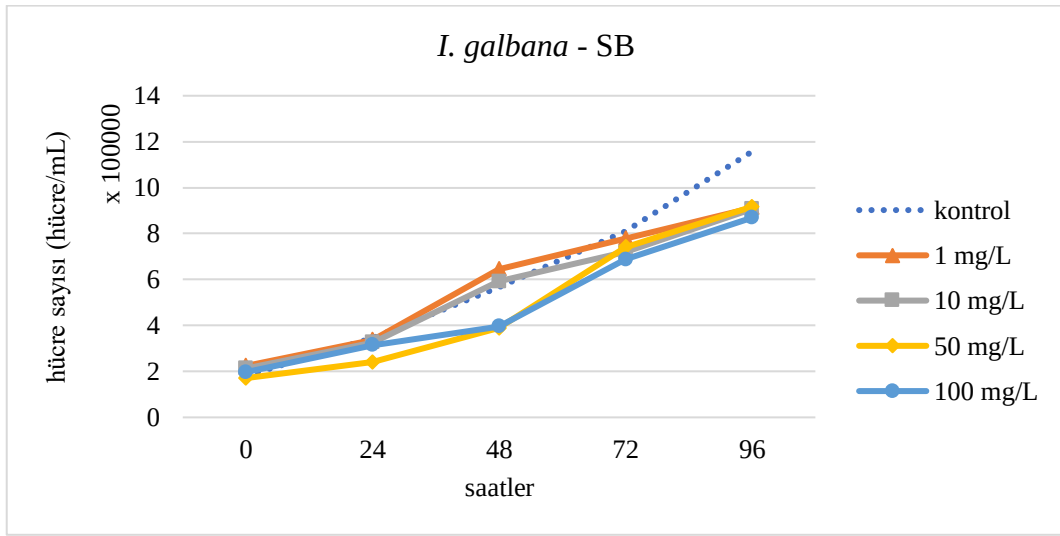
Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Doksan altı saat sonunda, farklı BP-4 konsantrasyonu uygulanan gruplarda hücre sayısı, kontrol ile kıyaslandığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 10 mg/L, 50 mg/L, 1 mg/L, ve 100 mg/L BP-4 konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $6,5 \times 10^5$ ,  $6 \times 10^5$ ,  $5,8 \times 10^5$  ve  $5,3 \times 10^5$  adet/mL'dir.



Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

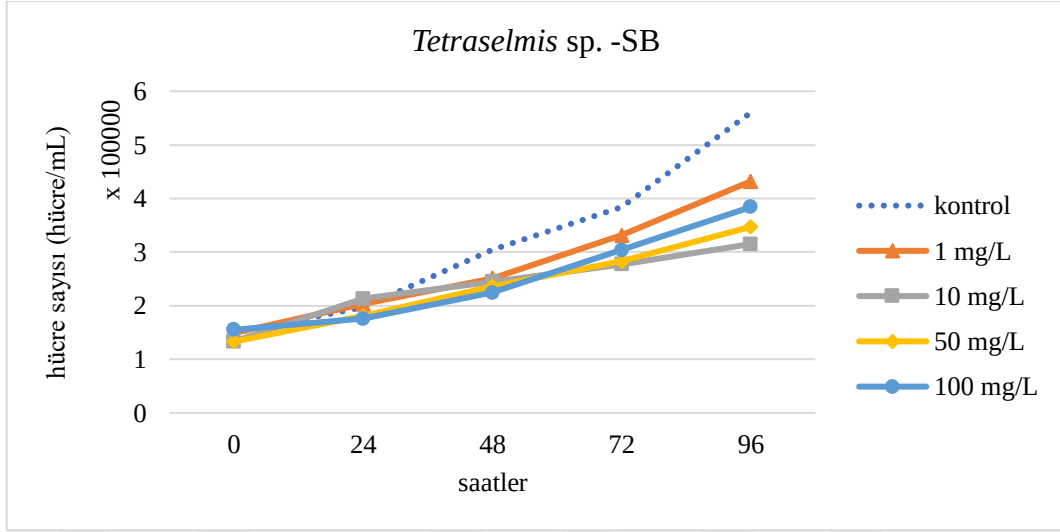
Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının *I. galbana* kültürünün hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.7.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $1,8 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $11,5 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı SB konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrolle karşılaştırıldığında, yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 50 mg/L, 1 mg/L, 10 mg/L, ve 100 mg/L SB konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $9,17 \times 10^5$ ,  $9,12 \times 10^5$ ,  $9 \times 10^5$  ve  $8,6 \times 10^5$  adet/mL'dir.



Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının *I. galbana* kültürünün hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

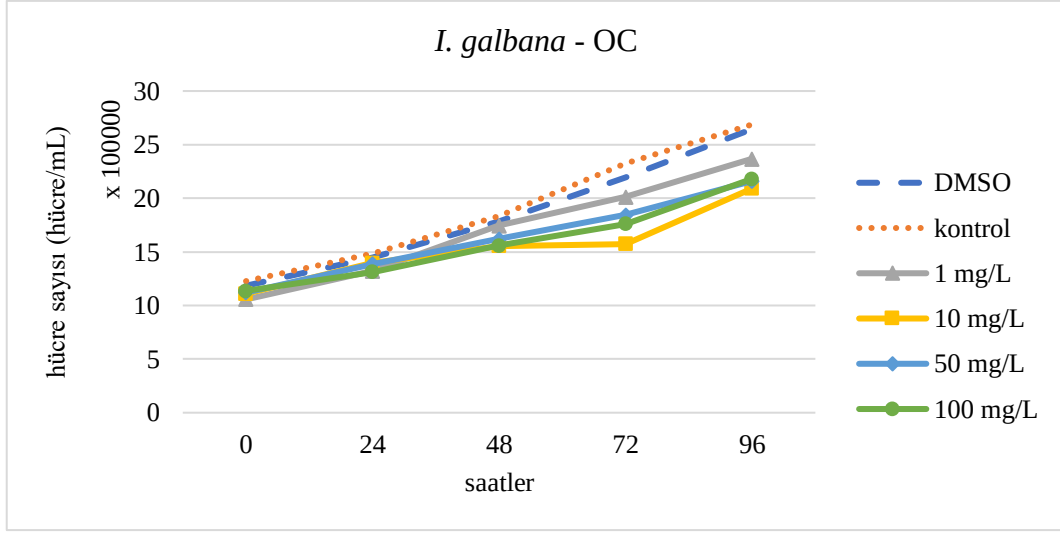
Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.8.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. türünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $1,4 \times 10^5$  adet/mL, 96 saatin sonunda hücre sayıları  $5,6 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı SB konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile karşılaştırıldığında, yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 100 mg/L, 50 mg/L ve 10 mg/L olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $4,3 \times 10^5$ ,  $3,8 \times 10^5$ ,  $3,4 \times 10^5$  ve  $3,1 \times 10^5$  adet/mL'dir.

Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.9.'de gösterildi.



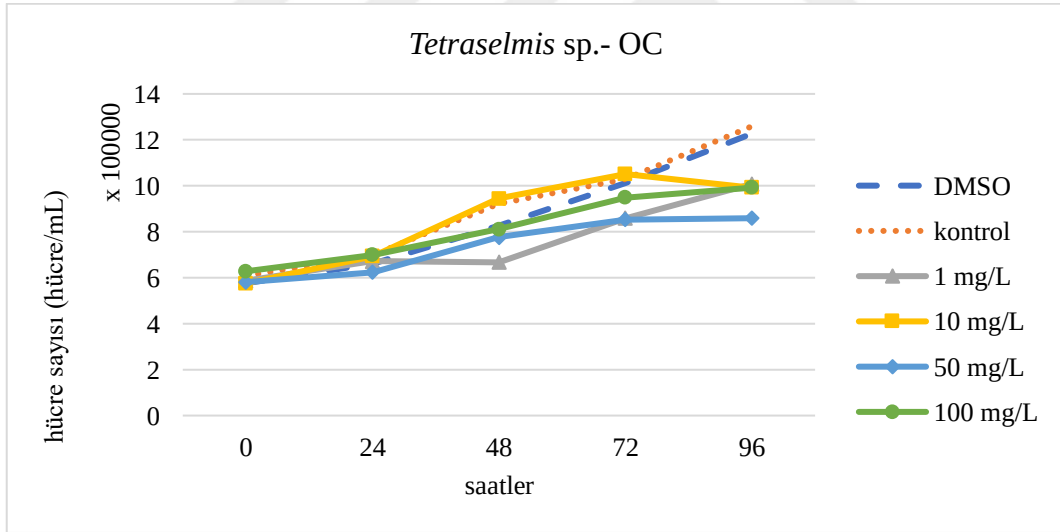
Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

*I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $12,2 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $26,8 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. DMSO kontrol grubu ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $11,8 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $26,4 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı OC konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 100 mg/L, 50 mg/L ve 10 mg/L OC konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $23,6 \times 10^5$ ,  $21,8 \times 10^5$ ,  $21,6 \times 10^5$  ve  $20,9 \times 10^5$  adet/mL'dir. Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.10.'da gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $6 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayıları  $12,5 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. DMSO kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $5,7 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayı  $12,2 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı OC konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 100 mg/L=10 mg/L, ve 50 mg/L derişimde olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $10 \times 10^5$ ,  $9,9 \times 10^5$  ve  $8,5 \times 10^5$  adet/mL'dir.



Şekil 4.9. Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.11.'de gösterildi.

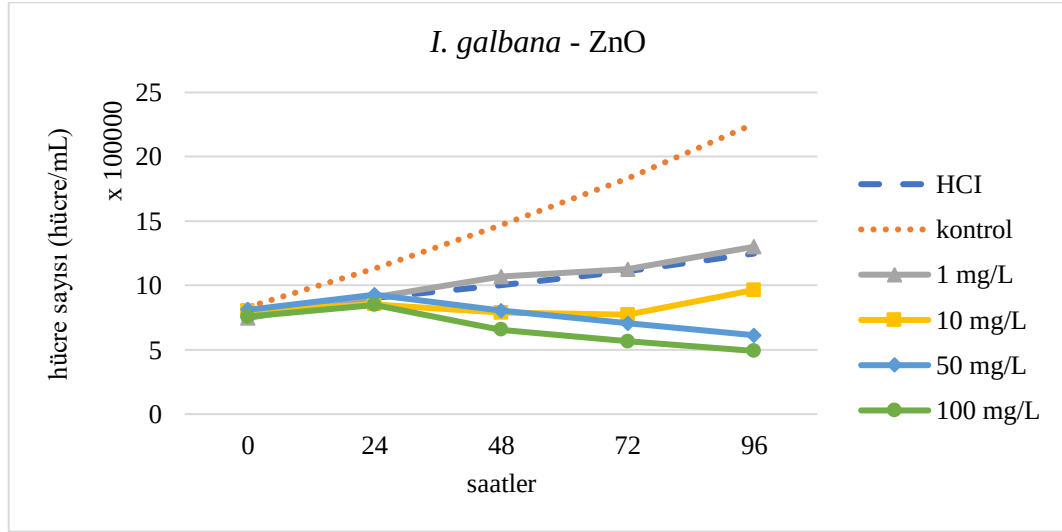


Şekil 4.10. Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

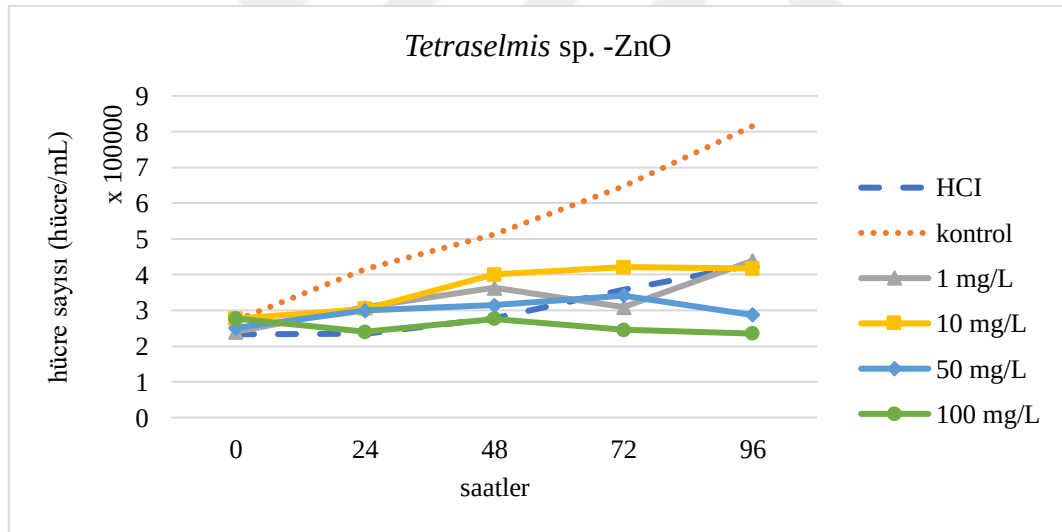
*I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $8 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $22,5 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $7,5 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayı  $12,4 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı ZnO konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve



100 mg/L ZnO konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $13 \times 10^5$ ,  $9,6 \times 10^5$ ,  $6,1 \times 10^5$  ve  $4,9 \times 10^5$  adet/mL'dir.



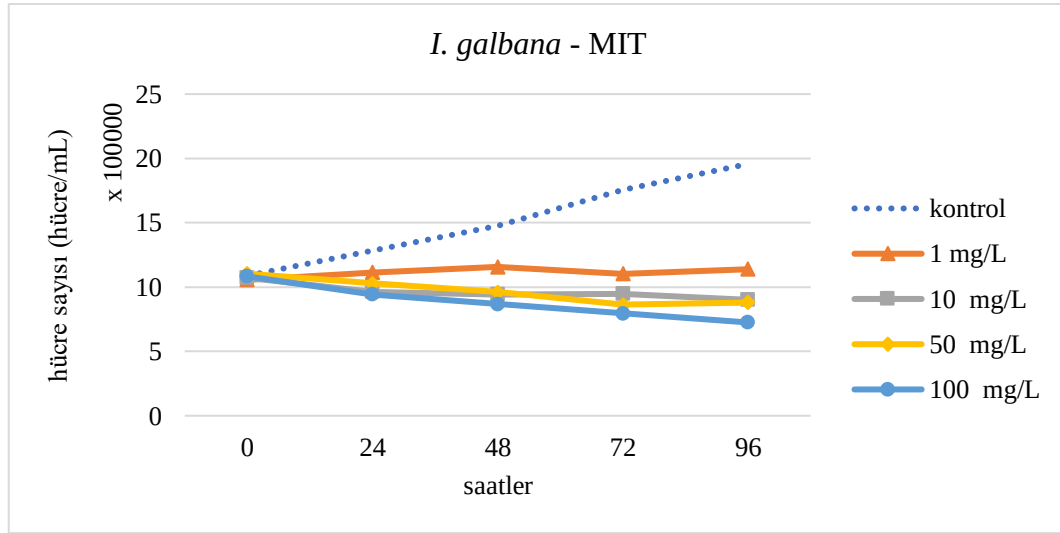
Şekil 4.11. Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler



Şekil 4.12. Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.12.'de gösterildi. *Tetraselmis sp.* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $2,7 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $8,1 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $2,3 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayıları  $4,2 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı

ZnO konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, yüksekten düşüğe hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L ZnO konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $4,3 \times 10^5$ ,  $4,1 \times 10^5$ ,  $2,8 \times 10^5$  ve  $2,3 \times 10^5$  adet/mL'dir.

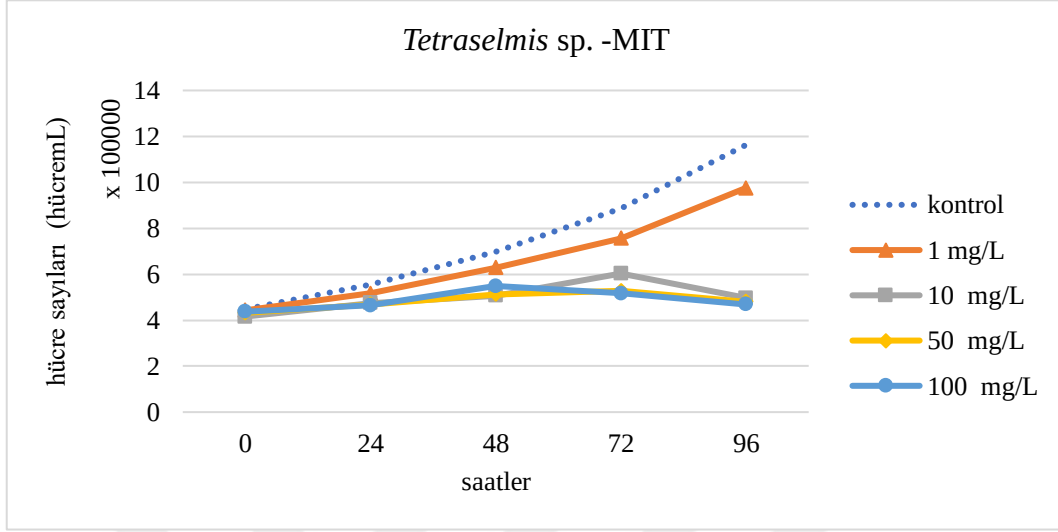


Şekil 4.13. Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.13.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $10 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $19 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L MIT konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $11 \times 10^5$ ,  $9 \times 10^5$ ,  $8 \times 10^5$  ve  $7 \times 10^5$  adet/mL'dir.

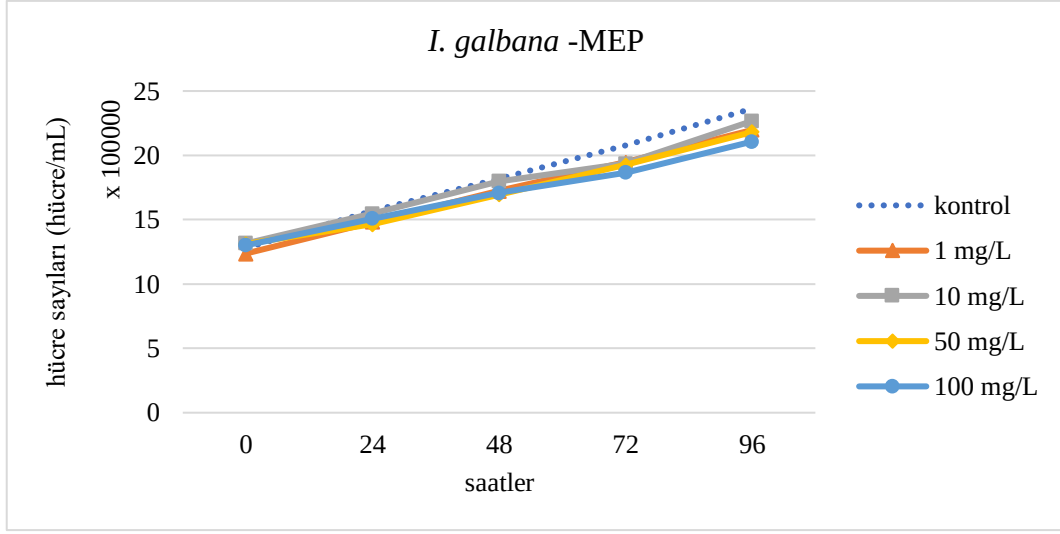
Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısının oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.14.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $4,4 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $11,6 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı MIT konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla

1 mg/L, 10 mg/L=100 mg/L ve 50 mg/L derişimde olduğu belirlendi. Bu kùltùrlerin hùcre sayısı ise sırasıyla  $9,7 \times 10^5$ ,  $4,9 \times 10^5$  ve  $4,6 \times 10^5$  adet/mL'dir.

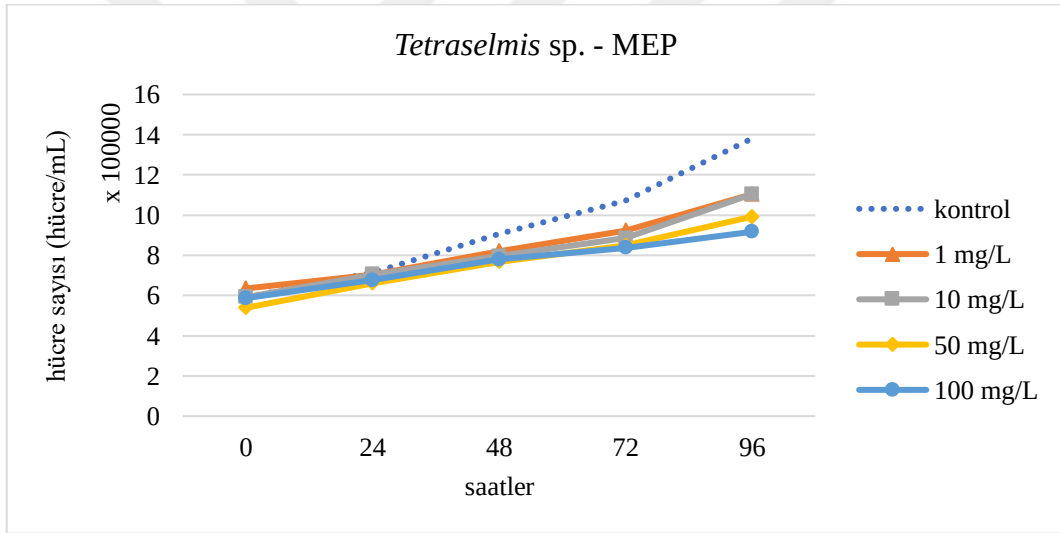


Şekil 4.14. Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kùltüründe hùcre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının *I. galbana* kùltüründe hùcre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.15.'de gösterildi. *I. galbana* kùltürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hùcre sayısı  $12,8 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hùcre sayısı  $23 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı MEP konsantrasyonları uygulanan grupların hùcre sayısı, kontrol hùcre sayısı ile kıyaslandığında, en yüksekten en düşük hùcre sayısı olan kùltürler sırasıyla 10 mg/L, 1 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L MEP konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi.. Bu kùltürlerin hùcre sayısı ise sırasıyla  $22,6 \times 10^5$ ,  $21,9 \times 10^5$ ,  $21,8 \times 10^5$  ve  $21 \times 10^5$  adet/mL'dir. Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kùltüründe hùcre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.16.'da gösterildi. *Tetraselmis sp.* kùltürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hùcre sayısı  $5,9 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hùcre sayıları  $13 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı MEP konsantrasyonları uygulanan grupların hùcre sayısı, kontrol hùcre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hùcre sayısı olan kùltürler sırasıyla 1 mg/L=10 mg/L, 50 mg/L, ve 100 mg/L MEP konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kùltürlerin hùcre sayısı ise sırasıyla  $11 \times 10^5$ ,  $9,9 \times 10^5$  ve  $9,1 \times 10^5$  adet/mL'dir.



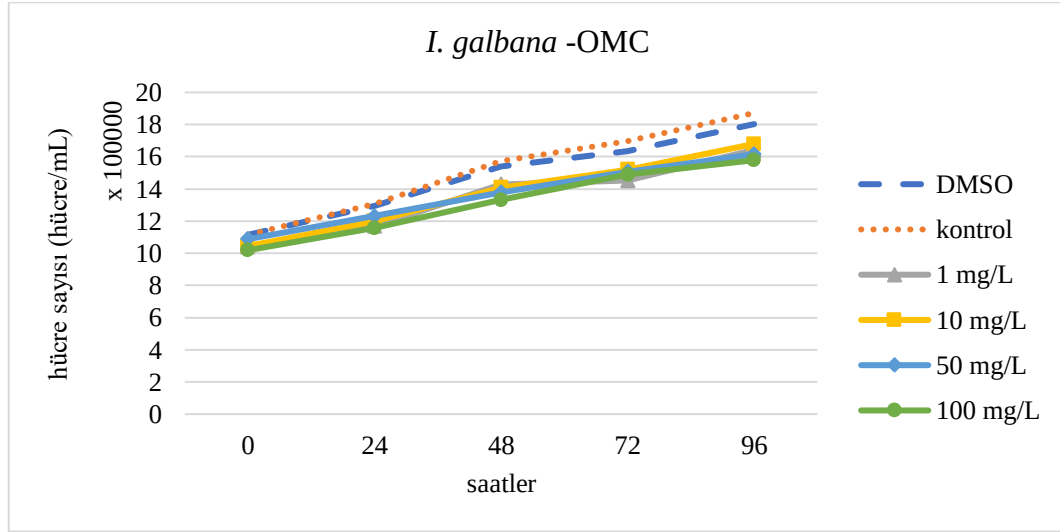
Şekil 4.15. Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler



Şekil 4.16. Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarında *I. galbana* kültüründe hücre sayısında zamana bağlı değişimler Şekil 4.17.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $11 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $18 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. DMSO kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $11 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $18 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı OMC konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla 10 mg/L, 1 mg/L, 50

mg/L ve 100 mg/L OMC konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $16,8 \times 10^5$ ,  $16,4 \times 10^5$ ,  $16,1 \times 10^5$  ve  $15,7 \times 10^5$  adet/mL'dir.

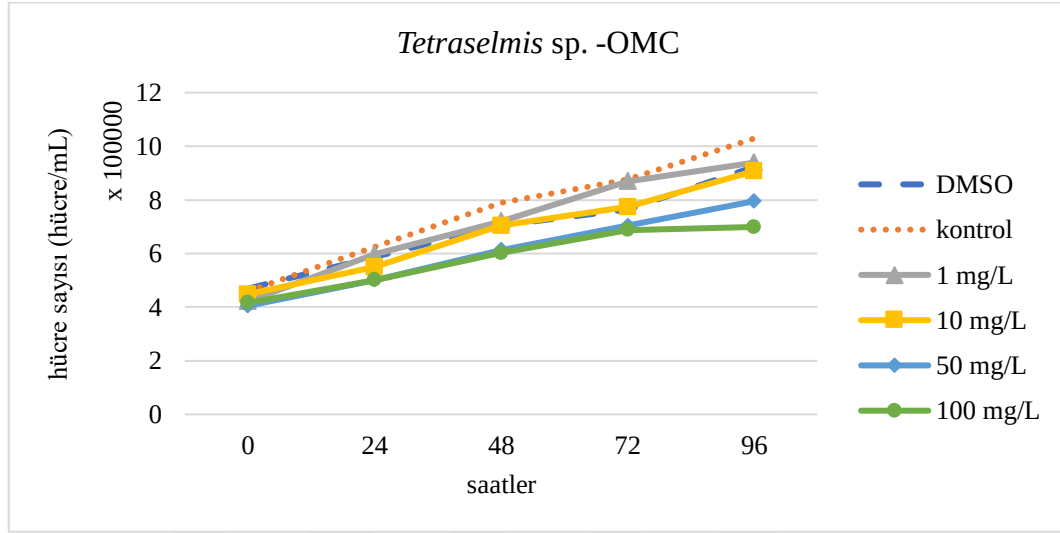


Şekil 4.17. Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

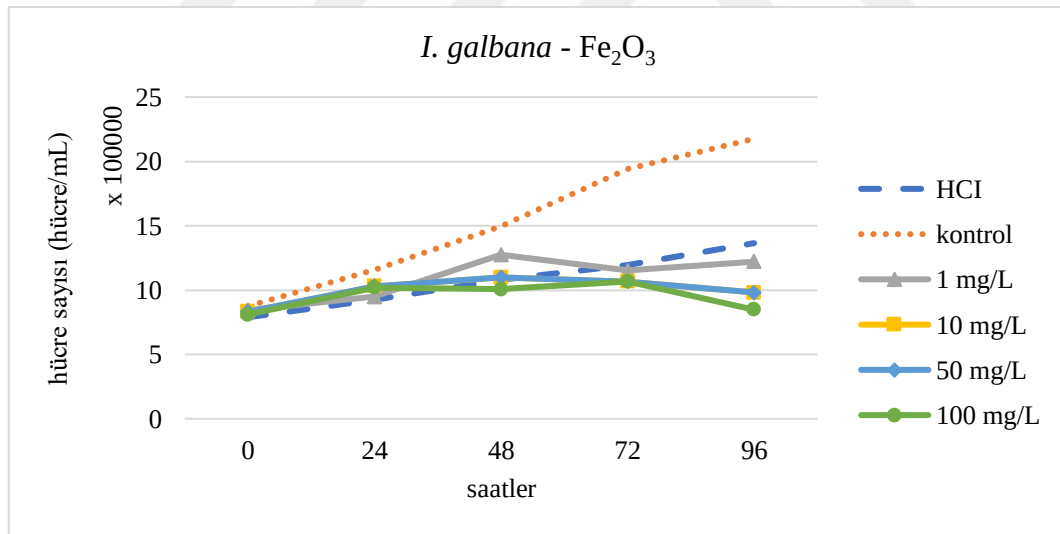
Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.18.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $4,5 \times 10^5$  adet/mL, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $10 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. DMSO kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $4,6 \times 10^5$  adet/mL, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $9,2 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı OMC konsantrasyonu uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L OMC konsantrasyon uygulamasında olduğu görüldü. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $9,3 \times 10^5$ ,  $9 \times 10^5$ ,  $7,9 \times 10^5$  ve  $6,9 \times 10^5$  adet/mL'dir.

Farklı konsantrasyonlarda  $Fe_2O_3$  uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.19'da gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $8,7 \times 10^5$  adet/mL, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $21 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $7,8 \times 10^5$  adet/mL, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $13 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı  $Fe_2O_3$  konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler

sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L=50 mg/L ve 100 mg/L  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $12 \times 10^5$ ,  $9,8 \times 10^5$  ve  $8,4 \times 10^5$  adet/mL'dir.



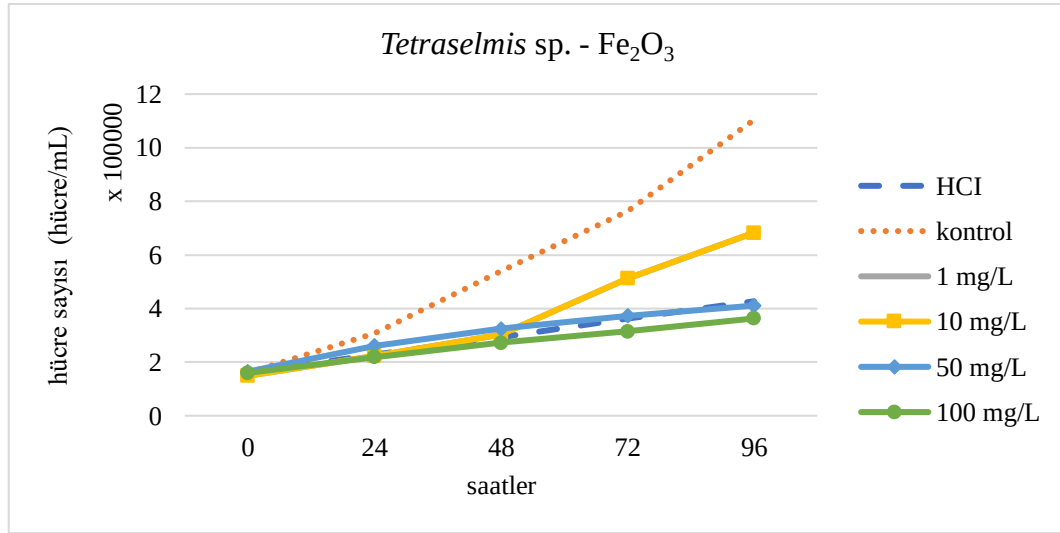
Şekil 4.18. Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler



Şekil 4.19. Farklı konsantrasyonlarda  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  uygulamalarının *Tetraselmis sp.* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.20.'de gösterildi. *Tetraselmis sp.* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $1,6 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $11 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $1,6 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96

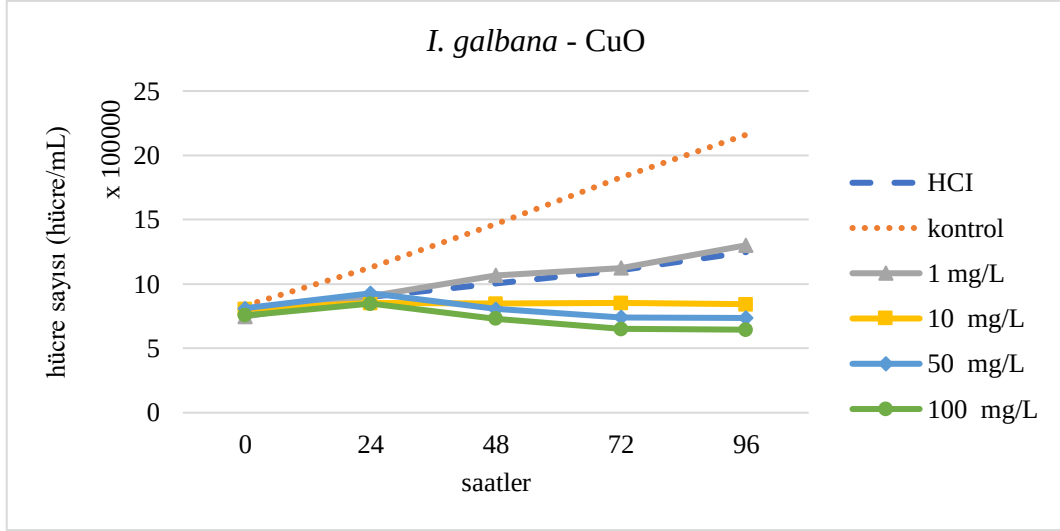
saatin sonunda hücre sayısı  $4,2 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $6,8 \times 10^5$ ,  $5,9 \times 10^5$ ,  $4,1 \times 10^5$  ve  $3,6 \times 10^5$  adet/mL'dir.



Şekil 4.20. Farklı konsantrasyonlarda  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda  $\text{CuO}$  uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.21.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $8,3 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $21 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $7,5 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayıları  $12 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı  $\text{CuO}$  konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L  $\text{CuO}$  konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $13 \times 10^5$ ,  $8 \times 10^5$ ,  $7 \times 10^5$  ve  $6 \times 10^5$  adet/mL'dir.

Farklı konsantrasyonlarda  $\text{CuO}$  uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.22.'de gösterildi



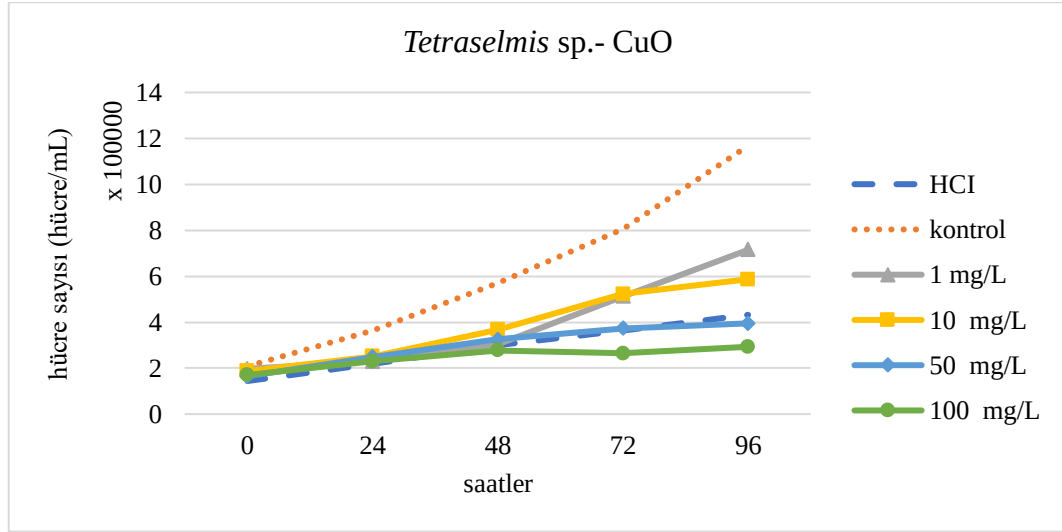
Şekil 4.21. Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

*Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $2 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $11 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubu ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $1,4 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $4,3 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı CuO konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L CuO konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $7 \times 10^5$ ,  $5 \times 10^5$ ,  $3 \times 10^5$  ve  $2 \times 10^5$  adet/mL'dir.

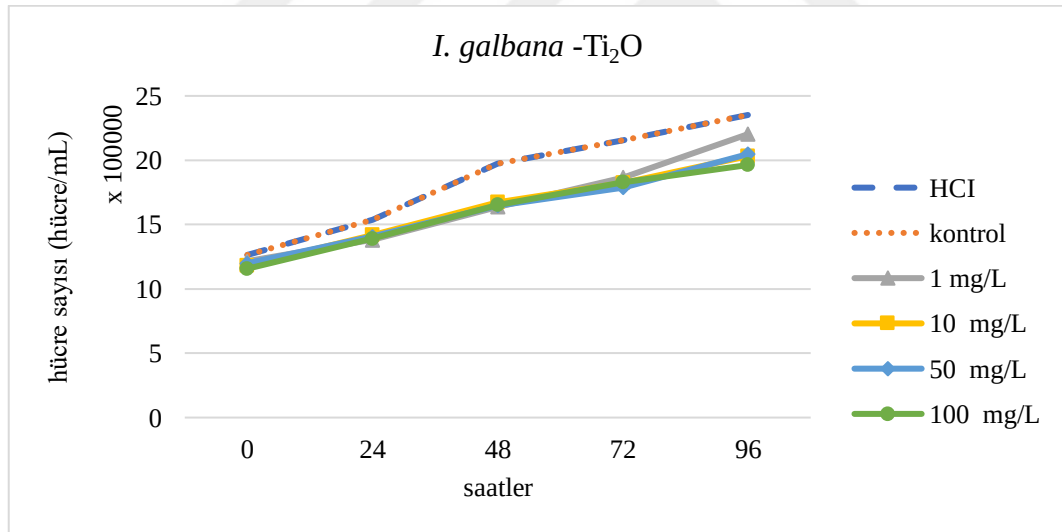
Farklı konsantrasyonlarda  $\text{TiO}_2$  uygulamalarının *I. galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.23.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $12 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $23 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubunda ise başlangıç (0. saat) hücre sayısı  $12 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $23 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı  $\text{TiO}_2$  konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısı olan kültürler sırasıyla 1 mg/L, 50 mg/L, 10 mg/L ve 100 mg/L  $\text{TiO}_2$  konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla  $22 \times 10^5$ ,  $20,4 \times 10^5$ ,  $20,3 \times 10^5$  ve  $19 \times 10^5$  adet/mL'dir.



Farklı konsantrasyonlarda  $\text{TiO}_2$  uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.24.'de gösterildi.



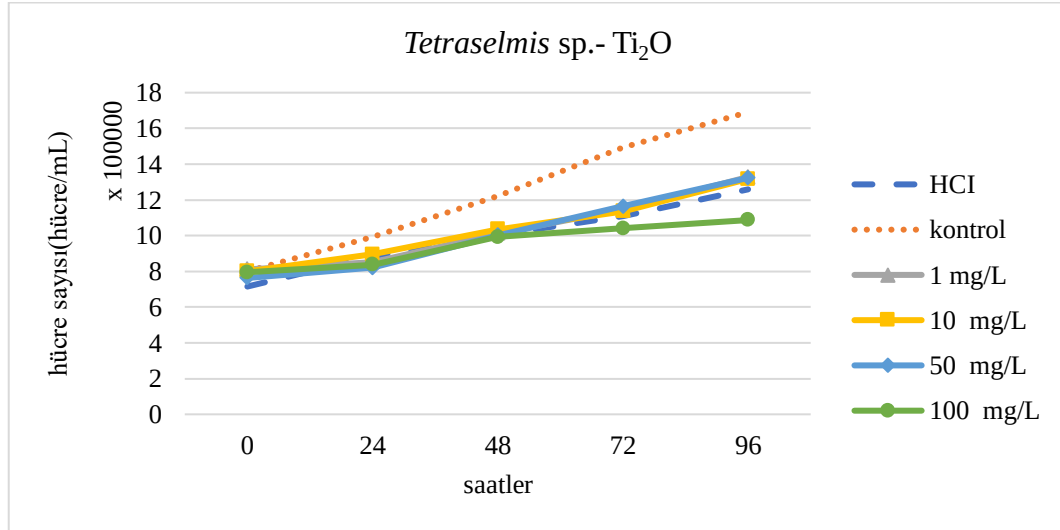
Şekil 4.22. Farklı konsantrasyonlarda  $\text{CuO}$  uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler



Şekil 4.23. Farklı konsantrasyonlarda  $\text{TiO}_2$  uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

*Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. Saat) hücre sayısı  $8 \times 10^5$  adet/mL olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $16 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. HCl kontrol grubunda ise başlangıç (0. Saat) hücre sayısı  $7 \times 10^5$  adet/mL, 96 saatin sonunda hücre sayısı  $12 \times 10^5$  adet/mL'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, farklı  $\text{TiO}_2$  konsantrasyonları uygulanan grupların hücre sayısı, kontrol hücre sayısı ile karşılaştırıldığında, en yüksekten en düşük hücre sayısına sahip olan kültürler sırasıyla

1 mg/L, 50 mg/L, 10 mg/L ve 100 mg/L TiO<sub>2</sub> konsantrasyon uygulamasında olduğu belirlendi. Bu kültürlerin hücre sayısı ise sırasıyla 13,28x10<sup>5</sup>, 13,23x10<sup>5</sup>, 13,1x10<sup>5</sup> ve 10x10<sup>5</sup> adet/mL'dir.

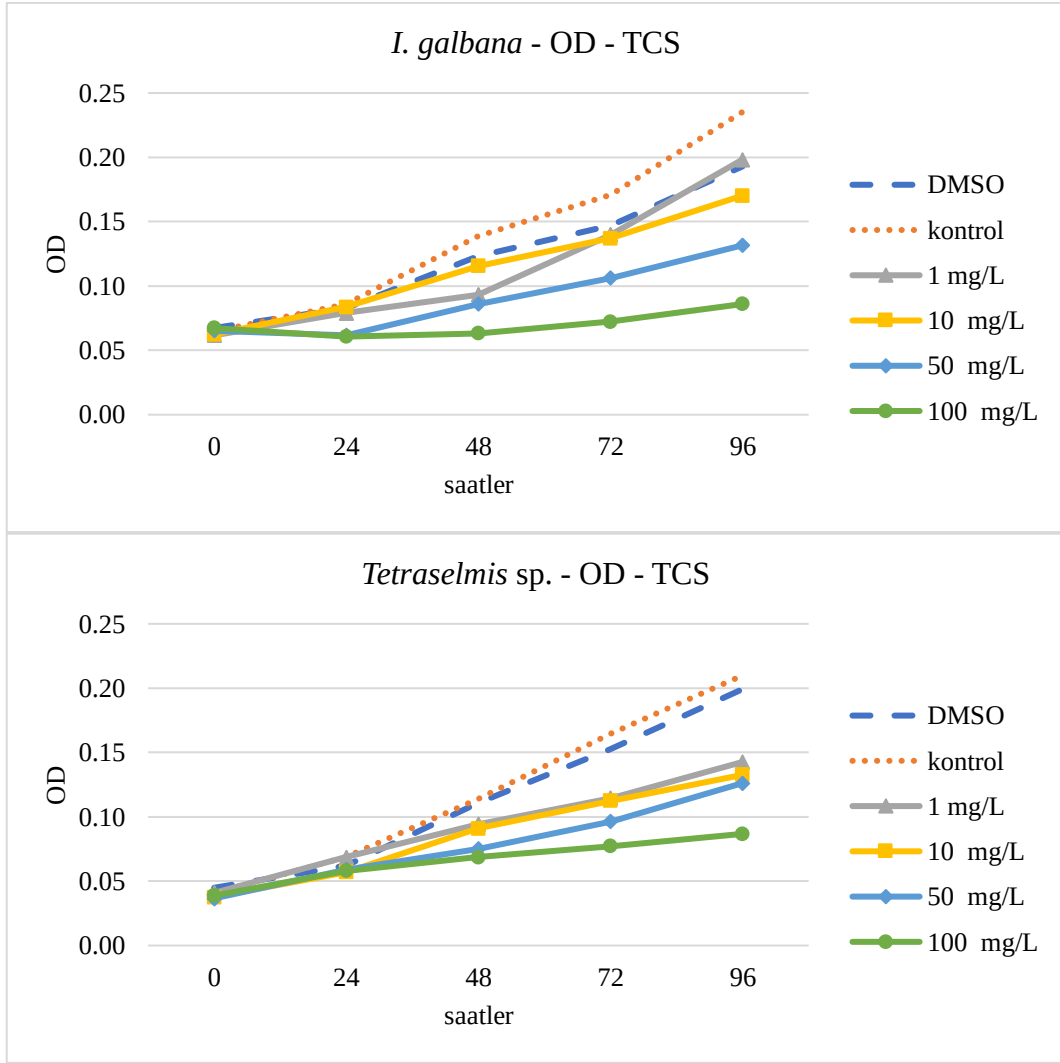


Şekil 4.24. Farklı konsantrasyonlarda TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında oluşturduğu zamana bağlı değişimler

#### 4.2. Optik Yoğunluk Bulguları

Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.25.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,06 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,23'e ulaştı. *I. galbana* kültürü kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,23 olup, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,08 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,04 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,21'e ulaştı. *Tetraselmis* sp. kültürü kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,14 olup, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,09 olarak ölçüldü.

Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültürünün optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.26.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,04 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,13'e ulaştı.

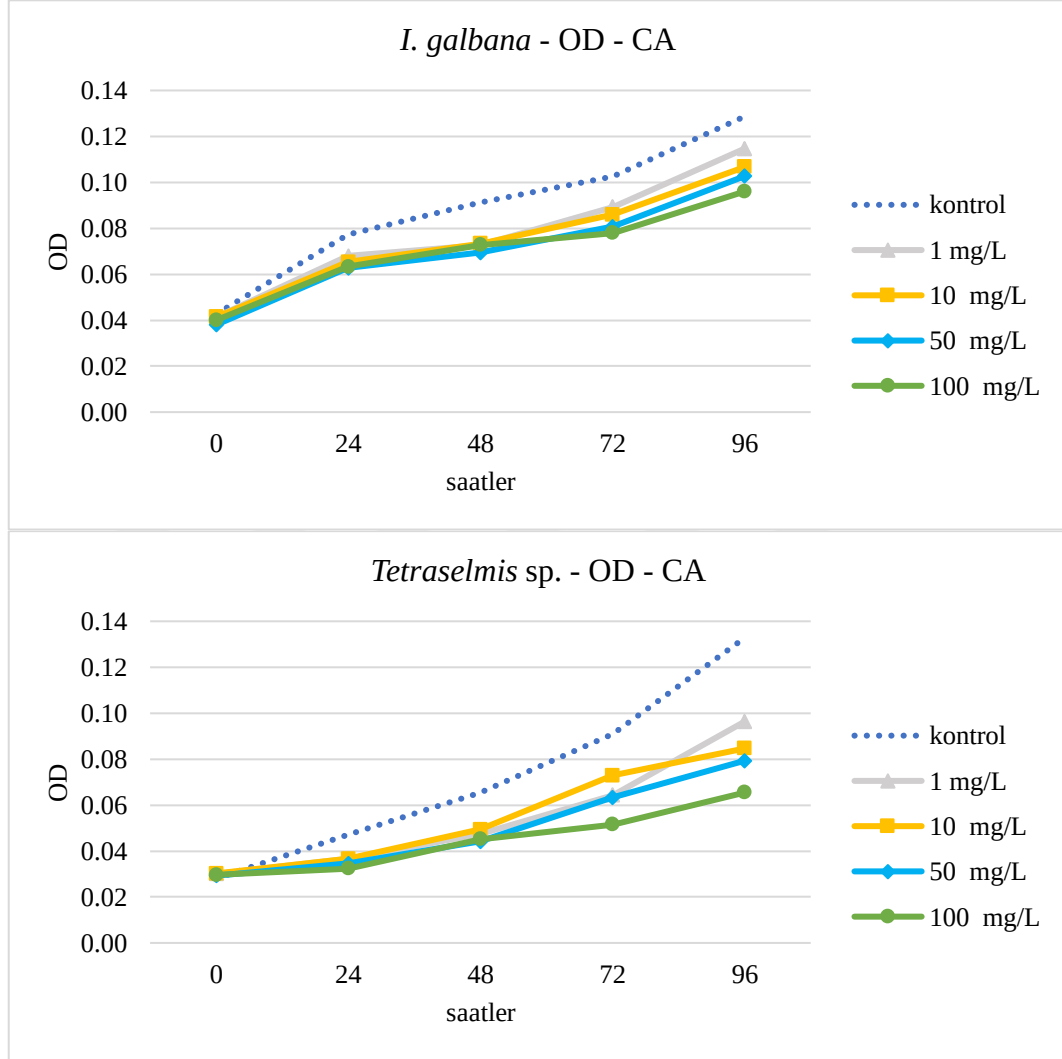


Şekil 4.25. Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,11 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L’de 0,09 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültüründe ise kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,03 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,13’e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,10 olup, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,07 olarak ölçüldü.

Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.27.’de gösterildi. *I.*

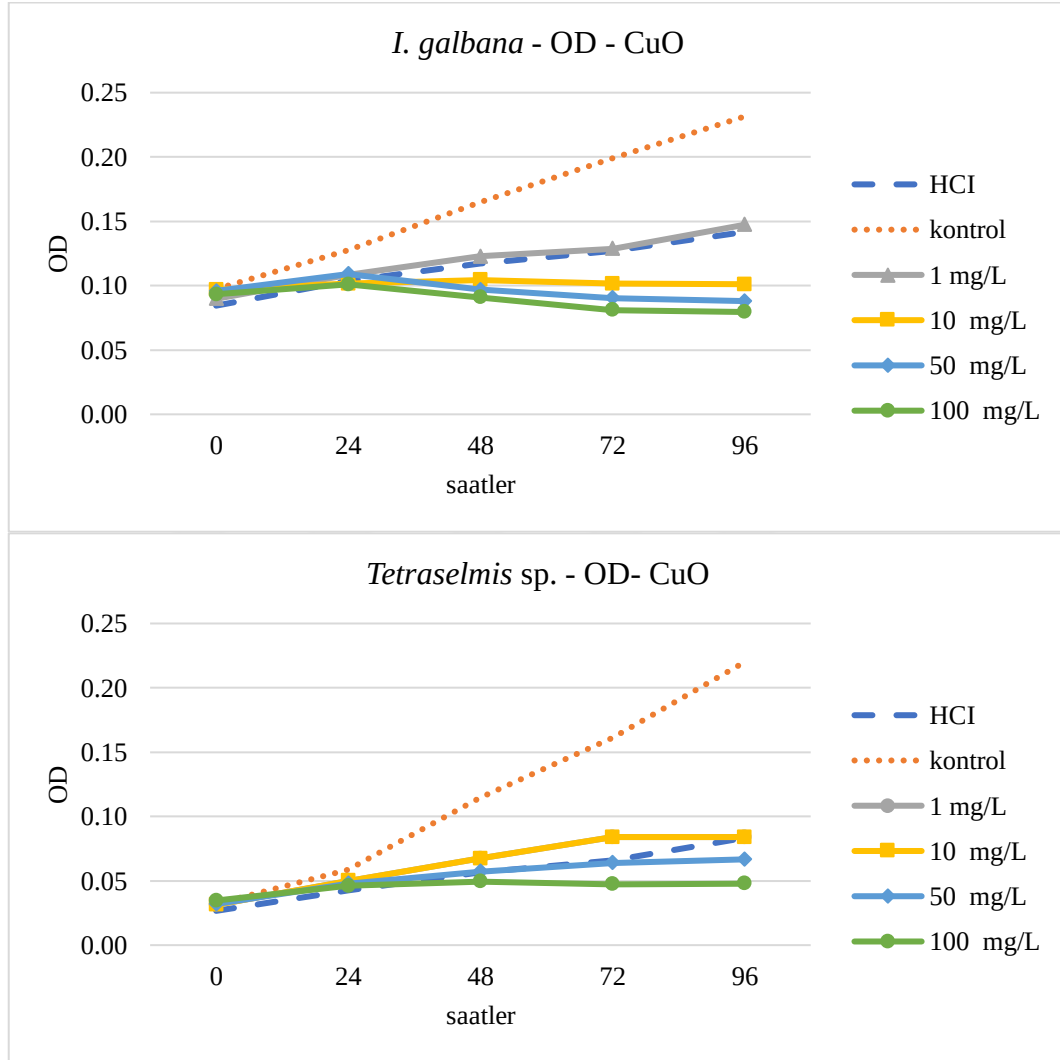
*galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. Saat) optik yoğunluğu 0,10 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,23'e ulaştı.



Şekil 4.26. Farklı konsantrasyonlarda CA uygulamalarının *I.galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,15 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,08 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. Saat) optik yoğunluğu 0,03 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,22'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L ve 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,08 olarak belirlenirken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,05 olarak ölçüldü.

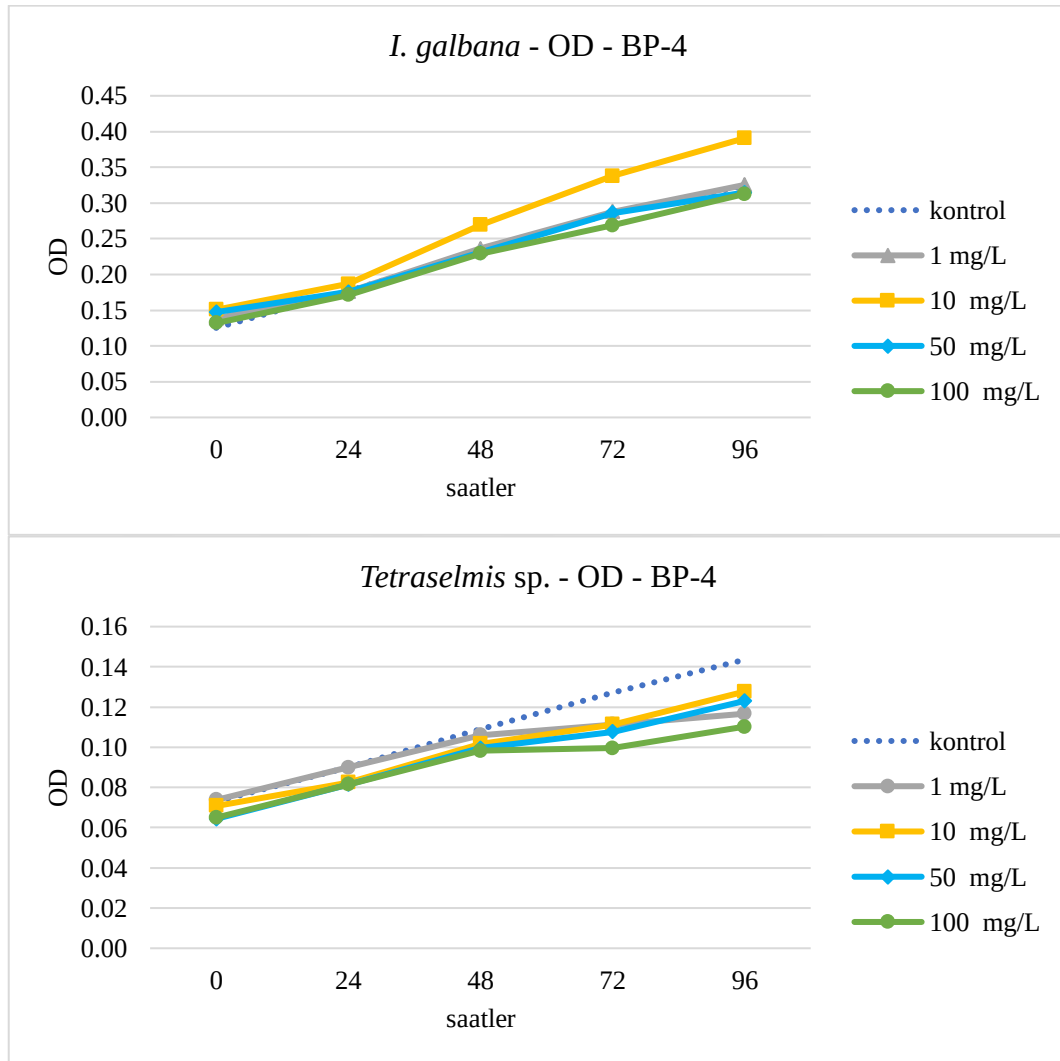
Farklı konsantrasyonlarda BP-4 benzofenon-4 uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.28.'de gösterildi.



Şekil 4.27. Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

*I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,12 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,32'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,39 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 10 mg/L ve 50 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,31 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,07 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,14'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek

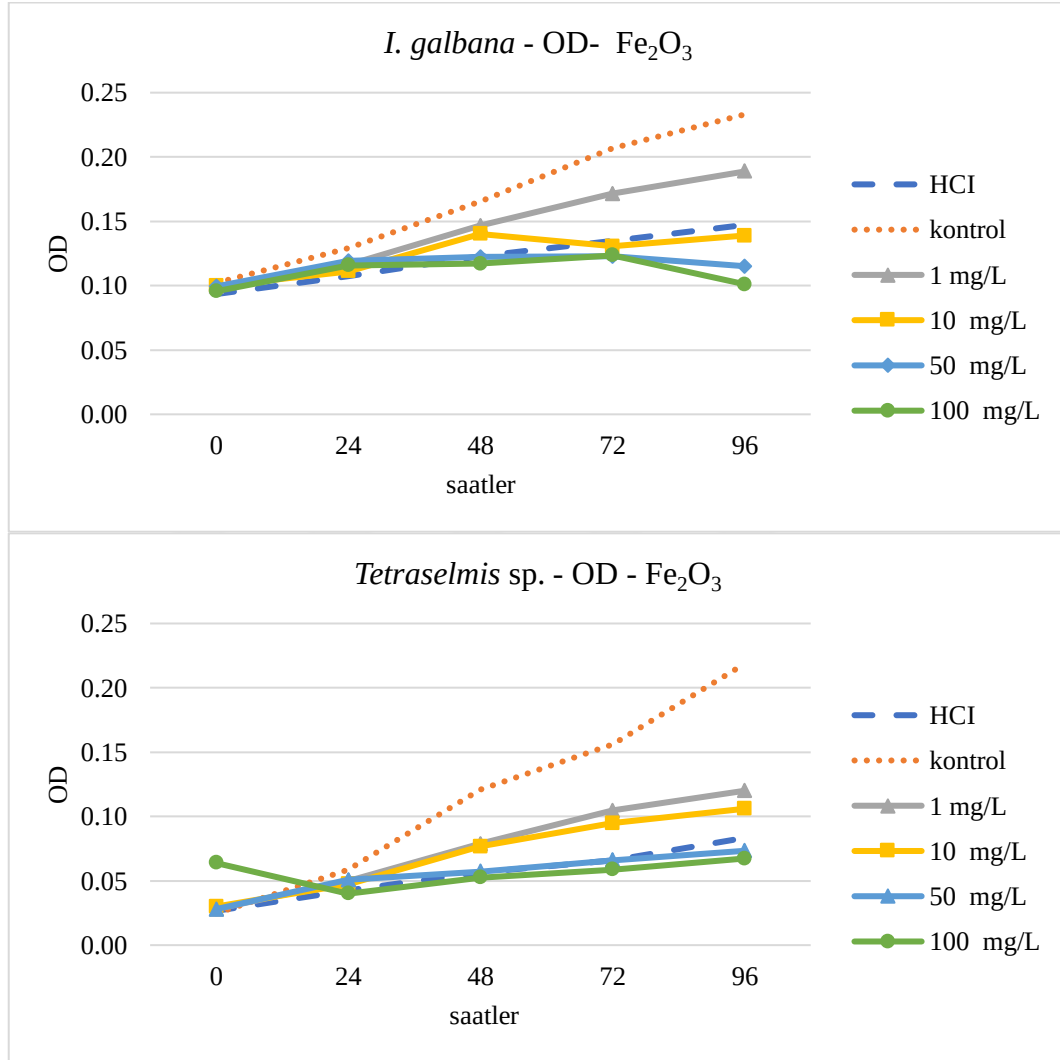
absorbans 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,12 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 1 mg/L ve 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,11 olarak ölçüldü.



Şekil 4.28. Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda  $Fe_2O_3$  uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.29.'da gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,10 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,23'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,18 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,10 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,02 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,22'e

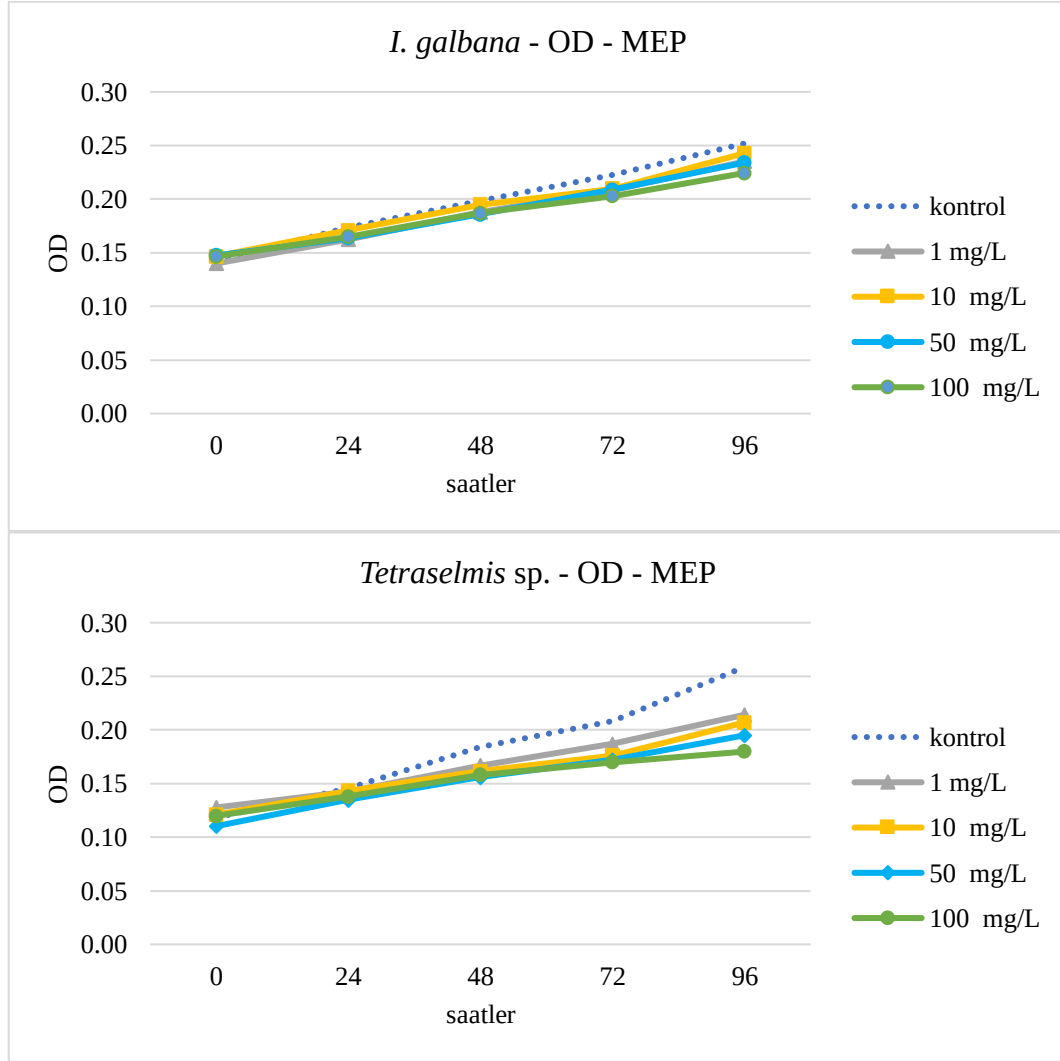
ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,12 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,07 olarak ölçüldü.



Şekil 4.29. Farklı konsantrasyonlarda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.30.'da gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,14 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,25'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,24 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,22 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun

başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,11 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,25'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,21 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,18 olarak ölçüldü.

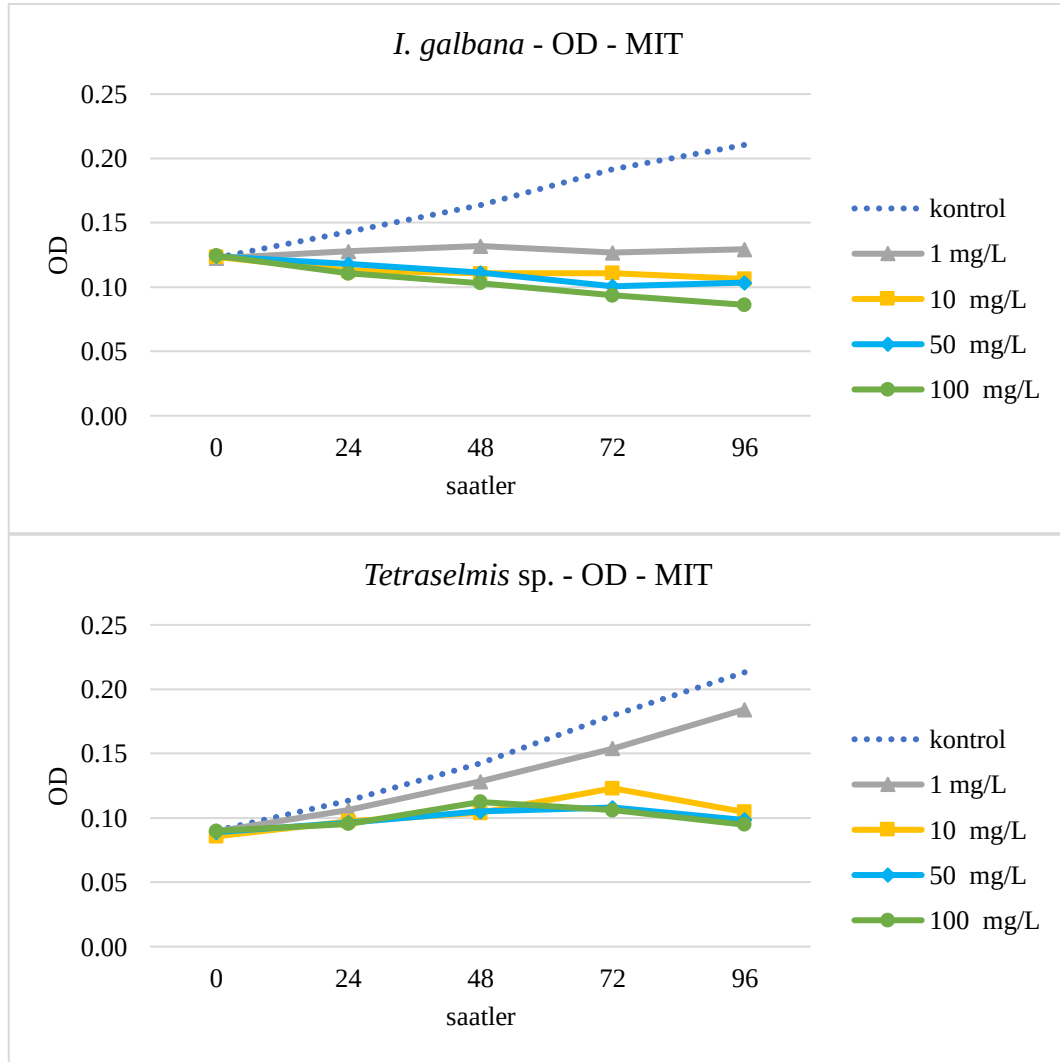


Şekil 4.30. Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.31.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,12 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,21'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,13 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,09



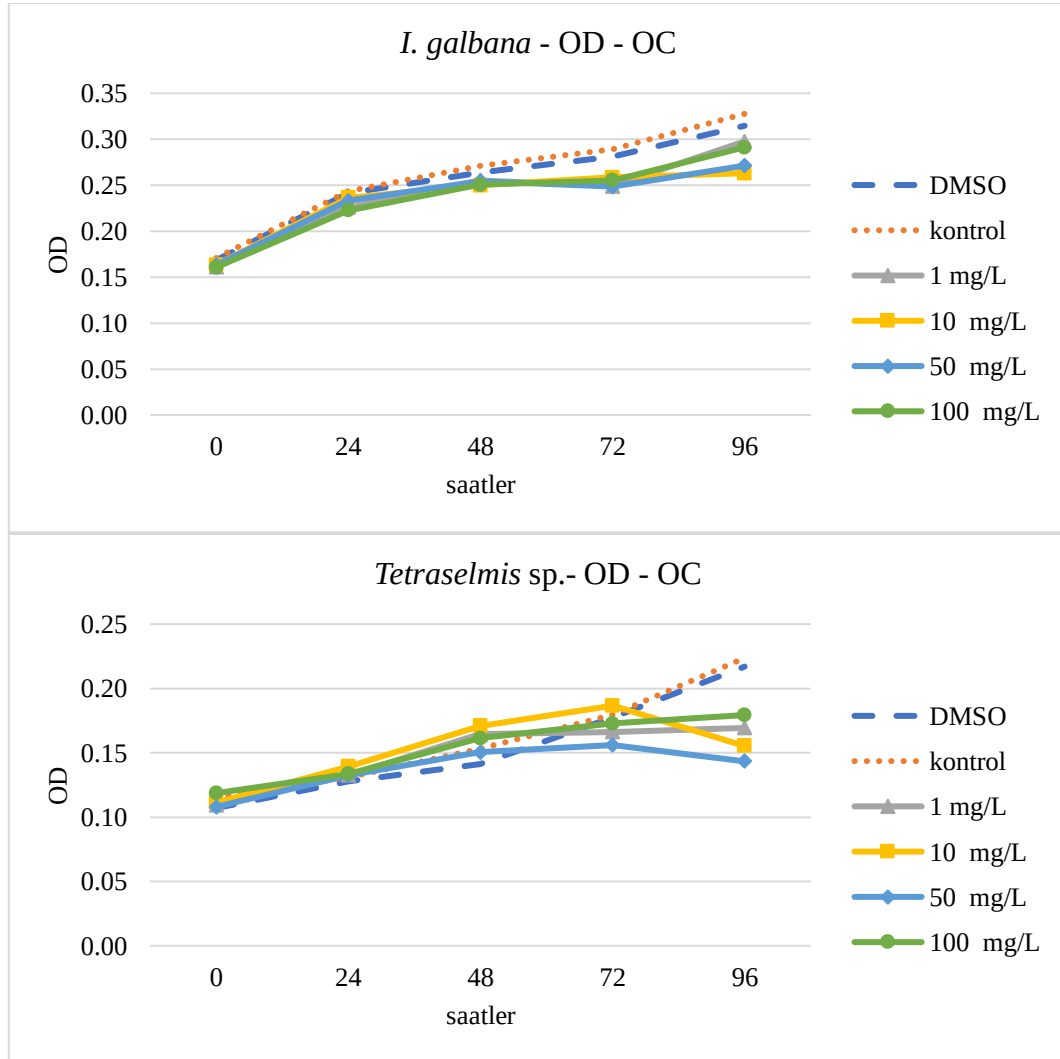
olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,09 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,21 ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,18 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,09 olarak ölçüldü.



Şekil 4.31. Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.32.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,17 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,33'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,30, en

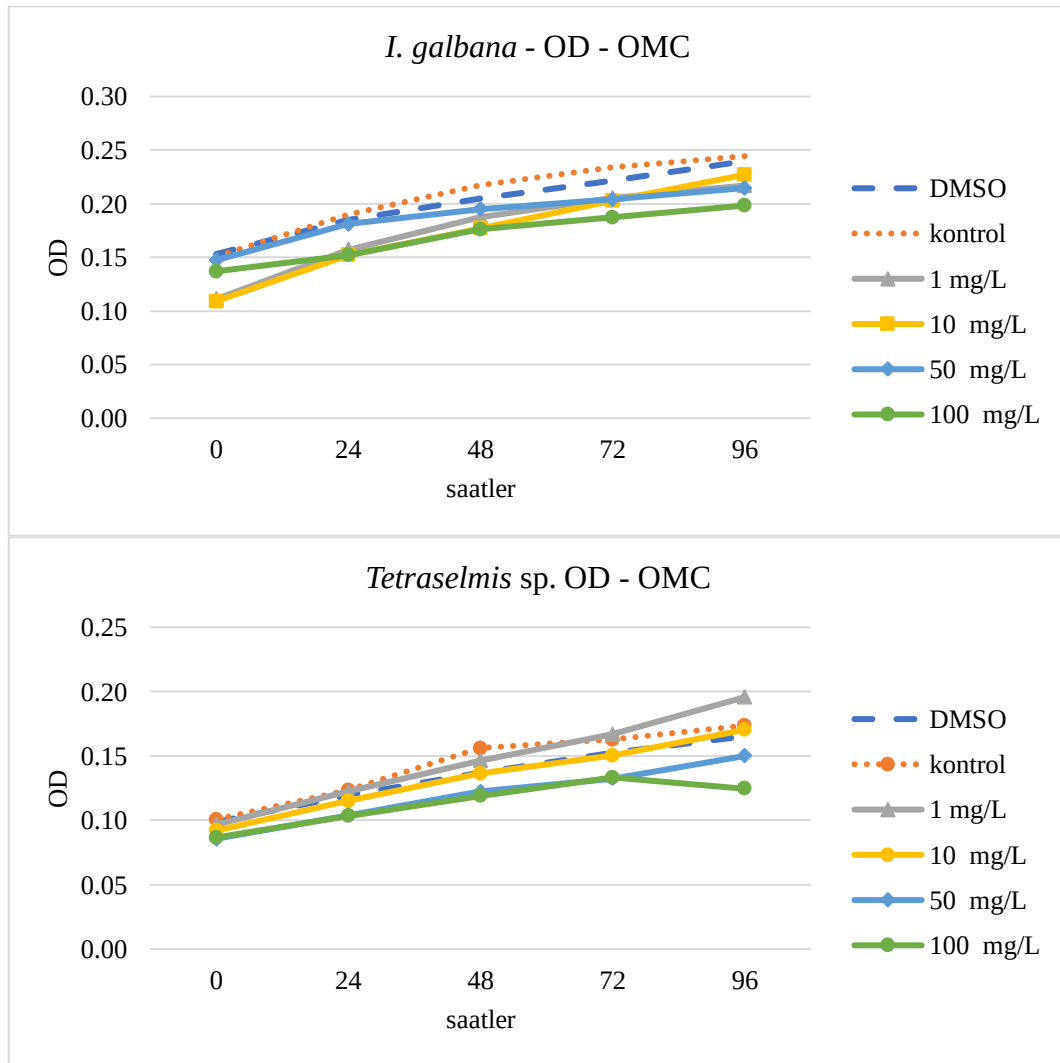
düşük absorbans 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,26 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,11 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,22'ye ulaştı. Doksan altı saat boyunca, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,18 olup, en düşük absorbans 50 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,14 olarak ölçüldü.



Şekil 4.32. Farklı konsantrasyonlarda OC uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.33.'de gösterildi. *I. galbana* kültüründe kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,15 olarak ölçülürken, 96 saatin sonunda 0,24'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol

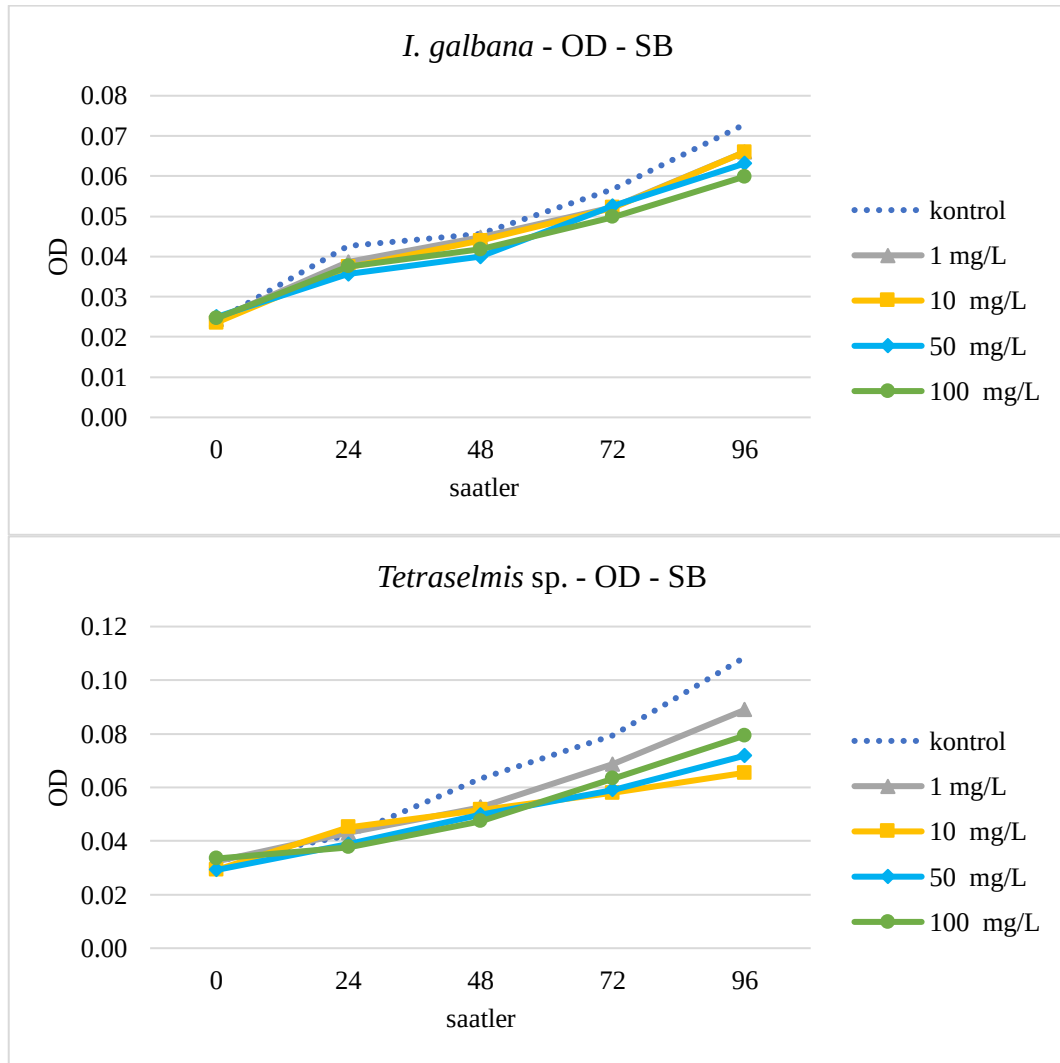
grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,23 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,20 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,10 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,17'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,20 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,12 olarak ölçüldü.



Şekil 4.33. Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler Şekil 4.34.'de gösterildi. *I. galbana* kültüründe kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,02 olarak

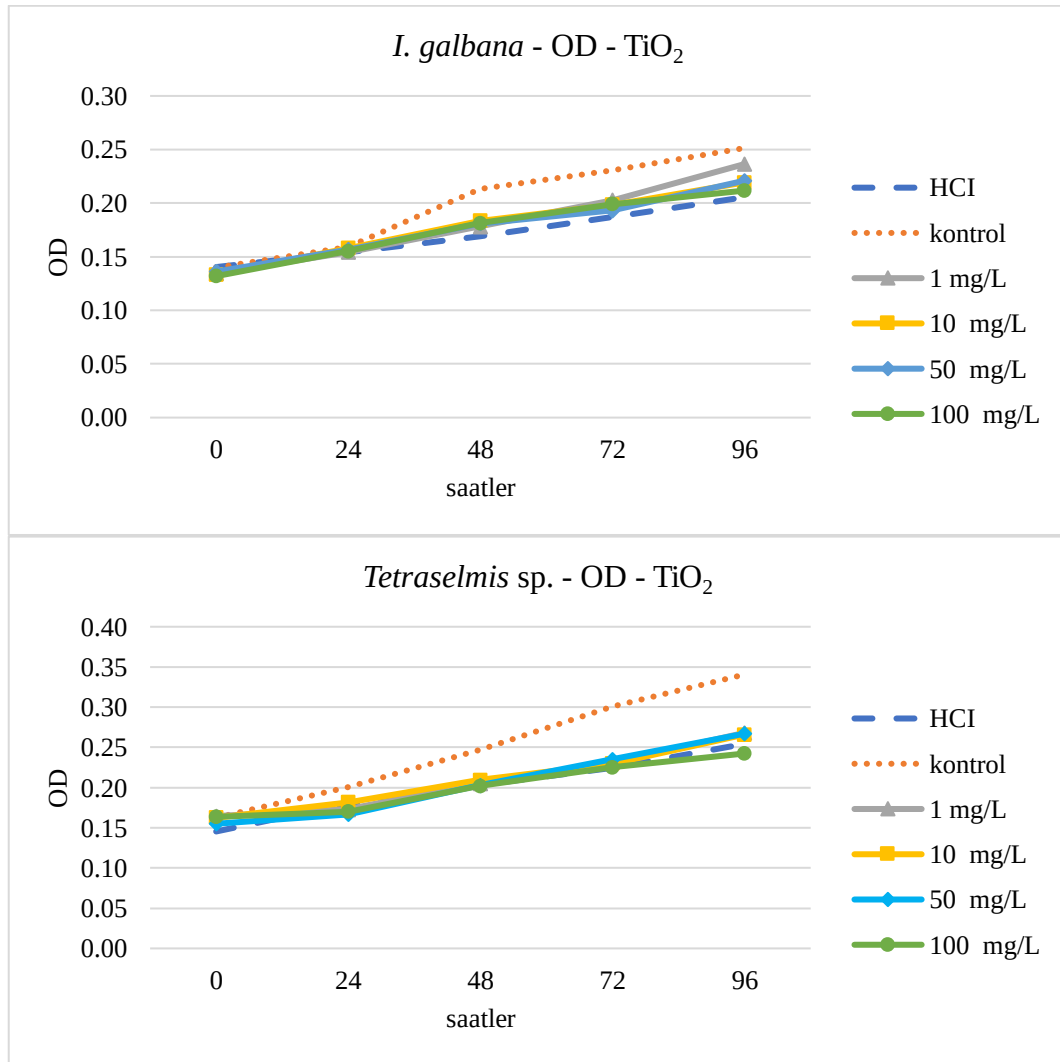
belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,07'ye ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L ve 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,07 olarak llrken, en düşük absorbans 50 mg/L ve 100mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,06 olarak lld. *Tetraselmis* sp. kültüründe kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,03 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,11'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,08 olup, en düşük absorbans 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,06 olarak lld.



şekil 4.34. Farklı konsantrasyonlarda SB uygulamalarının *I.galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

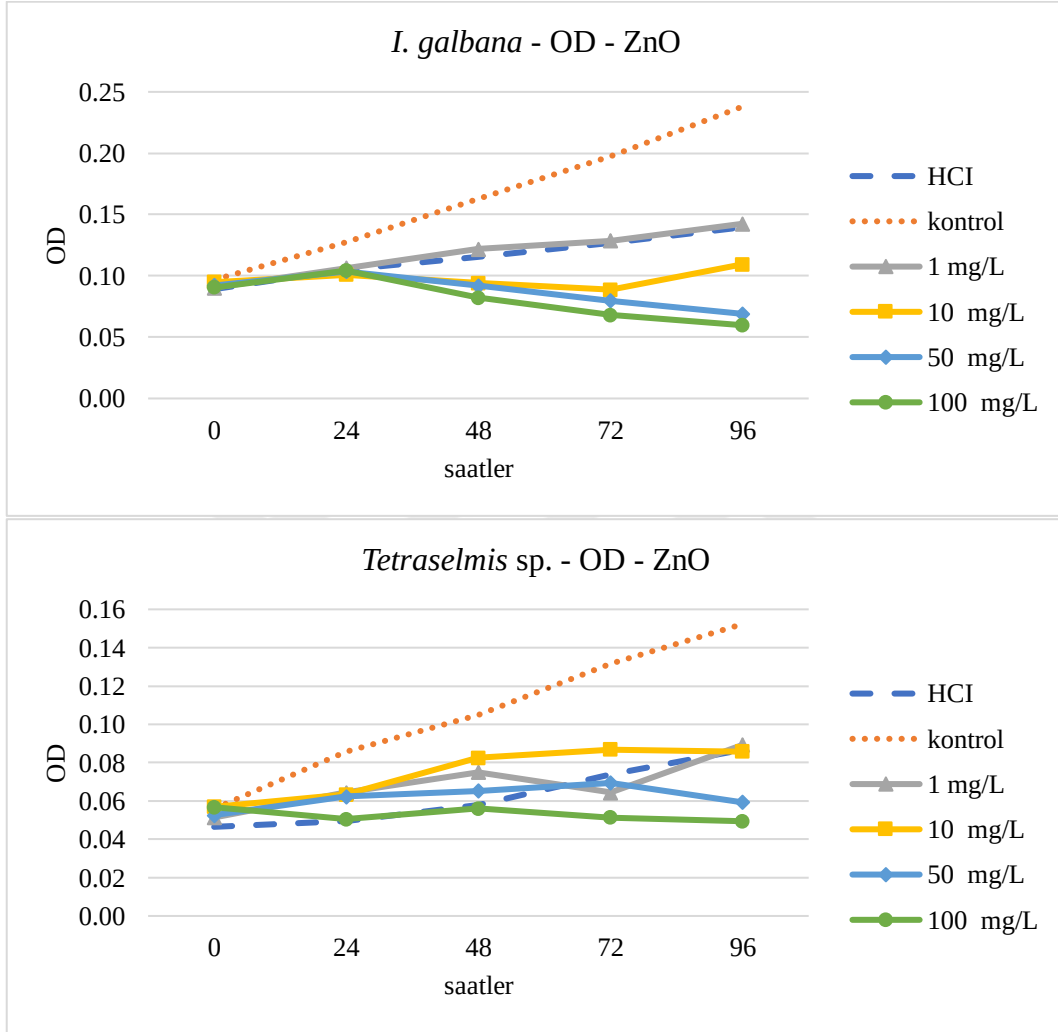
Farklı konsantrasyonlarda TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler şekil 4.35.'de gösterildi. *I.*

*I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,14 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,25'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,24 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,21 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,16 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,34'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L, 10 mg/L ve 50 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,27 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L'de 0,24 olarak ölçüldü.



Şekil 4.35. Farklı konsantrasyonlarda TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimi

Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimi Şekil 4.36'da gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,10 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,24'e ulaştı.



Şekil 4.36. Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulamalarının *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunda oluşturduğu zamana bağlı değişimler

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,14 olarak ölçülürken, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,06 olarak ölçüldü. *Tetraselmis* sp. kültüründe kontrol grubunun başlangıç (0. saat) optik yoğunluğu 0,06 olarak belirlenirken, 96 saatin sonunda 0,15'e ulaştı. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en

yüksek absorbans 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,09 olup, en düşük absorbans 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,05 olarak ölçüldü.

### 4.3. Fotosentetik Pigment Bulguları

Farklı konsantrasyonlarda CA uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.1.'de gösterildi. *I. galbana*'da kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,11  $\mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi 0,56  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,0  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,74  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,38  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,21  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü.

Tablo 4.1. Farklı konsantrasyonlarda CA uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimler

|      | Kl- <i>a</i> | kontrol          | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|--------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0            | 0,16 $\pm$ 0,05  | 0,16 $\pm$ 0,04 | 0,19 $\pm$ 0,02 | 0,22 $\pm$ 0,01 | 0,18 $\pm$ 0,04 |
|      | 24           | 0,37 $\pm$ 0,012 | 0,28 $\pm$ 0,01 | 0,29 $\pm$ 0,02 | 0,28 $\pm$ 0,03 | 0,26 $\pm$ 0,03 |
|      | 48           | 0,69 $\pm$ 0,05  | 0,40 $\pm$ 0,03 | 0,48 $\pm$ 0,11 | 0,43 $\pm$ 0,06 | 0,31 $\pm$ 0,06 |
|      | 72           | 0,88 $\pm$ 0,04  | 0,65 $\pm$ 0,04 | 0,64 $\pm$ 0,05 | 0,55 $\pm$ 0,08 | 0,55 $\pm$ 0,10 |
|      | 96           | 1,11 $\pm$ 0,23  | 1,00 $\pm$ 0,04 | 0,86 $\pm$ 0,06 | 0,84 $\pm$ 0,19 | 0,75 $\pm$ 0,22 |
|      | Kl- <i>b</i> | kontrol          | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
| Saat | 0            | 0,15 $\pm$ 0,13  | 0,09 $\pm$ 0,04 | 0,03 $\pm$ 0,02 | 0,02 $\pm$ 0,03 | 0,05 $\pm$ 0,08 |
|      | 24           | 0,23 $\pm$ 0,04  | 0,14 $\pm$ 0,05 | 0,13 $\pm$ 0,06 | 0,13 $\pm$ 0,04 | 0,14 $\pm$ 0,05 |
|      | 48           | 0,21 $\pm$ 0,07  | 0,22 $\pm$ 0,08 | 0,15 $\pm$ 0,02 | 0,18 $\pm$ 0,04 | 0,17 $\pm$ 0,03 |
|      | 72           | 0,36 $\pm$ 0,11  | 0,30 $\pm$ 0,08 | 0,21 $\pm$ 0,07 | 0,19 $\pm$ 0,02 | 0,17 $\pm$ 0,05 |
|      | 96           | 0,57 $\pm$ 0,09  | 0,38 $\pm$ 0,13 | 0,21 $\pm$ 0,12 | 0,26 $\pm$ 0,00 | 0,27 $\pm$ 0,07 |

Farklı konsantrasyonlarda CA uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.2.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* pigment derişimi 0,92  $\mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi 1,05  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,63  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L derişimde 0,39  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile

karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* miktarı 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,72 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,45 µg/mL olarak ölçüldü.

Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değişimi Tablo 4.3.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,55 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 0,64 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.2. Farklı konsantrasyonlarda CA uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değişimi

|      | Kl-a | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0    | 0,10±0,14 | 0,11±0,14 | 0,11±0,13 | 0,11±0,16 | 0,10±0,14 |
|      | 24   | 0,24±0,28 | 0,16±0,18 | 0,16±0,18 | 0,14±0,17 | 0,13±0,18 |
|      | 48   | 0,39±0,44 | 0,24±0,24 | 0,26±0,26 | 0,22±0,21 | 0,23±0,19 |
|      | 72   | 0,59±0,53 | 0,38±0,38 | 0,44±0,38 | 0,37±0,20 | 0,28±0,25 |
|      | 96   | 0,92±0,72 | 0,63±0,64 | 0,54±0,44 | 0,50±0,31 | 0,39±0,25 |
|      | Kl-b | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0    | 0,11±0,17 | 0,13±0,15 | 0,13±0,15 | 0,13±0,19 | 0,13±0,16 |
|      | 24   | 0,28±0,32 | 0,19±0,20 | 0,19±0,20 | 0,17±0,19 | 0,15±0,21 |
|      | 48   | 0,45±0,50 | 0,28±0,27 | 0,30±0,30 | 0,26±0,24 | 0,27±0,21 |
|      | 72   | 0,68±0,60 | 0,44±0,44 | 0,51±0,43 | 0,43±0,23 | 0,32±0,29 |
|      | 96   | 1,05±0,82 | 0,72±0,73 | 0,62±0,50 | 0,57±0,35 | 0,45±0,29 |

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,28 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,54 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,54 µg/mL, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,27 µg/mL olarak ölçüldü. DMSO kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 1,18 µg/mL, klorofil-*b* derişimi 0,48 µg/mL olarak belirlendi. Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değişimi Tablo 4.4.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,52 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 1,74 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon



uygulamasında 0,99 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,56 µg/mL olarak ölçüldü.

Tablo 4.3. Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | DMSO      | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,43±0,18 | 0,44±0,11 | 0,40±0,11 | 0,40±0,14 | 0,42±0,15 | 0,43±0,18 |
|      | 24           | 0,51±0,16 | 0,53±0,19 | 0,51±0,13 | 0,54±0,19 | 0,40±0,01 | 0,39±0,03 |
|      | 48           | 0,81±0,20 | 0,90±0,38 | 0,60±0,23 | 0,75±0,43 | 0,56±0,17 | 0,41±0,03 |
|      | 72           | 0,94±0,22 | 1,13±0,45 | 0,92±0,47 | 0,89±0,57 | 0,69±0,27 | 0,47±0,03 |
|      | 96           | 1,18±0,31 | 1,55±0,74 | 1,28±0,59 | 1,08±0,69 | 0,87±0,29 | 0,54±0,04 |
|      | Kl- <i>b</i> | DMSO      | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|      | 0            | 0,21±0,06 | 0,17±0,08 | 0,20±0,04 | 0,21±0,05 | 0,21±0,05 | 0,22±0,06 |
|      | 24           | 0,25±0,05 | 0,28±0,04 | 0,24±0,04 | 0,26±0,06 | 0,20±0,00 | 0,20±0,01 |
|      | 48           | 0,35±0,07 | 0,38±0,13 | 0,26±0,09 | 0,33±0,15 | 0,26±0,06 | 0,21±0,01 |
|      | 72           | 0,40±0,07 | 0,45±0,18 | 0,38±0,14 | 0,38±0,20 | 0,31±0,09 | 0,23±0,01 |
|      | 96           | 0,48±0,11 | 0,64±0,29 | 0,54±0,19 | 0,47±0,22 | 0,36±0,11 | 0,27±0,03 |

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,14 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,63 µg/mL olarak ölçüldü. DMSO kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 1,45 µg/mL, klorofil-*b* derişimi 1,72 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.4. Farklı konsantrasyonlarda TCS uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | DMSO      | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,23±0,18 | 0,19±0,13 | 0,19±0,05 | 0,17±0,15 | 0,16±0,09 | 0,18±0,11 |
|      | 24           | 0,39±0,06 | 0,41±0,16 | 0,41±0,11 | 0,32±0,09 | 0,34±0,14 | 0,33±0,08 |
|      | 48           | 0,78±0,16 | 0,77±0,08 | 0,61±0,14 | 0,59±0,20 | 0,46±0,02 | 0,41±0,03 |
|      | 72           | 1,08±0,40 | 1,17±0,23 | 0,77±0,12 | 0,76±0,10 | 0,63±0,12 | 0,48±0,12 |
|      | 96           | 1,45±0,54 | 1,52±0,39 | 0,99±0,05 | 0,89±0,08 | 0,86±0,26 | 0,56±0,22 |
|      | Kl- <i>b</i> | DMSO      | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,25±0,18 | 0,21±0,15 | 0,23±0,05 | 0,20±0,17 | 0,19±0,10 | 0,20±0,14 |
|      | 24           | 0,45±0,07 | 0,48±0,18 | 0,48±0,13 | 0,37±0,10 | 0,39±0,16 | 0,38±0,09 |
|      | 48           | 0,90±0,18 | 0,88±0,09 | 0,71±0,16 | 0,68±0,23 | 0,53±0,03 | 0,48±0,04 |
|      | 72           | 1,23±0,46 | 1,34±0,26 | 0,89±0,14 | 0,87±0,14 | 0,72±0,14 | 0,54±0,16 |
|      | 96           | 1,72±0,67 | 1,74±0,44 | 1,14±0,06 | 1,05±0,23 | 0,98±0,23 | 0,63±0,25 |

Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimleri Tablo 4.5.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi  $1,49 \mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi  $0,61 \mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi  $1 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,95 \mu\text{g/mL}$ , en düşük  $100 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,51 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi  $1 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,40 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük  $100 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,24 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. HCl kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi  $0,87 \mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi  $0,40 \mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Tablo 4.5. Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl-a | HCl             | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0    | $0,54 \pm 0,14$ | $0,64 \pm 0,03$ | $0,59 \pm 0,00$ | $0,63 \pm 0,02$ | $0,63 \pm 0,04$ | $0,59 \pm 0,02$ |
|      | 24   | $0,69 \pm 0,11$ | $0,78 \pm 0,07$ | $0,69 \pm 0,02$ | $0,66 \pm 0,03$ | $0,70 \pm 0,06$ | $0,65 \pm 0,05$ |
|      | 48   | $0,73 \pm 0,10$ | $1,05 \pm 0,06$ | $0,80 \pm 0,08$ | $0,65 \pm 0,05$ | $0,62 \pm 0,05$ | $0,58 \pm 0,09$ |
|      | 72   | $0,81 \pm 0,12$ | $1,25 \pm 0,03$ | $0,83 \pm 0,12$ | $0,65 \pm 0,08$ | $0,58 \pm 0,01$ | $0,53 \pm 0,08$ |
|      | 96   | $0,87 \pm 0,11$ | $1,49 \pm 0,01$ | $0,95 \pm 0,15$ | $0,65 \pm 0,06$ | $0,57 \pm 0,01$ | $0,51 \pm 0,09$ |
|      | Kl-b | HCl             | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
| Saat | 0    | $0,27 \pm 0,04$ | $0,29 \pm 0,01$ | $0,25 \pm 0,03$ | $0,29 \pm 0,01$ | $0,29 \pm 0,01$ | $0,27 \pm 0,00$ |
|      | 24   | $0,25 \pm 0,09$ | $0,39 \pm 0,03$ | $0,31 \pm 0,01$ | $0,29 \pm 0,01$ | $0,31 \pm 0,02$ | $0,30 \pm 0,01$ |
|      | 48   | $0,33 \pm 0,03$ | $0,44 \pm 0,02$ | $0,33 \pm 0,05$ | $0,30 \pm 0,01$ | $0,29 \pm 0,02$ | $0,27 \pm 0,03$ |
|      | 72   | $0,35 \pm 0,04$ | $0,54 \pm 0,02$ | $0,36 \pm 0,04$ | $0,30 \pm 0,02$ | $0,27 \pm 0,01$ | $0,25 \pm 0,02$ |
|      | 96   | $0,40 \pm 0,06$ | $0,61 \pm 0,02$ | $0,40 \pm 0,05$ | $0,29 \pm 0,02$ | $0,26 \pm 0,00$ | $0,24 \pm 0,00$ |

Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimleri Tablo 4.6.'da gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi  $2,15 \mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi  $1,05 \mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi  $1 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $1,02 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük  $100 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,43 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi  $1 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $1,39 \mu\text{g/mL}$ , en düşük  $100 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,52 \mu\text{g/mL}$  olarak

ölçüldü. HCI kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 0,78 µg/mL, klorofil-*b* derişimi 1,05 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.6. Farklı konsantrasyonlarda CuO uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimleri

|      | Kl- <i>a</i> | HCI       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,22±0,18 | 0,27±0,16 | 0,32±0,20 | 0,26±0,21 | 0,27±0,17 | 0,30±0,15 |
|      | 24           | 0,38±0,13 | 0,54±0,25 | 0,38±0,27 | 0,45±0,19 | 0,43±0,22 | 0,41±0,09 |
|      | 48           | 0,52±0,13 | 1,10±0,32 | 0,67±0,34 | 0,62±0,19 | 0,52±0,21 | 0,44±0,06 |
|      | 72           | 0,61±0,10 | 1,56±0,50 | 0,85±0,31 | 0,79±0,27 | 0,59±0,23 | 0,42±0,18 |
|      | 96           | 0,78±0,17 | 2,15±0,41 | 1,02±0,33 | 0,79±0,34 | 0,62±0,29 | 0,43±0,13 |
|      | Kl- <i>b</i> | HCI       | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,21±0,27 | 0,28±0,24 | 0,35±0,29 | 0,27±0,32 | 0,28±0,26 | 0,32±0,23 |
|      | 24           | 0,44±0,20 | 0,68±0,37 | 0,45±0,40 | 0,55±0,29 | 0,52±0,33 | 0,49±0,13 |
|      | 48           | 0,65±0,19 | 1,51±0,48 | 0,88±0,51 | 0,81±0,29 | 0,66±0,31 | 0,54±0,09 |
|      | 72           | 0,79±0,15 | 2,21±0,75 | 1,15±0,46 | 1,06±0,40 | 0,76±0,35 | 0,51±0,26 |
|      | 96           | 1,05±0,25 | 3,08±0,61 | 1,39±0,49 | 1,06±0,50 | 0,80±0,43 | 0,52±0,19 |

Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimleri Tablo 4.7.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 2,10 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 0,81 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.7. Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,81±0,27 | 0,90±0,18 | 0,97±0,19 | 0,95±0,18 | 0,85±0,19 |
|      | 24           | 1,14±0,11 | 1,14±0,03 | 1,21±0,12 | 1,13±0,09 | 1,11±0,08 |
|      | 48           | 1,51±0,19 | 1,53±0,24 | 1,74±0,09 | 1,49±0,30 | 1,48±0,37 |
|      | 72           | 1,85±0,45 | 1,86±0,59 | 2,19±0,20 | 1,85±0,53 | 1,74±0,50 |
|      | 96           | 2,10±0,58 | 2,11±0,68 | 2,53±0,14 | 2,04±0,63 | 2,02±0,70 |
|      | Kl- <i>b</i> | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,35±0,08 | 0,38±0,06 | 0,41±0,06 | 0,40±0,06 | 0,37±0,07 |
|      | 24           | 0,47±0,04 | 0,47±0,01 | 0,49±0,04 | 0,47±0,03 | 0,46±0,03 |
|      | 48           | 0,60±0,07 | 0,61±0,08 | 0,68±0,03 | 0,59±0,10 | 0,59±0,13 |
|      | 72           | 0,72±0,16 | 0,73±0,17 | 0,84±0,07 | 0,72±0,18 | 0,68±0,17 |
|      | 96           | 0,81±0,20 | 0,81±0,24 | 0,96±0,05 | 0,79±0,22 | 0,78±0,25 |

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 2,53 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 2,02 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,96 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,78 µg/mL olarak ölçüldü.

Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimleri Tablo 4.8.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 0,94 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 1,35 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,85 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,70 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,28 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,11 µg/mL olarak ölçüldü. Farklı konsantrasyonlarda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimi Tablo 4.9.'da gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,51 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 0,62 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.8. Farklı konsantrasyonlarda BP-4 uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimi

|      | Kl-a | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0    | 0,41±0,16 | 0,43±0,07 | 0,40±0,07 | 0,35±0,08 | 0,36±0,10 |
|      | 24   | 0,55±0,10 | 0,55±0,07 | 0,50±0,04 | 0,49±0,10 | 0,49±0,08 |
|      | 48   | 0,71±0,09 | 0,68±0,01 | 0,65±0,02 | 0,63±0,05 | 0,61±0,09 |
|      | 72   | 0,85±0,05 | 0,72±0,06 | 0,72±0,09 | 0,69±0,05 | 0,63±0,10 |
|      | 96   | 0,94±0,07 | 0,76±0,10 | 0,85±0,15 | 0,80±0,09 | 0,70±0,11 |
|      | Kl-b | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0    | 0,78±0,14 | 0,78±0,08 | 0,75±0,08 | 0,70±0,10 | 0,70±0,12 |
|      | 24   | 0,93±0,11 | 0,93±0,08 | 0,86±0,04 | 0,85±0,11 | 0,85±0,09 |
|      | 48   | 1,09±0,10 | 1,07±0,01 | 1,03±0,02 | 1,01±0,05 | 1,01±0,07 |
|      | 72   | 1,25±0,06 | 1,12±0,07 | 1,12±0,10 | 1,08±0,05 | 1,01±0,11 |
|      | 96   | 1,35±0,22 | 1,14±0,09 | 1,28±0,17 | 1,23±0,15 | 1,11±0,10 |

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,21 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,65 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,49 µg/mL, en düşük 50 mg/L ve 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,30 µg/mL olarak ölçüldü. HCI kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 0,94 µg/mL, klorofil-*b* derişimi 0,41 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.9. Farklı konsantrasyonlarda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | HCI       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,62±0,17 | 0,66±0,08 | 0,63±0,08 | 0,64±0,09 | 0,63±0,11 | 0,61±0,08 |
|      | 24           | 0,74±0,13 | 0,82±0,14 | 0,74±0,09 | 0,71±0,06 | 0,75±0,05 | 0,75±0,10 |
|      | 48           | 0,81±0,14 | 1,06±0,13 | 0,95±0,04 | 0,88±0,07 | 0,78±0,11 | 0,74±0,16 |
|      | 72           | 0,89±0,16 | 1,27±0,16 | 1,10±0,07 | 0,85±0,14 | 0,80±0,09 | 0,80±0,19 |
|      | 96           | 0,94±0,15 | 1,51±0,08 | 1,21±0,08 | 0,91±0,19 | 0,73±0,18 | 0,65±0,12 |
|      | Kl- <i>b</i> | HCI       | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,25±0,07 | 0,30±0,03 | 0,28±0,07 | 0,29±0,03 | 0,30±0,03 | 0,29±0,02 |
|      | 24           | 0,24±0,04 | 0,37±0,05 | 0,33±0,04 | 0,30±0,01 | 0,35±0,05 | 0,33±0,03 |
|      | 48           | 0,34±0,05 | 0,42±0,06 | 0,38±0,03 | 0,40±0,03 | 0,35±0,03 | 0,35±0,04 |
|      | 72           | 0,31±0,03 | 0,57±0,04 | 0,45±0,01 | 0,35±0,07 | 0,33±0,03 | 0,34±0,09 |
|      | 96           | 0,41±0,08 | 0,62±0,15 | 0,49±0,05 | 0,34±0,06 | 0,30±0,08 | 0,30±0,04 |

Farklı konsantrasyonlarda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimi Tablo 4.10.'da gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 2,14 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 3,06 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,15 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,62 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,59 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,81 µg/mL olarak ölçüldü. HCI kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 0,78 µg/mL, klorofil-*b* derişimi 1,05 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.10. Farklı konsantrasyonlarda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | HCl       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,22±0,18 | 0,20±0,16 | 0,23±0,22 | 0,25±0,22 | 0,23±0,20 | 0,59±0,67 |
|      | 24           | 0,38±0,13 | 0,54±0,28 | 0,45±0,38 | 0,42±0,21 | 0,46±0,20 | 0,35±0,23 |
|      | 48           | 0,52±0,13 | 1,16±0,31 | 0,74±0,46 | 0,72±0,13 | 0,52±0,21 | 0,48±0,20 |
|      | 72           | 0,61±0,10 | 1,51±0,31 | 1,00±0,36 | 0,90±0,17 | 0,61±0,22 | 0,54±0,22 |
|      | 96           | 0,78±0,17 | 2,14±0,34 | 1,15±0,32 | 1,01±0,26 | 0,68±0,21 | 0,62±0,20 |
|      | Kl- <i>b</i> | HCl       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,21±0,27 | 0,18±0,24 | 0,23±0,33 | 0,25±0,33 | 0,23±0,31 | 0,02±0,99 |
|      | 24           | 0,44±0,20 | 0,68±0,42 | 0,55±0,57 | 0,51±0,31 | 0,56±0,30 | 0,40±0,34 |
|      | 48           | 0,65±0,19 | 1,60±0,46 | 0,98±0,68 | 0,95±0,19 | 0,66±0,31 | 0,59±0,30 |
|      | 72           | 0,79±0,15 | 2,13±0,47 | 1,36±0,54 | 1,22±0,25 | 0,79±0,33 | 0,68±0,32 |
|      | 96           | 1,05±0,25 | 3,06±0,50 | 1,59±0,47 | 1,38±0,39 | 0,90±0,32 | 0,81±0,29 |

Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi Tablo 4.11.'de gösterildi. *I. galbana* türünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,63 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 0,64 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,57 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,44 µg/mL olarak ölçüldü.

Tablo 4.11. Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,91±0,18 | 0,91±0,27 | 0,95±0,24 | 0,95±0,21 | 0,95±0,22 |
|      | 24           | 1,12±0,23 | 1,05±0,19 | 1,11±0,20 | 1,06±0,16 | 1,07±0,19 |
|      | 48           | 1,28±0,24 | 1,22±0,22 | 1,26±0,22 | 1,20±0,23 | 1,21±0,24 |
|      | 72           | 1,45±0,27 | 1,35±0,25 | 1,36±0,20 | 1,33±0,27 | 1,31±0,24 |
|      | 96           | 1,63±0,25 | 1,53±0,26 | 1,57±0,18 | 1,51±0,21 | 1,44±0,18 |
|      | Kl- <i>b</i> | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,40±0,09 | 0,39±0,09 | 0,40±0,08 | 0,40±0,07 | 0,40±0,07 |
|      | 24           | 0,46±0,08 | 0,44±0,06 | 0,46±0,07 | 0,44±0,05 | 0,44±0,06 |
|      | 48           | 0,52±0,08 | 0,50±0,07 | 0,51±0,07 | 0,49±0,08 | 0,49±0,08 |
|      | 72           | 0,57±0,09 | 0,49±0,08 | 0,55±0,07 | 0,55±0,07 | 0,53±0,08 |
|      | 96           | 0,64±0,06 | 0,60±0,09 | 0,62±0,06 | 0,60±0,07 | 0,57±0,07 |

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,62 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,57 µg/mL olarak ölçüldü. Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değişimi Tablo 4.12.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,8 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 2,15 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,54 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,2 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,74 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,4 µg/mL olarak ölçüldü.

Tablo 4.12. Farklı konsantrasyonlarda MEP uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değişimi

|      | Kl-a | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0    | 0,79±0,75 | 0,88±0,77 | 0,82±0,74 | 0,74±0,66 | 0,81±0,82 |
|      | 24   | 1,00±0,81 | 0,99±0,77 | 1,00±0,85 | 0,93±0,78 | 0,96±0,82 |
|      | 48   | 1,32±1,05 | 1,18±0,82 | 1,05±0,81 | 1,10±0,78 | 1,12±0,79 |
|      | 72   | 1,51±1,14 | 1,34±1,05 | 1,28±0,89 | 1,23±0,87 | 1,21±0,86 |
|      | 96   | 1,81±1,00 | 1,54±1,07 | 1,41±0,94 | 1,34±0,80 | 1,26±0,85 |
|      | Kl-b | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0    | 0,89±0,81 | 1,01±0,87 | 0,94±0,84 | 0,85±0,75 | 0,93±0,93 |
|      | 24   | 1,17±0,96 | 1,14±0,88 | 1,15±0,96 | 1,07±0,89 | 1,10±0,93 |
|      | 48   | 1,51±1,20 | 1,36±0,93 | 1,35±0,92 | 1,26±0,89 | 1,28±0,90 |
|      | 72   | 1,73±1,30 | 1,54±1,20 | 1,43±1,01 | 1,40±0,99 | 1,38±0,98 |
|      | 96   | 2,15±1,13 | 1,74±1,19 | 1,73±1,09 | 1,57±0,93 | 1,48±0,96 |

Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan *I. galbana* klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değişimi Tablo 4.13.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,33 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 0,56 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,83 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,56 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında



0,33 µg/mL, en düşük 50 ve 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,26 µg/mL olarak ölçüldü.

Tablo 4.13. Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl-a | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0    | 0,78±0,37 | 0,79±0,35 | 0,80±0,36 | 0,80±0,36 | 0,81±0,37 |
|      | 24   | 0,91±0,41 | 0,81±0,34 | 0,72±0,29 | 0,76±0,36 | 0,72±0,32 |
|      | 48   | 1,06±0,41 | 0,85±0,34 | 0,72±0,33 | 0,72±0,31 | 0,67±0,30 |
|      | 72   | 1,24±0,46 | 0,81±0,33 | 0,71±0,33 | 0,65±0,29 | 0,61±0,33 |
|      | 96   | 1,33±0,42 | 0,83±0,24 | 0,69±0,29 | 0,64±0,26 | 0,56±0,32 |
|      | Kl-b | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0    | 0,34±0,12 | 0,33±0,15 | 0,35±0,13 | 0,35±0,12 | 0,35±0,13 |
|      | 24   | 0,40±0,15 | 0,35±0,12 | 0,32±0,09 | 0,33±0,12 | 0,32±0,11 |
|      | 48   | 0,44±0,14 | 0,36±0,12 | 0,32±0,11 | 0,30±0,10 | 0,30±0,10 |
|      | 72   | 0,48±0,13 | 0,36±0,10 | 0,31±0,12 | 0,29±0,10 | 0,28±0,11 |
|      | 96   | 0,56±0,15 | 0,33±0,06 | 0,28±0,14 | 0,26±0,17 | 0,26±0,11 |

Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi Tablo 4.14.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,55 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 1,77 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,28 µg/mL, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,62 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,48 µg/mL, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,71 µg/mL olarak ölçüldü.

Tablo 4.14. Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl-a | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0    | 0,55±0,25 | 0,58±0,26 | 0,55±0,24 | 0,57±0,24 | 0,58±0,26 |
|      | 24   | 0,76±0,23 | 0,71±0,29 | 0,64±0,18 | 0,63±0,18 | 0,62±0,19 |
|      | 48   | 0,99±0,17 | 0,88±0,26 | 0,69±0,19 | 0,70±0,19 | 0,76±0,24 |
|      | 72   | 1,25±0,24 | 1,08±0,25 | 0,83±0,32 | 0,72±0,28 | 0,71±0,24 |
|      | 96   | 1,55±0,20 | 1,28±0,24 | 0,69±0,26 | 0,65±0,27 | 0,62±0,32 |
|      | Kl-b | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0    | 0,68±0,34 | 0,66±0,30 | 0,63±0,27 | 0,66±0,27 | 0,67±0,30 |
|      | 24   | 0,88±0,26 | 0,81±0,33 | 0,73±0,21 | 0,72±0,20 | 0,71±0,22 |



Tablo 4.14.(Devam) Farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil *a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>b</i> | Kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 48           | 1,14 $\pm$ 0,20 | 1,01 $\pm$ 0,30 | 0,79 $\pm$ 0,21 | 0,80 $\pm$ 0,25 | 0,87 $\pm$ 0,27 |
|      | 72           | 1,41 $\pm$ 0,27 | 1,24 $\pm$ 0,28 | 0,97 $\pm$ 0,34 | 0,83 $\pm$ 0,32 | 0,81 $\pm$ 0,28 |
|      | 96           | 1,77 $\pm$ 0,23 | 1,48 $\pm$ 0,20 | 0,80 $\pm$ 0,29 | 0,74 $\pm$ 0,33 | 0,71 $\pm$ 0,41 |

Farklı konsantrasyonlarda OC uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.15.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 2,12  $\mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi 0,82  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,93  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,70  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,75  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,67  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. DMSO kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 2,04  $\mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi 0,79  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Tablo 4.15. Farklı konsantrasyonlarda OC uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | DMSO            | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0            | 1,09 $\pm$ 0,34 | 1,10 $\pm$ 0,30 | 1,04 $\pm$ 0,34 | 1,06 $\pm$ 0,34 | 1,05 $\pm$ 0,35 | 1,04 $\pm$ 0,29 |
|      | 24           | 1,56 $\pm$ 0,05 | 1,58 $\pm$ 0,10 | 1,47 $\pm$ 0,12 | 1,53 $\pm$ 0,06 | 1,51 $\pm$ 0,07 | 1,44 $\pm$ 0,07 |
|      | 48           | 1,71 $\pm$ 0,09 | 1,75 $\pm$ 0,14 | 1,65 $\pm$ 0,09 | 1,62 $\pm$ 0,31 | 1,65 $\pm$ 0,10 | 1,62 $\pm$ 0,06 |
|      | 72           | 1,82 $\pm$ 0,02 | 1,87 $\pm$ 0,05 | 1,61 $\pm$ 0,35 | 1,67 $\pm$ 0,27 | 1,61 $\pm$ 0,25 | 1,65 $\pm$ 0,07 |
|      | 96           | 2,04 $\pm$ 0,07 | 2,12 $\pm$ 0,15 | 1,93 $\pm$ 0,17 | 1,70 $\pm$ 0,40 | 1,76 $\pm$ 0,22 | 1,89 $\pm$ 0,23 |
|      | Kl- <i>b</i> | DMSO            | Kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
| Saat | 0            | 0,45 $\pm$ 0,11 | 0,46 $\pm$ 0,10 | 0,43 $\pm$ 0,12 | 0,44 $\pm$ 0,12 | 0,44 $\pm$ 0,12 | 0,43 $\pm$ 0,10 |
|      | 24           | 0,62 $\pm$ 0,01 | 0,62 $\pm$ 0,03 | 0,58 $\pm$ 0,04 | 0,61 $\pm$ 0,02 | 0,60 $\pm$ 0,02 | 0,58 $\pm$ 0,02 |
|      | 48           | 0,67 $\pm$ 0,03 | 0,69 $\pm$ 0,04 | 0,65 $\pm$ 0,03 | 0,64 $\pm$ 0,11 | 0,65 $\pm$ 0,03 | 0,64 $\pm$ 0,02 |
|      | 72           | 0,71 $\pm$ 0,01 | 0,73 $\pm$ 0,02 | 0,64 $\pm$ 0,12 | 0,66 $\pm$ 0,09 | 0,63 $\pm$ 0,08 | 0,65 $\pm$ 0,02 |
|      | 96           | 0,79 $\pm$ 0,02 | 0,82 $\pm$ 0,05 | 0,75 $\pm$ 0,06 | 0,67 $\pm$ 0,14 | 0,69 $\pm$ 0,08 | 0,73 $\pm$ 0,08 |

Farklı konsantrasyonlarda OC uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.16'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,65

$\mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi 2,33  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,20  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 50 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,84  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,67  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 50 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,14  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. DMSO kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 1,58  $\mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi 2,23  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Tablo 4.16. Farklı konsantrasyonlarda OC uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağlı değişimi

|      | Kl-a | DMSO            | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0    | 0,48 $\pm$ 0,17 | 0,56 $\pm$ 0,04 | 0,50 $\pm$ 0,32 | 0,52 $\pm$ 0,25 | 0,49 $\pm$ 0,10 | 0,60 $\pm$ 0,12 |
|      | 24   | 0,69 $\pm$ 0,05 | 0,72 $\pm$ 0,06 | 0,74 $\pm$ 0,27 | 0,80 $\pm$ 0,12 | 0,73 $\pm$ 0,10 | 0,75 $\pm$ 0,09 |
|      | 48   | 0,82 $\pm$ 0,11 | 0,94 $\pm$ 0,22 | 1,05 $\pm$ 0,19 | 1,12 $\pm$ 0,03 | 0,91 $\pm$ 0,09 | 1,02 $\pm$ 0,08 |
|      | 72   | 1,18 $\pm$ 0,17 | 1,21 $\pm$ 0,20 | 1,07 $\pm$ 0,19 | 1,28 $\pm$ 0,14 | 0,97 $\pm$ 0,06 | 1,14 $\pm$ 0,18 |
|      | 96   | 1,58 $\pm$ 0,19 | 1,65 $\pm$ 0,07 | 1,10 $\pm$ 0,12 | 0,96 $\pm$ 0,20 | 0,84 $\pm$ 0,50 | 1,20 $\pm$ 0,36 |
|      | Kl-b | DMSO            | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
| Saat | 0    | 0,60 $\pm$ 0,24 | 0,72 $\pm$ 0,06 | 0,63 $\pm$ 0,48 | 0,66 $\pm$ 0,37 | 0,61 $\pm$ 0,15 | 0,77 $\pm$ 0,19 |
|      | 24   | 0,90 $\pm$ 0,07 | 0,95 $\pm$ 0,09 | 0,98 $\pm$ 0,41 | 1,08 $\pm$ 0,17 | 0,97 $\pm$ 0,15 | 0,99 $\pm$ 0,14 |
|      | 48   | 1,10 $\pm$ 0,16 | 1,28 $\pm$ 0,33 | 1,45 $\pm$ 0,29 | 1,55 $\pm$ 0,05 | 1,24 $\pm$ 0,13 | 1,40 $\pm$ 0,11 |
|      | 72   | 1,64 $\pm$ 0,25 | 1,68 $\pm$ 0,31 | 1,48 $\pm$ 0,28 | 1,78 $\pm$ 0,21 | 1,32 $\pm$ 0,09 | 1,57 $\pm$ 0,28 |
|      | 96   | 2,23 $\pm$ 0,29 | 2,33 $\pm$ 0,10 | 1,52 $\pm$ 0,19 | 1,31 $\pm$ 0,30 | 1,14 $\pm$ 0,75 | 1,67 $\pm$ 0,54 |

Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağlı değişimi Tablo 4.17.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,63  $\mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* pigment miktarı 0,59  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,52  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,32  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,54  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,50  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. DMSO kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 1,59  $\mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi 0,60  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.18’de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültüründe kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,24  $\mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi 1,42  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Tablo 4.17. Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | DMSO      | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 1,04±0,39 | 1,02±0,45 | 0,76±0,47 | 0,75±0,38 | 1,00±0,43 | 0,93±0,39 |
|      | 24           | 1,24±0,54 | 1,27±0,61 | 1,06±0,53 | 1,03±0,44 | 1,21±0,55 | 1,03±0,44 |
|      | 48           | 1,37±0,62 | 1,45±0,67 | 1,26±0,63 | 1,19±0,51 | 1,31±0,55 | 1,18±0,49 |
|      | 72           | 1,49±0,65 | 1,56±0,71 | 1,37±0,61 | 1,35±0,53 | 1,36±0,57 | 1,24±0,50 |
|      | 96           | 1,59±0,69 | 1,63±0,71 | 1,45±0,64 | 1,52±0,62 | 1,43±0,59 | 1,32±0,57 |
|      | Kl- <i>b</i> | DMSO      | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,35±0,16 | 0,39±0,16 | 0,30±0,16 | 0,29±0,13 | 0,38±0,15 | 0,36±0,13 |
|      | 24           | 0,47±0,19 | 0,48±0,21 | 0,40±0,19 | 0,39±0,15 | 0,46±0,19 | 0,39±0,15 |
|      | 48           | 0,50±0,24 | 0,54±0,23 | 0,48±0,22 | 0,45±0,18 | 0,49±0,19 | 0,45±0,17 |
|      | 72           | 0,53±0,20 | 0,58±0,25 | 0,52±0,21 | 0,51±0,18 | 0,51±0,20 | 0,48±0,18 |
|      | 96           | 0,60±0,23 | 0,59±0,27 | 0,54±0,21 | 0,55±0,20 | 0,54±0,21 | 0,50±0,18 |

Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,41  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,85  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,61  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,98  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. DMSO kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 1,17  $\mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi 1,34  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Tablo 4.18. Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | DMSO      | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 0,65±0,23 | 0,66±0,24 | 0,63±0,22 | 0,60±0,18 | 0,55±0,18 | 0,55±0,19 |
|      | 24           | 0,81±0,17 | 0,84±0,23 | 0,83±0,29 | 0,78±0,23 | 0,69±0,15 | 0,68±0,18 |
|      | 48           | 0,95±0,25 | 1,10±0,35 | 1,02±0,37 | 0,94±0,28 | 0,83±0,22 | 0,81±0,21 |
|      | 72           | 1,07±0,25 | 1,15±0,24 | 1,19±0,35 | 1,05±0,37 | 0,91±0,23 | 0,92±0,25 |
|      | 96           | 1,17±0,28 | 1,24±0,22 | 1,41±0,37 | 1,21±0,42 | 1,05±0,29 | 0,85±0,27 |

Tablo 4.18. (Devam) Farklı konsantrasyonlarda OMC uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl-b | DMSO            | Kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0    | 0,75 $\pm$ 0,28 | 0,76 $\pm$ 0,27 | 0,73 $\pm$ 0,25 | 0,69 $\pm$ 0,21 | 0,63 $\pm$ 0,20 | 0,64 $\pm$ 0,22 |
|      | 24   | 0,93 $\pm$ 0,19 | 0,97 $\pm$ 0,27 | 0,96 $\pm$ 0,33 | 0,89 $\pm$ 0,26 | 0,79 $\pm$ 0,17 | 0,79 $\pm$ 0,21 |
|      | 48   | 1,09 $\pm$ 0,29 | 1,26 $\pm$ 0,40 | 1,17 $\pm$ 0,43 | 1,08 $\pm$ 0,32 | 0,96 $\pm$ 0,25 | 0,93 $\pm$ 0,24 |
|      | 72   | 1,23 $\pm$ 0,29 | 1,32 $\pm$ 0,28 | 1,36 $\pm$ 0,39 | 1,21 $\pm$ 0,42 | 1,05 $\pm$ 0,26 | 1,06 $\pm$ 0,24 |
|      | 96   | 1,34 $\pm$ 0,32 | 1,42 $\pm$ 0,25 | 1,61 $\pm$ 0,42 | 1,39 $\pm$ 0,48 | 1,21 $\pm$ 0,33 | 0,98 $\pm$ 0,30 |

Farklı konsantrasyonlarda SB uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.19’da gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,28  $\mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi 1,78  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,08  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 1 mg/L ve 10 mg/L derişimde 0,91  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,46  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,18  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü.

Tablo 4.19. Farklı konsantrasyonlarda SB uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl-a | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0    | 0,43 $\pm$ 0,23 | 0,45 $\pm$ 0,23 | 0,41 $\pm$ 0,31 | 0,38 $\pm$ 0,29 | 0,43 $\pm$ 0,25 |
|      | 24   | 0,52 $\pm$ 0,27 | 0,58 $\pm$ 0,27 | 0,53 $\pm$ 0,26 | 0,46 $\pm$ 0,26 | 0,53 $\pm$ 0,33 |
|      | 48   | 0,63 $\pm$ 0,33 | 0,73 $\pm$ 0,45 | 0,69 $\pm$ 0,33 | 0,57 $\pm$ 0,34 | 0,55 $\pm$ 0,36 |
|      | 72   | 0,87 $\pm$ 0,33 | 0,87 $\pm$ 0,44 | 0,77 $\pm$ 0,43 | 0,80 $\pm$ 0,42 | 0,84 $\pm$ 0,30 |
|      | 96   | 1,28 $\pm$ 0,41 | 0,91 $\pm$ 0,63 | 0,91 $\pm$ 0,55 | 1,05 $\pm$ 0,37 | 1,08 $\pm$ 0,24 |
|      | Kl-b | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
| Saat | 0    | 0,52 $\pm$ 0,34 | 0,53 $\pm$ 0,35 | 0,49 $\pm$ 0,42 | 0,44 $\pm$ 0,41 | 0,49 $\pm$ 0,38 |
|      | 24   | 0,63 $\pm$ 0,41 | 0,72 $\pm$ 0,40 | 0,64 $\pm$ 0,39 | 0,55 $\pm$ 0,39 | 0,63 $\pm$ 0,51 |
|      | 48   | 0,77 $\pm$ 0,48 | 0,94 $\pm$ 0,68 | 0,89 $\pm$ 0,50 | 0,74 $\pm$ 0,53 | 0,67 $\pm$ 0,54 |
|      | 72   | 1,15 $\pm$ 0,66 | 1,20 $\pm$ 0,69 | 1,02 $\pm$ 0,65 | 1,04 $\pm$ 0,62 | 1,08 $\pm$ 0,43 |
|      | 96   | 1,78 $\pm$ 0,63 | 1,18 $\pm$ 0,91 | 1,20 $\pm$ 0,77 | 1,42 $\pm$ 0,55 | 1,46 $\pm$ 0,36 |

Farklı konsantrasyonlarda SB uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.20.’de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 0,70

$\mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi 0,84  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,58  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,39  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,65  $\mu\text{g/mL}$ , en düşük 10 mg/L derişimde 0,45  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Farklı konsantrasyonlarda  $\text{TiO}_2$  uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağlı değişimi Tablo 4.21.'de gösterildi.

Tablo 4.20. Farklı konsantrasyonlarda SB uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağlı değişimi

|      | Kl-a | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0    | 0,13 $\pm$ 0,20 | 0,14 $\pm$ 0,20 | 0,13 $\pm$ 0,18 | 0,13 $\pm$ 0,18 | 0,15 $\pm$ 0,19 |
|      | 24   | 0,20 $\pm$ 0,29 | 0,21 $\pm$ 0,26 | 0,23 $\pm$ 0,32 | 0,19 $\pm$ 0,25 | 0,19 $\pm$ 0,26 |
|      | 48   | 0,37 $\pm$ 0,40 | 0,29 $\pm$ 0,37 | 0,28 $\pm$ 0,32 | 0,26 $\pm$ 0,32 | 0,28 $\pm$ 0,29 |
|      | 72   | 0,50 $\pm$ 0,51 | 0,41 $\pm$ 0,44 | 0,33 $\pm$ 0,42 | 0,34 $\pm$ 0,37 | 0,36 $\pm$ 0,31 |
|      | 96   | 0,70 $\pm$ 0,52 | 0,58 $\pm$ 0,52 | 0,39 $\pm$ 0,42 | 0,44 $\pm$ 0,38 | 0,46 $\pm$ 0,32 |
|      | Kl-b | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
| Saat | 0    | 0,15 $\pm$ 0,24 | 0,15 $\pm$ 0,24 | 0,14 $\pm$ 0,22 | 0,14 $\pm$ 0,22 | 0,16 $\pm$ 0,23 |
|      | 24   | 0,24 $\pm$ 0,34 | 0,25 $\pm$ 0,30 | 0,27 $\pm$ 0,36 | 0,20 $\pm$ 0,34 | 0,20 $\pm$ 0,32 |
|      | 48   | 0,43 $\pm$ 0,45 | 0,33 $\pm$ 0,43 | 0,32 $\pm$ 0,36 | 0,31 $\pm$ 0,36 | 0,28 $\pm$ 0,38 |
|      | 72   | 0,55 $\pm$ 0,54 | 0,48 $\pm$ 0,50 | 0,38 $\pm$ 0,48 | 0,39 $\pm$ 0,43 | 0,43 $\pm$ 0,34 |
|      | 96   | 0,84 $\pm$ 0,66 | 0,65 $\pm$ 0,62 | 0,45 $\pm$ 0,48 | 0,50 $\pm$ 0,43 | 0,56 $\pm$ 0,26 |

*I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 1,63  $\mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi 0,59  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,53  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,37  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* miktarı 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,61  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 0,55  $\mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. HCl kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 1,33  $\mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi 0,54  $\mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Farklı konsantrasyonlarda  $\text{TiO}_2$  uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağlı değişimi Tablo 4.22.'de gösterildi.

Tablo 4.21. Farklı konsantrasyonlarda TiO<sub>2</sub> uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | HCl       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L    | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Saat | 0            | 0,91±0,47 | 0,91±0,50 | 0,87±0,47 | 0,86±0,46 | 0,88±0,47  | 0,85±0,45 |
|      | 24           | 1,00±0,48 | 1,03±0,52 | 1,00±0,49 | 1,02±0,51 | 1,02±0,51  | 1,01±0,52 |
|      | 48           | 1,10±0,47 | 1,38±0,67 | 1,15±0,53 | 1,19±0,54 | 1,17±0,52  | 1,18±0,53 |
|      | 72           | 1,21±0,44 | 1,49±0,64 | 1,31±0,55 | 1,29±0,56 | 1,25±0,54  | 1,29±0,57 |
|      | 96           | 1,33±0,43 | 1,63±0,61 | 1,53±0,69 | 1,42±0,60 | 1,43±0,61  | 1,37±0,56 |
|      | Kl- <i>b</i> | HCl       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L    | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 0,39±0,17 | 0,39±0,17 | 0,37±0,16 | 0,37±0,16 | 0,377±0,17 | 0,37±0,16 |
|      | 24           | 0,42±0,17 | 0,43±0,18 | 0,42±0,17 | 0,43±0,18 | 0,425±0,18 | 0,42±0,18 |
|      | 48           | 0,45±0,17 | 0,55±0,23 | 0,47±0,19 | 0,49±0,19 | 0,480±0,18 | 0,48±0,18 |
|      | 72           | 0,50±0,15 | 0,59±0,23 | 0,53±0,19 | 0,52±0,20 | 0,507±0,19 | 0,52±0,20 |
|      | 96           | 0,54±0,15 | 0,64±0,21 | 0,61±0,24 | 0,57±0,21 | 0,572±0,21 | 0,55±0,19 |

*Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi 2,55 µg/mL ve klorofil-*b* derişimi 2,91 µg/mL olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,98 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,78 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 2,26 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 2,03 µg/mL olarak ölçüldü. HCl kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi 1,87 µg/mL, klorofil-*b* derişimi 2,14 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.22.Farklı konsantrasyonlarda TiO<sub>2</sub> uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin (µg/mL) zamana bağılı değışimi

|      | Kl- <i>a</i> | HCl       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0            | 1,02±0,21 | 1,15±0,46 | 1,17±0,53 | 1,15±0,45 | 1,09±0,44 | 1,16±0,52 |
|      | 24           | 1,29±0,25 | 1,45±0,47 | 1,23±0,60 | 1,32±0,60 | 1,18±0,59 | 1,21±0,63 |
|      | 48           | 1,47±0,26 | 1,81±0,63 | 1,49±0,61 | 1,52±0,50 | 1,47±0,48 | 1,46±0,50 |
|      | 72           | 1,64±0,27 | 2,24±0,69 | 1,69±0,76 | 1,68±0,69 | 1,72±0,47 | 1,65±0,49 |
|      | 96           | 1,87±0,25 | 2,55±0,84 | 1,98±0,89 | 1,97±0,79 | 1,97±0,67 | 1,78±0,53 |
|      | Kl- <i>b</i> | HCl       | Kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0            | 1,16±0,21 | 1,32±0,52 | 1,34±0,60 | 1,32±0,52 | 1,25±0,50 | 1,33±0,59 |
|      | 24           | 1,47±0,29 | 1,66±0,53 | 1,41±0,69 | 1,49±0,68 | 1,36±0,67 | 1,38±0,71 |
|      | 48           | 1,68±0,30 | 2,07±0,71 | 1,70±0,70 | 1,74±0,57 | 1,68±0,54 | 1,67±0,57 |
|      | 72           | 1,87±0,31 | 2,56±0,78 | 1,94±0,87 | 1,92±0,78 | 1,97±0,53 | 1,88±0,55 |
|      | 96           | 2,14±0,29 | 2,91±0,96 | 2,26±1,01 | 2,24±0,90 | 2,25±0,76 | 2,03±0,61 |

Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulanan *I. galbana* kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.23.'de gösterildi. *I. galbana* kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi  $1,54 \mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi  $0,61 \mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi  $1 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,93 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük  $100 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,39 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*b* miktarı  $1 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,39 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük  $100 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $0,20 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü. HCl kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-*a* derişimi  $0,89 \mu\text{g/mL}$ , klorofil-*b* derişimi  $0,36 \mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi.

Tablo 4.23. Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulanan *I. galbana* kültüründe klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi

|      | Kl-a | HCl             | kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Saat | 0    | $0,57 \pm 0,12$ | $0,62 \pm 0,02$ | $0,58 \pm 0,00$ | $0,61 \pm 0,03$ | $0,60 \pm 0,01$ | $0,59 \pm 0,03$ |
|      | 24   | $0,66 \pm 0,14$ | $0,82 \pm 0,06$ | $0,68 \pm 0,03$ | $0,65 \pm 0,02$ | $0,64 \pm 0,04$ | $0,68 \pm 0,01$ |
|      | 48   | $0,74 \pm 0,11$ | $1,05 \pm 0,05$ | $0,78 \pm 0,09$ | $0,61 \pm 0,06$ | $0,59 \pm 0,01$ | $0,53 \pm 0,13$ |
|      | 72   | $0,82 \pm 0,11$ | $1,28 \pm 0,03$ | $0,83 \pm 0,11$ | $0,57 \pm 0,14$ | $0,50 \pm 0,05$ | $0,44 \pm 0,13$ |
|      | 96   | $0,89 \pm 0,12$ | $1,54 \pm 0,06$ | $0,93 \pm 0,15$ | $0,71 \pm 0,10$ | $0,44 \pm 0,07$ | $0,39 \pm 0,13$ |
|      | Kl-b | HCl             | Kontrol         | 1 mg/L          | 10 mg/L         | 50 mg/L         | 100 mg/L        |
| Saat | 0    | $0,26 \pm 0,04$ | $0,25 \pm 0,03$ | $0,27 \pm 0,00$ | $0,28 \pm 0,00$ | $0,28 \pm 0,00$ | $0,27 \pm 0,01$ |
|      | 24   | $0,28 \pm 0,07$ | $0,36 \pm 0,02$ | $0,30 \pm 0,01$ | $0,30 \pm 0,00$ | $0,30 \pm 0,04$ | $0,29 \pm 0,02$ |
|      | 48   | $0,31 \pm 0,06$ | $0,43 \pm 0,04$ | $0,33 \pm 0,04$ | $0,28 \pm 0,02$ | $0,27 \pm 0,00$ | $0,26 \pm 0,04$ |
|      | 72   | $0,34 \pm 0,05$ | $0,51 \pm 0,02$ | $0,34 \pm 0,05$ | $0,26 \pm 0,06$ | $0,22 \pm 0,00$ | $0,21 \pm 0,05$ |
|      | 96   | $0,36 \pm 0,05$ | $0,61 \pm 0,01$ | $0,39 \pm 0,06$ | $0,30 \pm 0,03$ | $0,22 \pm 0,02$ | $0,20 \pm 0,05$ |

Farklı konsantrasyonlarda  $\text{TiO}_2$  uygulanan *Tetraselmis* sp. kültürünün klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimlerinin ( $\mu\text{g/mL}$ ) zamana bağılı değışimi Tablo 4.24.'de gösterildi. *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubunun 96 saat sonundaki klorofil-*a* derişimi  $2,55 \mu\text{g/mL}$  ve klorofil-*b* derişimi  $2,91 \mu\text{g/mL}$  olarak belirlendi. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-*a* derişimi  $1 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $1,98 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçülürken, en düşük  $100 \text{ mg/L}$  konsantrasyon uygulamasında  $1,78 \mu\text{g/mL}$  olarak ölçüldü.



Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-a derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,98 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 1,78 µg/mL olarak ölçüldü. Doksan altı saat sonunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en yüksek klorofil-b derişimi 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında 2,26 µg/mL olarak ölçülürken, en düşük 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında 2,03 µg/mL olarak ölçüldü. HCI kontrol grubunda ise 96 saat sonunda klorofil-a derişimi 1,87 µg/mL, klorofil-b derişimi 2,14 µg/mL olarak belirlendi.

Tablo 4.24.Farklı konsantrasyonlarda ZnO uygulanan *Tetraselmis* sp. kültüründe klorofil-a ve klorofil-b derişimlerinin (µg/mL) zamana bağlı değışimi

|      | Kl-a | HCI       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Saat | 0    | 0,24±0,04 | 0,31±0,02 | 0,28±0,03 | 0,32±0,02 | 0,29±0,02 | 0,32±0,06 |
|      | 24   | 0,26±0,14 | 0,55±0,05 | 0,38±0,13 | 0,37±0,08 | 0,36±0,19 | 0,27±0,16 |
|      | 48   | 0,33±0,17 | 0,70±0,04 | 0,46±0,15 | 0,52±0,26 | 0,38±0,19 | 0,31±0,19 |
|      | 72   | 0,45±0,20 | 0,91±0,04 | 0,38±0,02 | 0,55±0,24 | 0,42±0,28 | 0,28±0,11 |
|      | 96   | 0,54±0,15 | 1,08±0,10 | 0,58±0,01 | 0,55±0,15 | 0,34±0,20 | 0,25±0,11 |
|      | Kl-b | HCI       | kontrol   | 1 mg/L    | 10 mg/L   | 50 mg/L   | 100 mg/L  |
| Saat | 0    | 0,28±0,03 | 0,36±0,03 | 0,32±0,04 | 0,37±0,02 | 0,33±0,03 | 0,37±0,07 |
|      | 24   | 0,30±0,16 | 0,63±0,05 | 0,44±0,15 | 0,43±0,09 | 0,42±0,21 | 0,31±0,18 |
|      | 48   | 0,38±0,21 | 0,80±0,04 | 0,53±0,17 | 0,60±0,29 | 0,45±0,21 | 0,35±0,25 |
|      | 72   | 0,52±0,23 | 1,04±0,04 | 0,44±0,03 | 0,64±0,28 | 0,46±0,30 | 0,32±0,13 |
|      | 96   | 0,64±0,19 | 1,22±0,09 | 0,63±0,02 | 0,63±0,17 | 0,39±0,23 | 0,29±0,11 |

#### 4.4.İnhibisyon Bulguları

Her iki fitoplankton kültürünün hücre sayısına göre IC<sub>50</sub> değerleri Tablo 4.23.'de belirtildi. Buna göre *Isochrysis galbana*'da en düşük IC<sub>50</sub> değeri 0,81 mg/L ile bakır (II) oksitte, en yüksek IC<sub>50</sub> değeri ise 1127,1 mg/L ile oktokrilende belirlendi. *Tetraselmis* sp.'de ise en düşük IC<sub>50</sub> değeri 10,3 mg/L ile çinko oksitte, en yüksek IC<sub>50</sub> değeri ise 3514 mg/L ile sodyum benzoatta belirlendi. Buna göre *Isochrysis galbana* en düşük IC<sub>50</sub> değeri 0,81 mg/L ile bakır (II) oksitte, en yüksek IC<sub>50</sub> değeri ise 897 mg/L ile oktokrilende belirlendi. *Tetraselmis* sp.'de ise en düşük IC<sub>50</sub> değeri 10,3 mg/L ile çinko oksitte, en yüksek IC<sub>50</sub> değeri ise 3514 mg/L ile sodyum benzoatta belirlendi. Buna göre *Isochrysis galbana*'da en düşük IC<sub>50</sub> değeri 0,7 mg/L ile bakır (II) oksitte, en yüksek IC<sub>50</sub> değeri ise 1000 mg/L ile oktokrilende belirlendi.



Tablo 4.25 IC<sub>50</sub> değerleri

| Bileşikler                     | <i>Isochrysis galbana</i> | <i>Tetraselmis</i> sp. |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------|
| BP-4                           | 834,3                     | 361,9                  |
| CA                             | 183,9                     | 91,4                   |
| TCS                            | 57,1                      | 66,4                   |
| CuO                            | 0,81                      | 18,6                   |
| ZnO                            | 1,36                      | 10,3                   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,9                      | 27,9                   |
| MEP                            | 845,4                     | 209,2                  |
| MIT                            | 19,9                      | 47,3                   |
| OC                             | 1127,1                    | 1099                   |
| OMC                            | 856,2                     | 173                    |
| SB                             | 872,8                     | 3514                   |
| TiO <sub>2</sub>               | 547,6                     | 221,4                  |

## 5. TARTIŞMA

Fitoplankton büyümesinin incelenmesi için yapılan hücre sayım sonuçları ve 96 saat sonunda kontrol grubuna göre % inhibisyon değerleri belirlenmiştir. Tablo Ek.A.1.'de *Isochrysis galbana*'da % inhibisyon değerleri ve Tablo Ek.A.2.'de *Tetraselmis* sp.'de % inhibisyon değerleri gösterilmiştir.

Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L TCS konsantrasyonu hücre sayısını %12, 10 mg/L TCS konsantrasyonu %28, 50 mg/L TCS konsantrasyonu %47 ve 100 mg/L TCS konsantrasyonu %72 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Hücre sayısını %50 oranda inhibe eden konsantrasyon (IC<sub>50</sub>) değerinin 57 mg/L olarak belirlenmiştir. Triklosanın farklı fitoplankter türlerine etkileri genellikle daha düşük konsantrasyon aralıklarında denenmiş olup EC<sub>50</sub> değerleri *Dunaliella tertiolecta* türünde 0,093 mg/L ve *Pseudokirchneriella subcapitata* 0,027 mg/L olarak rapor edilmiştir (Machado ve Soares, 2018). Bir başka çalışmada triklosanın *Chlamydomonas reinhardtii* türünde EC<sub>50</sub> değerini  $36 \times 10^{-4}$  mg/L olarak belirlenmiş ve fitoplankton kültürünün hücre duvarının hasar gördüğü ve hücrelerin renginin değiştiğini rapor etmiştir (Pan ve diğ., 2018). Bir diğer çalışmada ise 0,5-4 mg/L aralığındaki triklosanın *Chlamydomonas reinhardtii* hücre membranına zarar verdiği ve klorofil içeriğinin kontrol grubuna göre azalttığını rapor edilmiştir (Wang ve diğ., 2022). Bu çalışmadaki IC<sub>50</sub> değerinin diğer çalışmalarda elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişiminin azaldığı görülmüştür. Test sonunda hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi arasında sırayla yüksekten düşüğe 100 mg/L, 50 mg/L, 10 mg/L ve 1 mg/L konsantrasyon uygulamasında gözlemlenmiştir. *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında istatikselsel olarak anlamlı ve pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ,  $r = 0,94$  ile  $0,98$  arasında,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L TCS konsantrasyonu hücre sayısını %32, 10 mg/L TCS konsantrasyonu hücre sayısını %38, 50 mg/L TCS konsantrasyonu hücre sayısını %41 ve 100 mg/L TCS konsantrasyonu %60 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Hücre sayısını %50 oranda inhibe eden konsantrasyon (IC<sub>50</sub>) değerinin 66 mg/L olarak belirlenmiştir. Triklosana *I. galbana* kültürünün daha hassas olduğu görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik

yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r=0,99$ ,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %42, 10 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %57, 50 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %72 ve 100 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %78 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Çinko oksitin artan derişimlerine bağılı olarak optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi azalmaktadır. Hücre sayısını %50 oranda inhibe eden konsantrasyon ( $IC_{50}$ ) değerinin 1,16 mg/L olarak belirlenmiştir. Çinko oksitin  $IC_{50}$  değerleri *Dunaliella tertiolecta* türünde 0,8 mg/L ve *Skeletonema costatum* türünde 2,36 mg/L olarak rapor edilmiştir (Aravantinou, 2015; Wong ve diğ., 2009). Çinko oksitin  $EC_{50}$  değerleri *Dunaliella tertiolecta* türünde 1,94 mg/L ve 2,2 mg/L, *Phaeodactylum tricornutum* türünde 1,9 mg/L ve *Skeletonema costatum* türünde 3,6 mg/L olarak rapor edilmiştir (Manzo ve diğ., 2015; Schiavo ve diğ., 2016; Li ve diğ., 2017; Zhang ve diğ., 2016). Ayrıca 25 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması *Dunaliella tertiolecta* türünde %55 çekirdek hasarına neden olduğu, 1 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre büyümesini ciddi oranda azalttığını ve 2 mg/L çinko oksit konsantrasyonu 72 saat sonunda hücre bölünmesi inhibisyonuna yol açtığı bildirilmiştir (Miller ve diğ., 2010; Schiavo ve diğ., 2016). Bir başka çalışmada 1 mg/L çinko oksit konsantrasyonu uygulanan *I. galbana*’nın büyümesini azalttığı ve 133 mg/L çinko oksit konsantrasyonun 96 saat sonunda %100 büyüme inhibisyonuna yol açtığı rapor edilmiştir (Miller ve diğ., 2010). Çinko oksitin 10 mg/L konsantrasyonu *Phaeodactylum tricornutum* türünde büyümeyi azalttığı belirtilmiştir (Monteriro ve diğ., 2011). *I. galbana*’da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r=0,99$ ,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile kıyaslandığında 1 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %46, 10 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %48, 50 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %64 ve 100 mg/L çinko oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %71 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Optik yoğunluk ve klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi inhibisyon sırasıyla 1 mg/L, 50 mg/L, 10 mg/L ve 100 mg/L derişimlerinde gözlemlenmiş olup hücre sayısı ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Çinko

oksitin *Tetraselmis* sp. için  $IC_{50}$  değerinin 10 mg/L olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, 0-10 mg/L arasındaki çinko oksit konsantrasyonu *Skeletonema costatum* türünde tamamen büyüme inhibisyonu gözlemlenmiş ve  $EC_{50}$  değeri 5,5 mg/L olarak belirtilmiştir (Zhang ve diğ., 2016). *Skeletonema costatum* türü ile yapılan bir başka çalışmada 4-40 mg/L çinko oksit uygulandığında  $LC_{50}$  değeri 6,65 olarak bildirilmiştir (Wong ve diğ., 2010). Benzer bir çalışmada *Tetraselmis suecica* türü üzerine 0.1-10 mg/L çinko oksit uygulamasında büyüme inhibisyonu gözlemlenmiş ve  $EC_{50}$  değeri 7,12 olarak belirtilmiştir (Li ve diğ., 2017). Çinko oksite *Tetraselmis* sp. kültürünün daha hassas olduğu görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r=0,97$  ile  $0,99$  arasında,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %6, 10 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %13, 50 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %12 ve 100 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %16 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Optik yoğunluk değerleri hücre sayısı ile uyumludur. *I. galbana* türündeki  $IC_{50}$  değerinin 547 mg/L olarak belirlenmiştir. Titanyum dioksitin  $EC_{50}$  değerleri *Alexandrium tamarense* türünde 85,8 mg/L (72 saat) ve 140,09 mg/L (13. Gün sonu) belirlenmiş olup uygulanan doza bağlı olarak antioksidan enzimlerinin ve toksinlerinin arttığı rapor edilmiştir (Li ve diğ., 2019). *Amphidinium carterae* ve *Chaetoceros gravilis* türünde 1 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulamasının hücre yoğunluğunu azalttığı bildirilmiştir (Seoane ve diğ., 2021). Titanyum dioksitin  $EC_{50}$  değerleri *Chlorella* sp. türünde 1,6 mg/L, *Karenia brevis* türünde 10,69 mg/L, *Nitzschia closterium* türünde 118,8 mg/L, *Phaeodactylum tricornutum* türünde 144 mg/L ve *Skeletonema costatum* türünde 7,37 mg/L olarak rapor edilmiştir (Thiagarajan ve diğ., 2019; Li ve diğ., 2015; Xia, 2015; Sendra ve diğ., 2017). Titanyum dioksitin 5-200 mg/L konsantrasyon aralığında uygulandığı *Phaeodactylum tricornutum* türünde 40 mg/L derişimde %49,5 büyüme inhibisyonu olduğu, klorofil pigmentinin ve enzim aktivitesini arttığı rapor edilmiştir (Deng ve diğ., 2017). Bu çalışmada *I. galbana* ve *Tetraselmis* sp. türünde daha az % inhibisyon değerleri ve klorofil derişiminin azaldığı bulunmuştur. Titanyum dioksitin 5-200 mg/L konsantrasyon aralığında maruz kalan *Phaeodactylum tricornutum*

türünde 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında hücre duvarının %25'inin hasar gördüğü ve klorofil pigment içeriğinin azaldığı rapor edilmiştir (Wang ve diğ., 2016). *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r=0,99$ ,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile kıyaslandığında 1 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %21, 10 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %22, 50 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %21 ve 100 mg/L titanyum dioksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %35 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r=0,99$ ,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %39, 10 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %60, 50 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %65 ve 100 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %70 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Bakır (II) oksitin *I. galbana* kültüründe  $IC_{50}$  değerinin 0,81 mg/L olarak belirlenmiştir. Optik yoğunluk ve klorofil pigment derişimi artan bakır(II) oksit konsantrasyon uygulamasına oranla inhibisyona neden olduğu gözlemlenmiştir. Bakır (II) oksitin  $EC_{50}$  değerleri *Pseudokirchneriella subcapitata* türünde 11,55 mg/L olarak bildirilmiştir (Aruoja ve diğ., 2019). Bakır (II) oksitin 5-200 mg/L konsantrasyon aralığında uygulandığı *Nannochloropsis oculata*'da klorofil-*a* derişimini önemli ölçüde azalttığı, membran hasarına neden olduğu, katalaz, askorbat peroksidaz, polidenol oksidaz, laktat dehidrojenaz enzimlerinde aktivite artışına neden olduğu ve  $EC_{50}$  değerini 11,8 mg/L olarak rapor edilmiştir (Fazelian ve diğ., 2019). *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r=0,97$  ile  $0,99$  arasında,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %38, 10 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %49, 50 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması %66 ve 100 mg/L bakır (II) oksit konsantrasyon uygulaması %74 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Optik yoğunluk ve klorofil derişimi artan bakır (II) oksit

konsantrasyon uygulaması bağı olarak azaldığı belirlenmiştir. Bakır (II) oksitin *Tetraselmis* sp. kültüründe IC<sub>50</sub> değerinin 18 mg/L olarak belirlenmiştir. Bakır (II) oksitin *I. galbana* kültüründe daha hassas olduğu görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,96$ ,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %43, 10 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %54, 50 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %54 ve 100 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %61 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Demir (III) oksitin *I. galbana* kültüründe IC<sub>50</sub> değerinin 11 mg/L olarak belirlenmiştir. Hücre sayısı inhibisyon oranı eşit olan 10 mg/L ve 50 mg/L demir (III) oksit derişimlerinin optik yoğunluk, klorofil-*a*, klorofil-*b* derişiminde 10 mg/L konsantrasyon uygulamasının 50 mg/L konsantrasyon uygulamasından daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada 0,2-50 mg/L konsantrasyon aralığında uygulanan demir (III) oksitin, *Nannochloropsis oculata* türünde 0,2 mg/L konsantrasyon uygulamasının hücre büyümesi %54 oranında inhibe ettiğini ve ölüm oranının 10 mg/L'de %97 olduğunu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada 10 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması *Selenastrum capricornutum* türünde hücre büyümesini %72 oranında inhibe ettiğini rapor etmiştir (Ates et al. 2020). Bu çalışma ile kıyaslandığında 10 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması inhibisyonu *I. galbana* 'da %54 ve *Tetraselmis* sp.'de %62 olmak üzere daha düşük olduğu görülmüştür. *I. galbana* 'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,91$  ile  $0,92$  arasında,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. saat sonu), *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %38, 10 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %45, 50 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %62 ve 100 mg/L demir (III) oksit konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %67 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Optik yoğunluk ve klorofil derişimi artan demir (III) oksit konsantrasyon uygulamasına oranla inhibisyona neden olduğu gözlemlenmiştir. Demir (III) oksitin *Tetraselmis* sp.'de IC<sub>50</sub> değerinin 27 mg/L olarak belirlenmiştir. Demir (III) oksitin *I. galbana* kültüründe daha hassas olduğu

görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,91$  ile  $0,96$  arasında,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %21, 10 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %21, 50 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %20 ve 100 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %24 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Sodyum benzoatın *I. galbana*'da  $IC_{50}$  değerinin 872 mg/L olarak belirlenmiştir. Sodyum benzoatın henüz bir fitoplankton kültürünün büyümesine etkisinin bildirilmemiştir. Bir benzoik tuzu olması nedeniyle bazı çalışmalarda benzoik asitin fitoplankton büyümesi üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada 96 saat boyunca 10-80 mg/L konsantrasyon aralığında benzoik asit uygulanan *Chlorella pyrenoidosa* ve *Chlorella sorokiniana* türünde  $EC_{50}$  değeri sırasıyla 65,10 ve 105,27 mg/L olarak bildirilmiştir (Tiwari ve Prajapati, 2023). *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,97$  ile  $0,98$  arasında,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %22, 10 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %43, 50 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %38 ve 100 mg/L sodyum benzoat konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %31 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Farklı sodyum benzoat konsantrasyonları uygulanan *Tetraselmis* sp.'de optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi sırasıyla yüksekte düşüğe 1 mg/L, 100 mg/L, 50 mg/L ve 10 mg/L derişimlerinde gözlemlenmiştir.  $IC_{50}$  değerinin 3514 mg/L olarak belirlenmiştir. Sodyum benzoatın *I. galbana* kültüründe daha hassas olduğu görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,97$ ,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %7, 10 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %4, 50 mg/L metil

paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %7 ve 100 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %10 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Metil parabenin *I. galbana*'da optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi sırasıyla yüksekten düşüğe 10 mg/L, 1 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında gözlemlenmiştir. Metil parabenin *I. galbana*'da IC<sub>50</sub> değerinin 845 mg/L olarak belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada 72 saat boyunca metil paraben uygulanan *Pseudokirchneriella subcapitata* türünde EC<sub>50</sub> değeri 80 mg/L ve aynı türde bir başka çalışmalarda ise EC<sub>50</sub> değeri 91 mg/L ve 35,25 mg/L olarak rapor edilmiştir (Yamamoto ve diğ., 2001; Madsen ve diğ., 2001; Di-Poi ve diğ., 2017). *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,98$  ile  $0,99$  arasında,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %20, 10 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %20, 50 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %28 ve 100 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %33 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Metil parabenin *Tetraselmis* sp.'de IC<sub>50</sub> değerinin 209 mg/L olarak belirlenmiştir. Metil parabenin *Tetraselmis* sp.'de optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi sırasıyla yüksekten düşüğe 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L konsantrasyon uygulamalarında gözlemlenmiştir. Metil parabenin *Tetraselmis* sp. kültürünün daha hassas olduğu görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,98$  ile  $0,99$  arasında,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L MIT konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %41, 10 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %53, 50 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %55 ve 100 mg/L metil paraben konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %62 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. MIT'ın *I. galbana*'da IC<sub>50</sub> değerinin 19 mg/L olarak belirlenmiştir. *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri anlamlı ve pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,94$  ile  $0,98$  arasında,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L MIT konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %16, 10 mg/L MIT konsantrasyon uygulaması



hücre sayısını %57, 50 mg/L MIT konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %58 ve 100 mg/L MIT konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %59 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. MIT'ın *Tetraselmis* sp.'de IC<sub>50</sub> değerinin 47 mg/L olarak belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda MIT uygulanan yem bezelyesinde (*Pisum sativum*) bazı biyokimyasal parametrelerde değişikliklere sebep olduğu bildirilmiş olup bu stres kaynaklı değişikliklerin verimlik post uygulaması ile iyileşebilir olduğu rapor edilmiştir (Yüksel ve diğ., 2022). *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri anlamlı ve pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,97$  ile  $0,99$  arasında,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %4, 10 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %0, 50 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %5 ve 100 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %8 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Benzofenon-4'ün *I. galbana*'da IC<sub>50</sub> değeri 834 mg/L olarak belirlenmiştir. Benzofenon-3 uygulanan *Scenedesmus vacuolatus* kültürünün 24 saat sonundaki IC<sub>50</sub> değeri 0,36 mg/L iken bir başka çalışmada *Desmodesmus subspicatus* türünde 72 saat sonun IC<sub>10</sub> değeri 0,61 mg/L, IC<sub>50</sub> ise 0,96 mg/L olarak rapor edilmiştir (Rodil ve diğ., 2009; Sieratowicz ve diğ., 2011). Benzofenon-3'e göre daha az toksik olduğu belirtilen bir çalışmada benzofenon-4 uygulanan *I. galbana* türünde EC<sub>50</sub> değeri >10 mg/L olarak bildirilmiştir (Parades ve diğ., 2014). *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,97$ ,  $n=25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %17, 10 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %8, 50 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %14 ve 100 mg/L benzofenon-4 konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %23 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Benzofenon-4'ün *Tetraselmis* sp.'de IC<sub>50</sub> değerinin 361 mg/L olarak belirlenmiştir. Benzofenon-4'ün *Tetraselmis* sp. kültüründe daha hassas olduğu görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* anlamlı ve pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ,  $r= 0,99$ ,  $n=25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %11, 10 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %22, 50 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %19 ve 100 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %18 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Oktokrilenin *I. galbana*'da optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi sırasıyla yüksekte düşüğe 1 mg/L, 100 mg/L, 50 mg/L ve 10 mg/L konsantrasyon uygulamasında gözlemlenmiştir. Oktokrilenin *I. galbana*'da (IC<sub>50</sub>) değerinin 1127 mg/L olarak belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada oktokrilen uygulanan *I. galbana* türünde 72 saat sonundaki IC<sub>50</sub> değeri > 0,159 mg/L iken *Tetraselmis* sp.'de yedi gün sonunda 0,1 mg/L oktokrilen derişiminin metabolik aktiviteyi değıştirdiğı rapor edilmiştir (Giraldo ve diğ., 2016; Thorel ve diğ., 2020). *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon sahip olduğı belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ,  $r = 0,93$  ile  $0,94$  arasında,  $n = 25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %19, 10 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %21, 50 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %31 ve 100 mg/L oktokrilen konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %21 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Oktokrilenin *Tetraselmis* sp.'de IC<sub>50</sub> değerinin 1099 mg/L olarak belirlenmiştir. Oktokrilen *Tetraselmis* sp. kültüründe daha hassas olduğı görülmüştür. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri anlamlı ve pozitif korelasyona sahip olduğı belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ,  $r = 0,92$ ,  $n = 25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %12, 10 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %10, 50 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %13 ve 100 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %15 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. OMC'nin *I. galbana* türünde IC<sub>50</sub> değerinin 856 mg/L olarak belirlenmiştir. *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ,  $r = 0,94$  ile  $0,95$  arasında,  $n = 25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %8, 10 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını

%11, 50 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %22 ve 100 mg/L OMC konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %32 inhibe ettiği belirlenmiştir. OMC'nin *Tetraselmis* sp. optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi sırasıyla yüksekten düşüğe 1 mg/L, 10 mg/L 50 mg/L ve 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında gözlemlenmiştir. OMC'nin *Tetraselmis* sp. kültüründe IC<sub>50</sub> değerinin 1730 mg/L olarak belirlenmiştir. *Tetraselmis* sp.'de hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ,  $r = 0,97$ ,  $n = 25$ ).

Test süresi sonunda (96. Saat sonu) *I. galbana* kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %24, 10 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %30, 50 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %34 ve 100 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %38 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Kafeinin *I. galbana*'da IC<sub>50</sub> değerinin 183 mg/L olarak belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada kafein uygulanan *I. galbana* kültürünün 96 saat sonundaki IC<sub>10</sub> değeri 63,8 mg/L ve *Pseudokirchneriella subcapitata* türünde IC<sub>10</sub> değeri 89,7 rapor edilmiştir (Aguirre-martinez ve diğ., 2015). Başka bir çalışmada farklı kafein konsantrasyon uygulanan *I. galbana* ve *Thalassiosira pseudonana* kültüründe, doksan altı saat sonunda IC<sub>50</sub> değerinin sırasıyla 107 mg/L ve 136 mg/L olarak bildirilmiştir (Koral ve Ergül, 2024). Kafein uygulanan *Raphidocelis subcapitata* türünde 16 gün sonunda EC<sub>50</sub> değeri 0,154 mg/L olarak bildirilmiştir. Kafein uygulanan *Lemna gibba* (makrofit) ve *Daphnia magna* (zooplankton) türlerinde EC<sub>50</sub> değeri sırasıyla 1 mg/L ve 182 mg/L olarak bildirilmiştir. (Solomon ve diğ., 1996; Brun ve diğ., 2006). Gray ve diğ., (2021), 0,01-0,1 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması bir makroalg türü olan *Chondrus crispus* büyüme hızı ve fotosentetik verimliliği üzerinde önemli bir etki göstermediğini, fakat 100-200 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması bir makroalg türü olan *Codium fragile* subsp. *fragile* türünde akut ölümcül olmayan etkilere ve ölüme neden olduğunu bildirmiştir. *I. galbana*'da hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ,  $r = 0,91$  ile  $0,98$  arasında,  $n = 25$ ). Test süresi sonunda (96. Saat sonu), *Tetraselmis* sp. kültürünün kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 1 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %27, 10 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %36, 50 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre sayısını %41 ve 100 mg/L kafein konsantrasyon uygulaması hücre

sayısını %51 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Kafeinin *Tetraselmis* sp.'de optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* derişimi sırasıyla yüksekten düşüğe 1 mg/L, 10 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L konsantrasyon uygulamasında gözlemlenmiştir. Kafeinin *Tetraselmis* sp.'de IC<sub>50</sub> değerin 361 mg/L olarak belirlenmiştir. Kafeinin *I. galbana* kültüründe daha hassas olduğu görülmüştür. *Tetraselmis* sp. hücre sayısı, optik yoğunluk, klorofil-*a* ve klorofil-*b* değerleri arasında anlamlı ve pozitif korelasyon belirlenmiştir ( $p < 0,01$ ,  $r = 0,98$  ile  $0,99$  arasında,  $n=25$ ).

Bazı nanopartiküllerin fitoplankter hücrelerinde membran hasarına, hareket kaybına, mitokondriyal hasarına neden olduğu daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Ates ve diğ., 2020). Nanopartiküllerin toksisitesi büyük ölçüde küreler, elipsoidler, silindirler, tabakalar, küpler ve çubuklar dahil olmak üzere şekillerine bağlıdır (Sukhanova ve diğ., 2018). Örneğin küresel nanopartiküller, nanotüplere ve nanofiberlere göre endositoza daha yatkındır (Champion ve Mitragotri, 2006). *Isochrysis galbana* türünde hücre duvarının bulunmaması nedeniyle nanopartiküllerden CuO, ZnO ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşiklerinin hücre içine alımının daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Başlangıç hücre sayısı, kültür koşulları (ışık, sıcaklık, pH), kültür hacmi vb. etkiletilici faktörler IC<sub>50</sub> değerin değışikliklere neden olabilir (Zhang ve diğ., 2020). Fotosentetik pigmentler, çeşitli kimyasalların fitoplankton üzerindeki önemli fizyolojik ve morfolojik etkileridir. Klorofil içeriğindeki artış veya azalma, klorofil pigmentlerinin uyarılması ve buna karşılık gelen fitoplankton hücre sayısının değışimine yanıt olabilir (Xin ve diğ., 2017). Gerçek çevre koşullarında tek bir bileşiğe maruz kalma olasılığı düşüktür. Tek başına uygulanan bileşiklerin konsantrasyonları düşük olsa bile karışımlarda etkileri ekotoksikolojik açıdan önemli olabilir (Brain ve diğ., 2004).

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsanlar tarafından kullanılan kişisel bakım ürünleri, vücutta metabolize edilerek ya da değişikliğe uğramadan doğrudan çevreye ulaşmaktadır. Birçok bileşikten daha yüksek seviyelerde kullanılmalarına rağmen, kişisel bakım ürünlerinin su ekosistemlerindeki derişimlerini ve potansiyel toksisitelerini belirlemek için yapılmış araştırma sayısı sınırlıdır. Bu tez çalışmasında bazı kişisel bakım ürünleri içinde bulunan çinko oksit, bakır (II) oksit , demir (III) oksit, titanyum dioksit nanopartiküllerinin, koruyucu olarak kullanılan metilparaben, metilizotiazolinon, sodyum benzoatın, bir dezenfektan olan triklosanın, kafeinin, UV filtreleme amacıyla kullanılan benzofenon-4, oktokrilen, etilheksil metoksisinnamatın farklı konsantrasyonlarının, iki farklı deniz fitoplanktonu *Isochrysis galbana* ve *Tetraselmis* sp.'nin hücre büyümesi ve fotosentetik pigmentler üzerine etkileri incelenmiştir. Kişisel bakım ürünleri gruplarından en çok nanopartiküllerin *Isochrysis galbana* ve *Tetraselmis* sp.'nin hücre sayısı, optik yoğunluk ve fotosentetik pigment içeriğinde inhibisyon oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu nanopartiküllerin potansiyel etkilerini anlamak için hem akut hem de kronik toksisite üzerine ek araştırmalar yapılması gerekmektedir. Çevresel koşul değişikliklerinin kişisel bakım ürünlerinin fitoplankter kültürüne etkileri üzerine çalışmalar yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Kişisel bakım ürünlerinin sucul ortama salınım potansiyelini doğru bir şekilde tanımlamak için çevresel derişimlerini, karışımların potansiyel toksisitesini, endokrin bozucu etkilerini ve biyolojik olarak birikme potansiyelini anlamak için araştırma yapılması gerekmektedir.

Ekolojik etkileri belirlemek için yapılan çalışmalarda genellikle tek bir tür ve tek bir kimyasal üzerinde yapılan deney grupları kullanılmaktadır. Fakat bu tip deneyler türlerin ve kimyasalların etkileşimi ile ilgili az bilgi sağlamaktadır. Kimyasalların besin zinciri boyunca kompleks etki mekanizmasını belirlemek için besin zincirinin farklı basamaklarında bulunan farklı türler kullanılmalı ve kimyasal maruziyeti aynı anda birden fazla bileşik için uygulanmalıdır. Atıksu arıtma tesislerinin, sürdürülebilir deniz ekosistemi için daha yüksek kapasiteler de dahil olmak üzere arıtma teknolojilerini geliştirilmeli ve ileri arıtım yapabilir hale getirilmelidir. Ayrıca, kişisel bakım ürünlerinin fitoplankton üzerindeki inhibisyon mekanizmalarını ırdeleyen daha fazla çalışmaya ihtiyacı vardır.

## KAYNAKLAR

- Abad-Gil, L., Lucas-Sanchez, S., Gismera, M.J., Sevilla, M.T., Procopio, J.R. (2021). Determination of Paraben-,Isothiazolinone-And Alcohol-Type Preservatives In Personal Care Products By HPLC With Dual (Diode-Array And Fluorescence) Detection. *Microchemical Journal*, 16(5), 105613.
- Abdel-Khalek, A.A., Badran, S.R., Marie, M.S. (2016). Toxicity Evaluation Of Copper Oxide Bulk And Nanoparticles In Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticus*, Using Hematological, Bioaccumulation And Histological Biomarkers. *Fish Physiol Biochem*, 42, 1225–1236.
- Abedi, G., Talebpour, Z., Jamechenarboo, F. (2018). The Survey Of Analytical Methods For Sample Preparation And Analysis Of Fragrances In Cosmetics And Personal Care Products. *TrAC Trends Anal. Chem.*, 102, 41–59.
- Adolfsson-Erici, M., Pettersson, M., Parkkonen, J., Sturve, J. (2002). Triclosan, A Commonly Used Bactericide Found In Human Milk And In The Aquatic Environment In Sweden. *Chemosphere*, 46, 1485–1489.
- Aguirre-Martinez, G.V., DelValls, A.T., Martin-Diaz, M.L. (2015). Yes, Caffeine, Ibuprofen, Carbamazepine, Novobiocin And Tamoxifen Have An Effect On *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120, 142–154.
- Ainapure, A. (2023). Beauty and Personal Care Products Market Size, Share and Trend Analysis Report by Type (Conventional, Organic), by Product (Skin Care, Hair Care), Distribution Channel, by Region and Segment Forecasts, 2022-2030. *The Ciencia&Engenharia- Science&Engineering Journal*, 11(1), 792-797.
- Allmyr, M., Adolfsson-Erici, M., McLachlan, M.S., Sandborgh-Englund, G. (2006). Triclosan In Plasma And Milk From Swedish Nursing Mothers And Their Exposure Via Personal Care Products. *Sci. Total Environ.* 372, 87–93.
- Alonso, M., Lago, F. C., Vieites, J. M., Espineira, M. (2012). Molecular Characterization Of Microalgae Used In Aquaculture With Biotechnology Potential. *Aquaculture International*, 20(5), 847–857.
- Aravantinou, A.F., Tsarpali, V., Dailianis, S., Manariotis, I.D. (2015). Effect of Cultivation Media On The Toxicity of ZnO Nanoparticles To Freshwater And Marine Microalgae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 114, 109–116.
- Aruoja, V., Dubourguier, H.C., Kasemets, K., Kahru, A. (2009). Toxicity of Nanoparticles of CuO, ZnO and TiO<sub>2</sub> to Microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *The Science of the Total Environment*, 407(4), 1461–1468.
- Asimakopoulos, A.G., Thomaidis, N.S., Kannan, K. (2014). Widespread Occurrence Of Bisphenol A Diglycidyl Ethers, P-Hydroxybenzoic Acid Esters (Parabens),

Benzophenone Type-UV Filters, Triclosan, And Triclocarban In Human Urine From Athens, Greece. *Science of the Total Environment*, 470–471, 1243–1249.

Ates, M., Cimen, I. C. C., Unal, I., Kutlu, B., Tastan, B. E., Danabas, D., Aksu, O., Arslan, Z. (2019). Assessment of impact of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles On Phytoplankton Species *Selenastrum capricornutum* and *Nannochloropsis oculata*. *Environmental Toxicology*, 35(3), 385–394.

Berger, K.P., Kogut, K.R., Bradman, A., She, J., Gavin, Q., Zahedi, R., Parra, K.L., Harley, K.G. (2019). Personal Care Product Use As A Predictor Of Urinary Concentrations Of Certain Phthalates, Parabens, And Phenols In The HERMOSA study. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 29, 21–32.

Bester, K. (2005). Fate of Triclosan And Triclosan-Methyl In Sewage Treatment Plants And Surface Waters. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 49, 9–17.

Brain, R.A., Johnson, D.J., Richards, S.M., Hanson, M.L., Sanderson, H., Lam, M.W., Young, C., Mabury, S.A., Sibley, P.K., Solomon, K.R. (2004). Microcosm Evaluation Of The Effects Of An Eight Pharmaceutical Mixture To The Aquatic Macrophytes *Lemna gibba* and *Myriophyllum sibiricum*. *Aquatic Toxicology*, 70(1), 23–40.

Brausch, J.M., Rand, G.M. (2011). A Review of Personal Care Products in the Aquatic Environment: Environmental Concentrations and Toxicity. *Chemosphere* 82(11),1518–1532.

Brun, G.L., Bernier, M., Losier, R., Doe, K., Jackman, P., Lee, H.B. (2006). Pharmaceutically Active Compounds In Atlantic Canadian Sewage Treatment Plant Effluents And Receiving Waters, And Potential For Environmental Effects As Measured By Acute And Chronic Aquatic Toxicity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(8), 2163–2176.

Buffet, P.E., Amiard-Triquet, C., Dybowska, A., Faverney, C.R.D., Guibbolini, M., Valsami-Jones, E., Mouneyrac, C. (2012). Fate of Isotopically Labeled Zinc Oxide Nanoparticles In Sediment And Effects On Two Endobenthic Species, The Clam *Scrobicularia plana* and the Ragworm *Hediste diversicolor*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 84, 191–198.

Cadena-Aizaga, M.I., Montesdeoca-Esponda, S., Sosa-Ferrera, Z., Santana-Rodriguez, J. J. (2022). Occurrence and Bioconcentration Of Organic UV Filters In Primary Marine Consumers. *Environmental Pollution*, 300, 118843.

Carve, M., Nuggeoda, D., Allinson, G., Shimeta, J. (2021). A Systematic Review And Ecological Risk Assessment For Organic Ultraviolet Filters In Aquatic Environments. *Environmental Pollution*, 268, 115894.

Champion, J.A.,Mitragotri S. (2006). Role of Target Geometry in Phagocytosis. *Proc Natl Acad Sci USA.*, 103(13),4930-4934.

- Clements, W.H., Newman M.C. (2006). *Community Ecotoxicology*. West Sussex, England.
- Collins, H.N., Johnson, P.I., Calderon, N.M., Clark, P.Y., Gillis, A.D., Le, A.M., Nguyen, D., Nguyen, C., Fu, L., O'Dwyer, T., Harley, K. G. (2021). Differences in personal care product use by race/ethnicity among women in California: implications for chemical exposures. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology/Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 33(2), 292–300.
- Comiskey, D., Api, A., Barratt, C., Daly, E., Ellis, G., McNamara, C., O'Mahony, C., Robison, S., Safford, B., Smith, B. (2015). Novel Database For Exposure To Fragrance Ingredients In Cosmetics And Personal Care Products. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 72, 660–672.
- Çomoglu, T. (2012). Kozmetikler. *Marmara Pharmaceutcal Journal*, 1(16), 1–8.
- Dafouz, R., Caceres, N., Rodriguez-Gil, J.L., Mastroianni, N., De Alda, M.L., Barcelo, D., De Miguel, N.G., Valcarcel, Y. (2018). Does The Presence Of Caffeine In The Marine Environment Represent An Environmental Risk? A Regional And Global Study. *The Science of the Total Environment*, 615, 632–642.
- Dar, O.I., Aslam, R., Pan, D., Sharma, S., Andotra, M., Kaur, A., Jia, A. Q., Faggio, C. (2022). Source, Bioaccumulation, Degradability And Toxicity Of Triclosan In Aquatic Environments: A Review. *Environmental Technology & Innovation*, 25, 1–19.
- Daughton, C.G., Ternes, T.A. (1999). Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Agents of Subtle Change? *Environmental Health Perspectives*, 107, 907.
- Delay, M., Frimmel, F.H. (2012). Nanoparticles in Aquatic Systems. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402(2), 583–592.
- Deng, X.Y., Cheng, J., Hu, X.L., Wang, L., Li, D., Gao, K. (2017). Biological Effects Of Tio<sub>2</sub> And Ceo<sub>2</sub> Nanoparticles On The Growth, Photosynthetic Activity, And Cellular Components Of A Marine Diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *The Science of the Total Environment*, 575, 87–96.
- Devasena, T., Iffath, B., Kumar, R.R., Muninathan, N., Baskaran, K., Srinivasan, T., John, S.T. (2022). Insights On The Dynamics And Toxicity Of Nanoparticles In Environmental Matrices. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2022, 1–21.
- Di Poi, C., Costil, K., Bouchart, V., Halm-Lemeille, M.P. (2017). Toxicity Assessment Of Five Emerging Pollutants, Alone And In Binary Or Ternary Mixtures, Towards Three Aquatic Organisms. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7), 6122–6134.



- Diaz-Cruz, M.S., Barcelo, D. (2015). *Personal Care Products In The Aquatic Environment* (1.ed.), Springer.
- Ding, X., Gerbig, S., Spengler, B., Schulz, S. (2018). Reactive Low Temperature Plasma Ionization Mass Spectrometry For The Determination Of Organic UV Filters In Personal Care Products., *Talanta*, 178, 780–787.
- Dodson, R.E., Nishioka, M., Standley, L.J., Perovich, L.J., Brody, J.G., Rudel, R.A. (2012). Endocrine Disruptors And Asthma-Associated Chemicals In Consumer Products. *Environ. Health Perspect.*, 120, 935–943.
- Downs, C.A., Kramarsky-Winter, E., Segal, R., Fauth, J., Knutson, S., Bronstein, O., Ciner, F.R., Jeger, R., Lichtenfeld, Y., Woodley, C.M., Pennington, P., Cadenas, K., Kushmaro, A., Loya, Y. (2016). Toxicopathological Effects Of The Sunscreen UV Filter, Oxybenzone (Benzophenone-3), On Coral Planulae And Cultured Primary Cells And Its Environmental Contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 70(2), 265–288.
- Du Y, Wang W, Pei Z, Ahmad F, Xu R, Zhang Y, Sun L. (2017). Acute Toxicity And Ecological Risk Assessment Of In Ultraviolet (UV) filters. *Int J Environ Res Public Health*, 14, 1–15.
- Ehiguese, F.O., Alam, M.R., Pintado-Herrera, M.G., Araujo, C.V.M., Martin-Diaz, M.L. (2020). Potential of Environmental Concentrations Of The Musks Galaxolide And Tonalide To Induce Oxidative Stress And Genotoxicity In The Marine Environment. *Marine Environmental Research*, 160.
- Estrela, F.N., Batista Guimaraes, A.T., Silva, F.G., Marinho da Luz, T., Silva, A.M., Pereira, P.S., Malafaia, G. (2021) Effects of Polystyrene Nanoplastics on *Ctenopharyngodon idella* (grass carp) After Individual And Combined Exposure With Zinc Oxide Nanoparticles. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123879.
- Faheem, M., Bhandari, R.K. (2021). Detrimental Effects Of Bisphenol Compounds On Physiology And Reproduction In Fish: A Literature Review. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 81, 103497.
- Fazelian, N., Movafeghi, A., Yousefzadi, M., Rahimzadeh, M. (2019). Cytotoxic Impacts of CuO Nanoparticles On The Marine Microalga *Nannochloropsis oculata*. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(17), 17499–17511.
- Federici, G., Shaw, B.J., Handy, R.D. (2007). Toxicity of Titanium Dioxide Nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill Injury, Oxidative Stress, and Other Physiological Effects. *Aquatic Toxicology*, 84(4):415-430.
- French, V.A., Susan, C.K., Anu, K., Grant N., Keith M., David P. (2015). Characterisation of Microcontaminants in Darwin Harbour, a Tropical Estuary of

Northern Australia Undergoing Rapid Development, *Science of the Total Environment*, 536, 639-647.

- Geens, T., Neels, H., Covaci, A. (2012). Distribution of bisphenol-A, triclosan and n-nonylphenol in human adipose tissue, liver and brain. *Chemosphere*, 87(7), 796-802.
- Giraldo, A., Montes, R., Rodil, R., Quintana, J.B., Vidal-Linan, L., Beiras, R. (2017). Ecotoxicological Evaluation of the UV Filters Ethylhexyl Dimethyl p-Aminobenzoic Acid and Octocrylene Using Marine Organisms *Isochrysis galbana*, *Mytilus galloprovincialis* and *Paracentrotus lividus*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 72(4), 606-611.
- Golet, E.M., Alder, A.C., Hartmann, A., Temes, T.A., Giger, W. (2001). Trace determination of fluoroquinolone antibacterial agents in urban wastewater by solid-phase extraction and liquid chromatography with fluorescence detection. *Analytical Chemistry*, 73(15), 3632-3638.
- Gray, I., Lindsay A.G.G., Carol T. (2021). Effect of Caffeine on the Growth and Photosynthetic Efficiency of Marine Macroalgae, *Botanica Marina*, 64(1), 13-18.
- Griffit, R.J., Hyndman, K., Denslow, N.D., Barber, D.S. (2009). Comparison of Molecular and Histological Changes in Zebrafish Gills Exposed to Metallic Nanoparticles., *Toxicological Sciences*, 107(2), 404-415.
- Hammel, S.C., Levasseur, J.L., Hoffman, K., Phillips, A.L., Lorenzo, A.M., Calafat, A.M., Webster, T.F., Stapleton, H.M. (2019). Children's exposure to phthalates and non-phthalate plasticizers in the home: the TESIE study. *Environ. Int.*, 132, 105061.
- Herzog, B., Amoros-Galicia, L., Sohn, M., Hofer, M., Quass, K., Giesinger, J. (2019). Analysis of photokinetics of 2'-ethylhexyl-4-methoxycinnamate in sunscreens. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 18, 1773-1781.
- Hopkins, Z.R., Blaney, L., 2016. An aggregate analysis of personal care products in the environment: identifying the distribution of environmentally-relevant concentrations. *Environ. Int.*, 92, 301-316.
- Jeffrey, S.W., Humphrey, G.F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, C1 and C2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie Und Physiologie Der Pflanzen*, 167(2), 191-194.
- Jyoti, D., Sinha, R. (2023). Physiological impact of personal care product constituents on non-target aquatic organisms. *Science of the Total Environment*, 905, 167229.
- Kar, S., Sanderson, H., Roy, K., Benfenati, E., Leszczynski, J. (2020). Ecotoxicological assessment of pharmaceuticals and personal care products using predictive toxicology approaches. *Green Chemistry*, 22(5), 1458-1516.

- Khabbazi, M., Harsij, M., Hedayati, A.K., Gholipoor, H., Gerami, M.H., Ghafari Farsani, H., (2015). Effect of CuO Nanoparticles on Some Hematological Indices of Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* and Their Potential Toxicity. *Nanomedicine Journal*, 2(1), 67-73.
- Khalid, N., Aqeel, M., Noman, A., Hashem, M., Mostafa, Y.S., Alhaithloul, H.A.S., Alghanem, S.M. (2021). Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments. *Chemosphere*, 264 (2), 128541.
- Koral, M., Ergül H.A. (2024). Assessment of Caffeine and its metabolites on marine phytoplankton growth, *Research in Marine Sciences*, 9(2), 462-473.
- Koray T. (2011), *Denizel Fitoplankton* (3. Basım), Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Kumar, M., Sridharan, S., Sawarkar, A.D., Shakeel, A., Anerao, P., Mannina, G., Sharma, P., Pandey, A. (2023). Current research trends on emerging contaminants pharmaceutical and personal care products (PPCPs): A comprehensive review. *Science of the Total Environment*, 859, 1-20.
- Li, F., Liang, Z., Zheng, X., Zhao, W., Wu, M., Wang, Z. (2015). Toxicity of nano-TiO<sub>2</sub> on algae and the site of reactive oxygen species production. *Aquatic Toxicology*, 158, 1–13.
- Li, J., Schiavo, S., Rametta, G., Miglietta, M. L., La Ferrara, V., Wu, C., Manzo, S. (2017). Comparative toxicity of nano ZnO and bulk ZnO towards marine algae *Tetraselmis suecica* and *Phaeodactylum tricornutum*. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(7), 6543–6553.
- Li, Y., Chen, L., Li, H., Peng, F., Zhou, X., Yang, Z. (2020). Occurrence, distribution, and health risk assessment of 20 personal care products in indoor and outdoor swimming pools. *Chemosphere*, 254, 126872.
- Li, Y., Zhang, L., Liu, X., Ding, J. (2019). Ranking and prioritizing pharmaceuticals in the aquatic environment of China. *Science of the Total Environment*, 658, 333–342.
- Liu, J., Feng, X., Wei, L., Chen, L., Song, B., Shao, L. (2016) The toxicology of ion-shedding zinc oxide nanoparticles. *Critical Reviews in Toxicology*, 46(4), 348–384.
- Macczak, A., Cyrkler, M., Bukowska, B., Michalowicz, J. (2017). Bisphenol A, bisphenol S, bisphenol F and bisphenol AF induce different oxidative stress and damage in human red blood cells (in vitro study). *Toxicol. in Vitro*, 41, 143–149.
- Machado, M.D., Soares, E.V. (2018). Sensitivity of freshwater and marine green algae to three compounds of emerging concern. *Journal of Applied Phycology*, 31, 399-408.
- Madsen, T., Boyd, H.B., Nylén, D., Pedersen, A.R., Petersen, G.I., Simonsen, F. (2001). Environmental and Health Assessment of Substances in Household Detergents and

Cosmetic Detergent Products. *Danish Environmental Protection Agency*, Environmental Project No. 615, 1-35.

- Malakar, A., Kanel, S.R., Ray, C., Snow, D.D., Nadagouda, M.N. (2021). Nanomaterials in the environment, human exposure pathway, and health effects: A review. *Science of the Total Environment*, 759, 143470.
- Malik, A., Claoue, C. (2012). Transport and interaction of cosmetic product material within the ocular surface: Beauty and the beastly symptoms of toxic tears. *Contact Lens and Anterior Eye*, 35(6), 247–259.
- Manayi, A., Saeidnia, S. (2014). *Cosmetics and personal care products* (3rd ed), Elsevier.
- Manzo, S., Buono, S., Rametta, G., Miglietta, M., Schiavo, S., Di Francia, G. (2015). The diverse toxic effect of SiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> nanoparticles toward the marine microalgae *Dunaliella tertiolecta*. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15941-15951.
- Miller, R.J., Lenihan, H.S., Muller, E.B., Tseng, N., Hanna, S.K., Keller, A.A., (2010) Impacts of metal oxide nanoparticles on marine phytoplankton. *Environ Sci Technol.*, 44(19), 7329-7334.
- Monfared, A.L., Soltani, S. (2013). Effects of silver nanoparticles administration on the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): histological and biochemical studies. *European Journal of Experimental Biology*, 3(2), 285-289.
- Monteiro, C.M., Fonseca, S.C., Castro, P.M.L., Malcata, F.X. (2011). Toxicity of cadmium and zinc on two microalgae, *Scenedesmus obliquus* and *Desmodesmus pleiomorphus*, from Northern Portugal. *Journal of Applied Phycology*, 23(1), 97-103.
- Montes-Grajales, D., Fennix-Agudelo, M., Miranda-Castro, W., 2017. Occurrence of Personal Care Products As Emerging Chemicals Of Concern In Water Resources: A Review. *Sci. Total Environ.*, 595, 601–614.
- Morelli, E., Gabellieri, E., Bonomini, A., Tognotti, D., Grassi, G., Corsi, I. (2018). TiO<sub>2</sub> nanoparticles in seawater: Aggregation and interactions with the green alga *Dunaliella tertiolecta*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 184–193.
- Murakami, M., Morita, C., Morimoto, T., Takada, H. (2011). Source analysis of perfluorocarboxylates in Tokyo Bay during dry weather and wet weather using sewage markers. *Environmental Chemistry*, 8, 355–362.
- Musee, N., Oberholster, P.J., Sikhwivhilu, L., Botha, A.M. (2010). The Effects Of Engineered Nanoparticles On Survival, Reproduction, And Behaviour Of Freshwater Snail, *Physa acuta* (Draparnaud, 1805). *Chemosphere*, 81(10), 1196-1203.

- Nag, S.K., Sarkar, S.D., Manna, S.K. (2018). Triclosan – An Antibacterial Compound In Water, Sediment And Fish Of River Gomti, India. *International Journal of Environmental Health Research*, 28(5), 461–470.
- Nowak, K., Jablonska, E., Ratajczak-Wrona, W. (2021). Controversy Around Parabens: Alternative Strategies For Preservative Use In Cosmetics And Personal Care Products. *Environ. Res.*, 198, 110488.
- OECD. (2011). *OECD guidelines for the testing of chemicals (201)*. Paris.
- Olaniyan, L.W., Okoh, A.I. (2020). Determination And Ecological Risk Assessment Of Two Endocrine Disruptors From River Buffalo, South Africa. *Environ. Monit. Assess.*, 192, 1–15.
- Orvos, D.R., Versteeg, D.J., Inauen, J., Capdevielle, M., Rothenstein, A., Cunningham V. (2002). Aquatic toxicity of triclosan. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(7), 1338-1349.
- Pagoni, A., Arvaniti, O.S., Kalantzi, O.I. (2022). Exposure To Phthalates From Personal Care Products: Urinary Levels And Predictors Of Exposure., *Environ. Res.*, 212, 113194.
- Pan, C.G., Peng, F.J., Shi, W.J., Hu, L.X., Wei, X.D., Ying, G.G. (2018). Triclosan-Induced Transcriptional And Biochemical Alterations In The Freshwater Green Algae *Chlamydomonas reinhardtii*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 393-401.
- Paredes, E., Perez, S., Rodil, R., Quintana, J.B., Beiras, R. (2014). Ecotoxicological Evaluation Of Four UV Filters Using Marine Organisms From Different Trophic Levels *Isochrysis galbana*, *Mytilus galloprovincialis*, *Paracentrotus lividus*, and *Siriella armata*. *Chemosphere*, 104, 44–50.
- Patel, R.V., Shaer, K.M., Patel, P., Garmaza, A., Wiangkham, K., Franks, R.B., Pane, O., Carris, N.W. (2016). EPA-Registered Repellents For Mosquitoes Transmitting Emerging Viral Disease. *Pharmacother. J. Huma. Pharmacol. Drug Ther.*, 36, 1272-1280.
- Perencevich, E.N., Wong, M.T., Harris, A.D. (2001). National And Regional Assessment Of The Antibacterial Soap Market: A Step Toward Determining The Impact Of Prvalent Antibacterial Soaps. *Am. J. Infect. Control*, 29, 281-283.
- Qian, J., Gao, X., Pan, B. (2020). Nanoconfinement-Mediated Water Treatment: From Fundamental To Application. *Environmental Science and Technology*, 54(14), 8509-8526.
- Quiroga, J.M., Garrido, M.C., Romero, L.I., Sales Marquez, D., Perales, J.A. (2019). Assessment Of The Biodegradability And Ecotoxicity Of A Nonylphenol

Ethoxylate Surfactant In Littoral Waters. *International Journal of Environmental Science and Development*, 10(5), 130–136.

- Rajkumar, K.S., Sivagaami, P., Ramkumar, A., Murugadas, A., Srinivasan, V., Arun, S., Kuma, K.S., Thirumurugan, R. (2022). Bio-Functionalized Zinc Oxide Nanoparticles: Potential Toxicity Impact On Freshwater Fish *Cyprinus carpio*. *Chemosphere*, 290, 133220.
- Rand, G.M., Wells, P.G., McCarty, L.S. (1995). *Introduction to Aquatic Toxicology* (2nd ed.). CRC Press, Baco Raton.
- Rather, M.A., Bhat, I.A., Sharma, N., Sharma, R. (2018). Molecular And Cellular Toxicology Of Nanomaterials With Related To Aquatic Organisms. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1048, 263-284.
- Ritchie, R.J. (2006). Consistent Sets Of Spectrophotometric Chlorophyll Equations For Acetone, Methanol And Ethanol Solvents. *Photosynthesis Research*, 89(1), 27-41.
- Rodil, R., Moeder, M., Altenburger, R., Schmitt-Jansen, M. (2009). Photostability And Phytotoxicity Of Selected Sunscreen Agents And Their Degradation Mixtures In Water. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 395(5), 1513-1524.
- Sanchez-Avila, J., Tauler, R., Lacorte, S. (2012). Organic Micropollutants In Coastal Waters From NW Mediterranean Sea: Sources Distribution And Potential Risk. *Environment International*, 46, 50–62.
- Schiavo, S., Oliviero, M., Miglietta, M., Rametta, G., Manzo, S. (2016). Genotoxic And Cytotoxic Effects Of ZnO Nanoparticles For *Dunaliella Tertiolecta* And Comparison With SiO<sub>2</sub> And TiO<sub>2</sub> Effects At Population Growth Inhibition Levels. *Science of the Total Environment*, 550, 619-627.
- Schlumpf, M., Kypke, K., Wittassek, M., Angerer, J., Mascher, H., Mascher, D., Vökt, C., Birchler, M., Lichtensteiger, W. (2010). Exposure Patterns Of UV Filters, Fragrances, Parabens, Phthalates, Organochlor Pesticides, Pbdes, And Pcbes In Human Milk: Correlation Of UV Filters With Use Of Cosmetics. *Chemosphere*, 81(10), 1171-1183.
- Schweizer, H.P., 2001. Triclosan: A Widely Used Biocide And Its Link To Antibiotics. *FEMS Microbiol. Lett.*, 202, 1-7.
- Schwensen J.F., Johansen J.D. (2020). *Isothiazolinones* (3rd ed.) Springer ebooks.
- Scown, T.M., Santos, E.M., Johnston, B.D., Gaiser, B., Baalousha, M., Mitov, S., Lead, J.R., Stone, V., Fernandes, T.F., Jepson, M., van Aerle, R., Tyler, C.R. (2010). Effects of Aqueous Exposure To Silver Nanoparticles Of Different Sizes In Rainbow Trout. *Toxicological Sciences*, 115(2), 521–534.

- Sendra, M., Yeste, M., Gatica, J., Moreno-Garrido, I., Blasco, J. (2017). Homoagglomeration and Heteroagglomeration of TiO<sub>2</sub> in Nanoparticle And Bulk Form, Onto Freshwater And Marine Microalgae. *The Science of the Total Environment*, 592, 403–411.
- Seoane, M., Cid, A., Herrero, C., Esperanza, M. (2021). Comparative Acute Toxicity Of Benzophenone Derivatives And Bisphenol Analogues In The Asian Clam *Corbicula fluminea*. *Ecotoxicology*, 30(1), 142-153.
- Sieratowicz, A., Kaiser, D., Behr, M., Oetken, M., Oehlmann, J. (2011). Acute And Chronic Toxicity Of Four Frequently Used UV Filter Substances For *Desmodesmus Subspicatus* And *Daphnia magna*. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 46(12), 1311-1319.
- Solomon, K.R., Baker, D.B., Richards, R.P., Dixon, K.R., Klaine, S.J., La Point, T.W., Kendall, R.J., Weisskopf, C.P., Giddings, J.M., Giesy, J.P., Hall, L.W., Williams, W.M. (1996). Ecological Risk Assessment Of Atrazine In North American Surface Waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15(1), 31–76.
- Subpiramaniyam, S. (2021). Outdoor Disinfectant Sprays For The Prevention Of COVID-19: Are They Safe For The Environment?. *Science of the Total Environment*, 759, 144289.
- Sukhanova, A., Bozrova, S., Sokolov, P., Berestovoy, M., Karaulov, A., Nabiev, I. (2018). Dependence of Nanoparticle Toxicity On Their Physical And Chemical Properties. *Nanoscale Research Letters*, 13(44), 1-21.
- Sungur, S.A., Şahne, B.S., Yeğenoğlu, S. (2018). Kozmetik Ürünlerin Tarihçesi, Ürün Tanımlarının Yasal Durumu ve Tüketici Davranışı Açısından Değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi Ve Folklorik Tıp Dergisi*, 8(3), 191–197.
- Tato, T., Beiras, R. (2019). The Use Of The Marine Microalga *Tisochrysis lutea* (T-Iso) in Standard Toxicity Tests; Comparative Sensitivity With Other Test Species. *Frontiers in Marine Science*, 6, 1-10.
- Ternes, T. A. (1998). Occurrence of Drugs in German Sewage Treatment Plants And Rivers. *Water Research*, 32(11), 3245–3260.
- Thiagarajan, V., Pavana, M., Seenivasan, R., Chandrasekaran, N., Suraishkumar G.K., Mukherjee, A. (2019). Diminishing Bioavailability And Toxicity Of P25 TiO<sub>2</sub> NPs During Continuous Exposure To Marine Algae *Chlorella* sp. *Chemosphere*, 233, 363-372.
- Thorel, E., Clergeaud, F., Jaugeon, L., Rodrigues, A.M.S., Lucas, J., Stien, D., Lebaron, P. (2020). Effect of 10 UV Filters on the Brine Shrimp *Artemia salina* and the Marine Microalga *Tetraselmis* sp. *Toxics*, 8(2), 29.

- Tiwari, H., Prajapati, S.K. (2023). Allelopathic Effect Of Benzoic Acid (Hydroponics Root Exudate) On Microalgae Growth. *Environmental Research*, 219, 1-8.
- Tovar-Sanchez, A., Sanchez-Quiles, D., Blasco, J. (2020). *Sunscreens in Coastal Ecosystems*. Springer Nature.
- Trigueiro, N.S.S., Gonçalves, B.B., Dias, F.C., de Oliveira Lima, E.C., Rocha, T.L., Saboia-Morais, S.M.T. (2021). Co-exposure of Iron Oxide Nanoparticles And Glyphosate-Based Herbicide Induces DNA Damage And Mutagenic Effects In The Guppy (*Poecilia reticulata*). *Environmental Toxicology And Pharmacology*, 81, 103521.
- URL-1: [https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=51696](https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=51696), (Ziyaret Tarihi: 12 Nisan 2024).
- URL-2: [https://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus\\_id=44099](https://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=44099), (Ziyaret Tarihi: 12 Nisan 2014).
- Van der Ohe P.C., Schmitt-Jansen M., Slobodnik J., Brack W. (2012). Triclosan-The Forgotten Priority Substance?. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 19, 585-591.
- Voulvoulis, N., Scrimshaw, M.D., Lester, J.N. (2002). Partitioning of Selected Antifouling Biocides In The Aquatic Environment. *Marine Environmental Research*, 53, 1-16.
- Wang, B., Ye, T., Li, C., Li, X., Chen, L., Wang, G. (2022). Cell Damage Repair Mechanism In A Desert Green Algae *Chlorella* Sp. Against UV-B Radiation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 242, 113916.
- Wang, H., Xi, H., Xu, L., Jin, M., Zhao, W., Liu, H. (2021). Ecotoxicological Effects, Environmental Fate And Risks Of Pharmaceutical And Personal Care Products In The Water Environment: A Review. *Science of the Total Environment*, 788, 147819.
- Wang, Y., Zhu, X., Lao, Y., Lv, X., Tao, Y., Huang, B., Wang, J., Zhou, J., Cai, Z. (2016). TiO<sub>2</sub> Nanoparticles In The Marine Environment: Physical Effects Responsible For The Toxicity On Algae *Phaeodactylum tricornutum*. *The Science of the Total Environment*, 565, 818-826.
- Weatherly, L.M., Gosse, J.A. (2017). Triclosan Exposure, Transformation, And Human Health Effects. *J. Toxicol. Environ. Health B*, 20, 447–469.
- Wong, S.W.Y., Leung, P.T.Y., Djuricic, A.B., Leung, K.M.Y. (2009). Toxicities of Nano Zinc Oxide To Five Marine Organisms: Influences Of Aggregate Size And Ion Solubility. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 396(2), 609-618.
- Xia, B., Chen, B., Sun, X., Qu, K., Ma, F., Du, M. (2015). Interaction of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles With The Marine Microalga *Nitzschia closterium*: Growth



Inhibition, Oxidative Stress And Internalization. *The Science of the Total Environment*, 508, 525-533.

- Xin, X., Huang, G., Liu, X., An, C., Yao, Y., Weger, H., Zhang, P., Chen, X. (2017). Molecular Toxicity Of Triclosan And Carbamazepine To Green Algae *Chlorococcum* sp.: A single Cell View Using Synchrotron-Based Fourier Transform Infrared Spectromicroscopy. *Environmental Pollution*, 226, 12-20.
- Xin, X., Huang, G., Zhang, B. (2021). Review of Aquatic Toxicity Of Pharmaceuticals And Personal Care Products To Algae. *Journal of Hazardous Materials*, 410, 124619.
- Yamagishi, T., Katsumata, M., Yamaguchi, H., Shimura, Y., Kawachi, M., Koshikawa, H., Horie, Y., Tatarazako, N. (2016). Rapid Ecotoxicological Bioassay Using Delayed Fluorescence In The Marine Cyanobacterium *Cyanobium* sp. (NIES-981). *Ecotoxicology*, 25(10), 1751-1758.
- Yamamoto, H., Tamura, I., Hirata, Y., Kato, J., Kagota, K., Katsuki, S., Yamamoto, A., Kagami, Y., Tatarazako, N. (2011). Aquatic Toxicity And Ecological Risk Assessment Of Seven Parabens: Individual And Additive Approach. *The Science of the Total Environment*, 410-411, 102-111.
- Yuksel, B., Aydın, D., Aksoy, O. (2022). The Impact of Vermicompost on *Pisum sativum* spp. Arvence L exposed to methylisothiazolinone. *Biologia*, 77(4), 1109-1119.
- Zhang, S., Lin, D., Wu, F. (2016). The Effect Of Natural Organic Matter On Bioaccumulation And Toxicity Of Chlorobenzenes To Green Algae. *Journal of Hazardous Materials*, 311, 186–193.
- Zhang, Y., Zhang, X., Guo, R., Zhang, Q., Cao, X., Suranjana, M., Liu, Y. (2020). Effects of Florfenicol On Growth, Photosynthesis And Antioxidant System Of The Non-Target Organism *Isochrysis galbana*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*, 233, 108764.
- Zhu, X., Zhu, L., Duan, Z., Qi, R., Li, Y., Lang, Y. (2008) Comparative Toxicity Of Several Metal Oxide Nanoparticle Aqueous Suspensions to Zebrafish (*Danio rerio*) Early Developmental Stage. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 43(3), 278-284
- Ziylan-Yavas, A., Santos, D., Flores, E.M.M., Ince, N.H. (2022). Pharmaceuticals And Personal Care Products (PPCPs): Environmental And Public Health Risks. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 41(4), 1-26.



**EKLER**

## EK-A

Tablo A.1. *Isochrysis galbana* kültürünün % inhibisyon değerleri

| Bileşikler                     | Konsantrasyonlar |         |         |          |
|--------------------------------|------------------|---------|---------|----------|
|                                | 1 mg/L           | 10 mg/L | 50 mg/L | 100 mg/L |
| BP-4                           | 4,21             | 0,46    | 5,33    | 8,00     |
| CA                             | 24,18            | 30,89   | 34,51   | 38,68    |
| TCS                            | 12,36            | 28,66   | 47,92   | 72,82    |
| CuO                            | 39,77            | 60,97   | 65,93   | 70,14    |
| ZnO                            | 42,33            | 57,2    | 72,83   | 78,2     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 43,89            | 54,92   | 54,92   | 61,03    |
| MEP                            | 7,02             | 4,06    | 7,70    | 10,8     |
| MIT                            | 41,70            | 53,96   | 55,03   | 62,95    |
| OC                             | 11,90            | 22,21   | 19,64   | 18,86    |
| OMC                            | 12,23            | 10,26   | 13,68   | 15,65    |
| SB                             | 21,18            | 21,61   | 20,74   | 24,89    |
| TiO <sub>2</sub>               | 6,34             | 13,61   | 12,93   | 16,54    |

Tablo A.2. *Tetraselmis* sp. kültürünün % inhibisyon değerleri

| Bileşikler                     | Konsantrasyonlar |         |         |          |
|--------------------------------|------------------|---------|---------|----------|
|                                | 1 mg/L           | 10 mg/L | 50 mg/L | 100 mg/L |
| BP-4                           | 17,21            | 8,18    | 14,25   | 23,98    |
| CA                             | 27,96            | 36,87   | 41,01   | 51,61    |
| TCS                            | 32,61            | 38,64   | 41,66   | 60,32    |
| CuO                            | 38,78            | 49,74   | 66,18   | 74,91    |
| ZnO                            | 46,20            | 48,90   | 64,83   | 71,20    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 38,13            | 45,92   | 62,77   | 67,12    |
| MEP                            | 20,06            | 20,06   | 28,17   | 33,60    |
| MIT                            | 16,08            | 57,35   | 58,73   | 59,67    |
| OC                             | 19,94            | 21,21   | 31,77   | 21,21    |
| OMC                            | 8,75             | 11,86   | 22,74   | 32,07    |
| SB                             | 22,86            | 43,75   | 38,04   | 31,43    |
| TiO <sub>2</sub>               | 21,47            | 22,12   | 21,76   | 35,72    |

## EK-B

Tablo B.1. Farklı TCS, OC, ZnO, OMC, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe hücre sayısında zamana bağlı değişimi ve standart sapma (hücrex10<sup>3</sup>/mL)

|                | TCS       | OC      | ZnO      | OMC      | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CuO      | TiO <sub>2</sub> |
|----------------|-----------|---------|----------|----------|--------------------------------|----------|------------------|
| Saat           | Kontrol   |         |          |          |                                |          |                  |
| 0              | 501±247   | 608±64  | 832±67   | 1115±318 | 875±142                        | 832±67   | 1264±723         |
| 24             | 638±258   | 699±47  | 1131±141 | 1307±370 | 1161±182                       | 1131±141 | 1536±811         |
| 48             | 1189±612  | 923±47  | 1467±134 | 1573±429 | 1493±167                       | 1467±134 | 1973±956         |
| 72             | 1509±655  | 1029±65 | 1829±65  | 1696±410 | 1941±174                       | 1829±65  | 2155±945         |
| 96             | 2160±1007 | 1259±94 | 2256±164 | 1872±373 | 2176±140                       | 2160±117 | 2352±852         |
| Çözücü kontrol |           |         |          |          |                                |          |                  |
| 0              | 507±232   | 576±110 | 752±164  | 1115±259 | 789±239                        | 752±164  | 1264±723         |
| 24             | 645±247   | 661±26  | 901±174  | 1296±300 | 923±188                        | 901±174  | 1536±811         |
| 48             | 1083±290  | 827±471 | 1003±158 | 1541±378 | 1083±207                       | 1003±158 | 1973±956         |
| 72             | 1275±324  | 1013±56 | 1109±162 | 1637±378 | 1195±244                       | 1109±162 | 2155±945         |
| 96             | 1643±422  | 1227±80 | 1248±131 | 1803±315 | 1333±264                       | 1248±131 | 2352±852         |
| 1 mg/L         |           |         |          |          |                                |          |                  |
| 0              | 496±270   | 587±125 | 747±16   | 1040±251 | 843±141                        | 747±16   | 1216±669         |
| 24             | 507±198   | 672±134 | 907±59   | 1168±300 | 997±123                        | 907±599  | 138±692          |
| 48             | 747±342   | 667±24  | 1067±120 | 1429±366 | 1323±59                        | 1067±120 | 1638±733         |
| 72             | 1233±635  | 859±104 | 1125±173 | 1451±336 | 1559±160                       | 1125±173 | 1867±776         |
| 96             | 1893±864  | 1008±96 | 1301±201 | 1643±366 | 1733±145                       | 1301±223 | 2203±968         |
| 10 mg/L        |           |         |          |          |                                |          |                  |
| 0              | 475±228   | 576±80  | 805±51   | 1045±257 | 843±146                        | 805±51   | 1182±653         |
| 24             | 619±229   | 693±92  | 853±82   | 1200±275 | 949±119                        | 853±82   | 1419±716         |
| 48             | 992±720   | 944±63  | 789±85   | 1408±350 | 1275±104                       | 848±102  | 1675±759         |
| 72             | 1223±831  | 1051±47 | 773±194  | 1520±361 | 1152±222                       | 853±124  | 1824±810         |
| 96             | 1541±940  | 992±35  | 965±145  | 1680±376 | 1221±271                       | 843±96   | 2032±850         |
| 50 mg/L        |           |         |          |          |                                |          |                  |
| 0              | 544±302   | 581±76  | 811±92   | 1088±273 | 832±163                        | 811±92   | 1200±660         |
| 24             | 501±71    | 624±39  | 928±88   | 1232±312 | 1029±142                       | 928±88   | 1407±710         |
| 48             | 699±280   | 777±80  | 805±113  | 1380±388 | 1099±141                       | 805±113  | 1648±727         |
| 72             | 880±384   | 853±16  | 704±83   | 1508±403 | 1067±151                       | 741±47   | 1787±773         |
| 96             | 1125±449  | 859±189 | 613±116  | 1616±448 | 981±269                        | 736±53   | 2048±854         |
| 100 mg/L       |           |         |          |          |                                |          |                  |
| 0              | 517±264   | 628±48  | 757±39   | 1019±232 | 811±164                        | 757±43   | 1157±635         |
| 24             | 379±116   | 699±24  | 848±110  | 1157±303 | 1019±134                       | 848±106  | 1392±737         |
| 48             | 422±125   | 811±16  | 656±210  | 1332±414 | 1008±209                       | 731±178  | 1653±743         |
| 72             | 492±152   | 949±16  | 565±173  | 1488±396 | 1067±290                       | 651±124  | 1829±799         |
| 96             | 587±188   | 992±28  | 491±164  | 1579±443 | 848±181                        | 645±116  | 1963±780         |

Tablo B.2. Farklı CA, BP-4, SB, MIT ve MEP uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|        | CA             | BP-4           | SB             | MIT            | MEP            |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Saat   | Kontrol        |                |                |                |                |
| 24     | 267000±104511  | 928000±273782  | 181000±69127   | 1088000±613532 | 1280000±364294 |
| 48     | 421000±100005  | 1376000±99148  | 347000±122132  | 1285000±694161 | 1568000±345836 |
| 72     | 597000±74818   | 1723000±207794 | 565000±239180  | 1477000±584266 | 1819000±338303 |
| 96     | 784000±69374   | 2027000±339059 | 811000±96354   | 1755000±639172 | 2075000±409007 |
| 0      | 1104000±138379 | 2400000±392962 | 1157000±150660 | 1957000±622946 | 2363000±362274 |
| 1 mg/L |                |                |                |                |                |
| 0      | 261000±24088   | 965000±247388  | 224000±72971   | 1056000±531238 | 1237000±387010 |
| 24     | 341000±56038   | 1349000±91447  | 337000±78777   | 1115000±528306 | 1483000±269003 |

Tablo B.2. (Devam) Farklı CA, BP-4, SB, MIT ve MEP uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|      | CA            | BP-4           | SB            | MIT            | MEP            |
|------|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| Saat |               |                | 1 mg/L        |                |                |
| 48   | 475000±86853  | 1681000±246789 | 645000±168621 | 1157000±500845 | 1723000±306394 |
| 72   | 629000±82623  | 1963000±356145 | 779000±48177  | 1104000±443289 | 1947000±337697 |
| 96   | 837000±109768 | 2299000±457685 | 912000±44108  | 1141000±336025 | 2197000±366908 |
|      |               |                | 10 mg/L       |                |                |
| 0    | 251000±65319  | 1040100±233183 | 213000±48177  | 1072000±528048 | 1316000±329931 |
| 24   | 336000±100685 | 1365000±100516 | 326000±55526  | 965000±402954  | 1547000±284542 |
| 48   | 437000±85066  | 1729000±193864 | 592000±148377 | 944000±476681  | 1798000±294610 |
| 72   | 645000±102032 | 1963000±326755 | 720000±135386 | 948000±500821  | 1936000±292410 |
| 96   | 763000±37409  | 2389000±359009 | 907000±102533 | 901000±428569  | 2267000±249038 |
|      |               |                | 50 mg/L       |                |                |
| 0    | 240000±44108  | 1035000±201032 | 171000±69127  | 1104000±532682 | 1312000±300186 |
| 24   | 337000±67583  | 1355000±87440  | 240000±125984 | 1029000±488842 | 1465000±238796 |
| 48   | 464000±82209  | 1632000±231641 | 389000±47102  | 960000±447084  | 1696000±328214 |
| 72   | 571000±115229 | 1931000±358438 | 741000±123797 | 864000±419676  | 1925000±351951 |
| 96   | 723000±119911 | 2272000±396076 | 917000±85066  | 880000±418087  | 2181000±303859 |
|      |               |                | 100 mg/L      |                |                |
| 0    | 240000±59866  | 981000±225064  | 197000±65319  | 1083000±519314 | 1301000±309370 |
| 24   | 309000±33049  | 1349000±82001  | 315000±111618 | 944000±451528  | 1509000±301830 |
| 48   | 448000±176435 | 1653000±263619 | 395000±96354  | 869000±428090  | 1707000±351514 |
| 72   | 597000±145473 | 1872000±345095 | 688000±106613 | 795000±484635  | 1867000±340264 |
| 96   | 677000±156003 | 2208000±402819 | 869000±74131  | 725000±464459  | 2107000±295696 |

Tablo B.3. Farklı TCS, OC, ZnO, OMC, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında zamana bağlı değişimi ve standart sapma (hücrex10<sup>3</sup>/mL)

|      | TCS      | OC      | ZnO     | OMC            | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CuO      | TiO <sub>2</sub> |
|------|----------|---------|---------|----------------|--------------------------------|----------|------------------|
| Saat |          |         |         | Kontrol        |                                |          |                  |
| 0    | 187±74   | 608±64  | 272±17  | 459±115        | 160±640                        | 208±44   | 800±273          |
| 24   | 331±102  | 699±47  | 416±53  | 624±80         | 309±96                         | 363±96   | 992±269          |
| 48   | 555±90   | 923±47  | 512±97  | 789±100        | 539±82                         | 571±79   | 1221±370         |
| 72   | 811±144  | 1029±65 | 647±26  | 875±139        | 763±62                         | 805±111  | 1493±397         |
| 96   | 1061±182 | 1259±94 | 816±63  | 1029±233       | 1104±138                       | 1168±149 | 1691±483         |
|      |          |         |         | Çözücü kontrol |                                |          |                  |
| 0    | 213±106  | 576±111 | 233±17  | 469±130        | 160±64                         | 144±75   | 715±139          |
| 24   | 315±42   | 661±26  | 235±85  | 587±72         | 229±47                         | 219±55   | 885±149          |
| 48   | 565±94   | 827±47  | 277±108 | 704±88         | 293±47                         | 299±43   | 1003±158         |
| 72   | 752±230  | 1013±56 | 357±116 | 763±84         | 363±56                         | 363±56   | 1109±162         |
| 96   | 1013±339 | 1227±80 | 427±106 | 923±158        | 427±82                         | 432±77   | 1259±147         |
|      |          |         |         | 1 mg/L         |                                |          |                  |
| 0    | 192±40   | 587±125 | 240±26  | 421±82         | 149±72                         | 197±74   | 811±307          |
| 24   | 331±77   | 672±134 | 309±85  | 597±108        | 224±64                         | 229±62   | 853±351          |
| 48   | 459±98   | 667±24  | 363±125 | 720±100        | 304±77                         | 304±77   | 1013±388         |
| 72   | 571±76   | 859±104 | 309±26  | 869±166        | 512±78                         | 512±78   | 1145±437         |
| 96   | 715±77   | 1008±96 | 439±17  | 939±157        | 683±144                        | 715±136  | 1328±518         |
|      |          |         |         | 10 mg/L        |                                |          |                  |
| 0    | 176±87   | 576±80  | 277±16  | 448±85         | 171±56                         | 187±79   | 800±274          |
| 24   | 272±56   | 693±92  | 304±52  | 549±82         | 256±404                        | 251±62   | 896±349          |
| 48   | 443±120  | 944±63  | 400±165 | 704±108        | 368±56                         | 368±56   | 1035±305         |
| 72   | 549±74   | 1051±47 | 421±167 | 773±140        | 523±85                         | 523±85   | 1136±394         |
| 96   | 651±59   | 992±35  | 417±115 | 907±173        | 597±96                         | 587±106  | 1317±454         |
|      |          |         |         | 50 mg/L        |                                |          |                  |
| 0    | 171±59   | 581±76  | 251±74  | 405±74         | 165±62                         | 165±58   | 763±259          |
| 24   | 283±91   | 624±39  | 299±110 | 501±69         | 261±31                         | 249±56   | 821±339          |
| 48   | 363±62   | 777±80  | 314±126 | 613±55         | 325±42                         | 325±42   | 1002±277         |
| 72   | 469±74   | 853±16  | 341±201 | 704±88         | 373±77                         | 373±77   | 1163±273         |
| 96   | 619±155  | 859±189 | 287±145 | 795±130        | 411±118                        | 395±119  | 1323±402         |

Tablo B.3.(Devam) Farklı TCS, OC, ZnO, OMC, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe hücre sayısında zamana bağlı değişimi ve standart sapma (hücrex10<sup>3</sup>/mL)

|      | TCS      | OC     | ZnO     | OMC     | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CuO    | TiO <sub>2</sub> |
|------|----------|--------|---------|---------|--------------------------------|--------|------------------|
| Saat | 100 mg/L |        |         |         |                                |        |                  |
| 0    | 181±69   | 628±48 | 277±48  | 416±88  | 160±67                         | 170±59 | 795±308          |
| 24   | 277±87   | 699±24 | 240±125 | 501±80  | 219±55                         | 229±47 | 837±363          |
| 48   | 331±26   | 811±16 | 276±117 | 602±51  | 272±72                         | 277±52 | 992±295          |
| 72   | 373±85   | 949±16 | 245±90  | 688±94  | 314±94                         | 265±41 | 1040±361         |
| 96   | 421±134  | 992±28 | 235±66  | 699±125 | 363±94                         | 293±42 | 1087±446         |

Tablo B.4. Farklı CA, BP-4, SB, MIT ve MEP uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma (hücre/mL)

|      | CA            | BP-4         | SB            | MIT            | MEP            |
|------|---------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| Saat | Kontrol       |              |               |                |                |
| 24   | 128000±90509  | 357000±82001 | 149000±122550 | 448000±224456  | 592000±431110  |
| 48   | 224000±163168 | 437000±62924 | 197000±174588 | 555000±144059  | 715000±477075  |
| 72   | 315000±253924 | 539000±51266 | 304000±233183 | 699000±111618  | 907000±601282  |
| 96   | 443000±304532 | 624000±33561 | 384000±291884 | 885000±179132  | 1072000±720888 |
| 0    | 651000±418046 | 709000±74131 | 560000±329304 | 1163000±209023 | 1381000±766509 |
|      | 1 mg/L        |              |               |                |                |
| 0    | 139000±80106  | 373000±74818 | 149000±120867 | 443000±182615  | 635000±441746  |
| 24   | 171000±106453 | 437000±43720 | 203000±156331 | 517000±187047  | 704000±448913  |
| 48   | 224000±138748 | 517000±51266 | 251000±215535 | 629000±155015  | 821000±469721  |
| 72   | 309000±222317 | 544000±40477 | 331000±255733 | 757000±148262  | 923000±605609  |
| 96   | 469000±378448 | 587000±87440 | 432000±310086 | 976000±188501  | 1104000±699549 |
|      | 10 mg/L       |              |               |                |                |
| 0    | 139000±80106  | 341000±48177 | 133000±123797 | 416000±141670  | 592000±425852  |
| 24   | 171000±104511 | 400000±26773 | 213000±184011 | 475000±125441  | 704000±484881  |
| 48   | 235000±155015 | 496000±26773 | 245000±185121 | 507000±118731  | 795000±463466  |
| 72   | 352000±221702 | 544000±67123 | 277000±246766 | 603000±217427  | 885000±533802  |
| 96   | 411000±256333 | 651000±66098 | 315000±245727 | 496000±142750  | 1104000±662871 |
|      | 50 mg/L       |              |               |                |                |
| 0    | 117000±96354  | 309000±56038 | 133000±122132 | 432000±144177  | 539000±376141  |
| 24   | 160000±99148  | 395000±59580 | 181000±170132 | 469000±115673  | 661000±446014  |
| 48   | 208000±124347 | 485000±31462 | 236000±185057 | 512000±132713  | 767000±446055  |
| 72   | 304000±124347 | 533000±33049 | 283000±215535 | 528000±166584  | 848000±496876  |
| 96   | 384000±179884 | 608000±75725 | 347000±219303 | 480000±168114  | 992000±555732  |
|      | 100 mg/L      |              |               |                |                |
| 0    | 128000±88217  | 320000±80954 | 155000±129194 | 437000±176048  | 587000±466659  |
| 24   | 149000±112076 | 395000±48177 | 176000±173411 | 464000±138379  | 677000±468739  |
| 48   | 213000±110233 | 485000±55116 | 224000±208041 | 549000±140824  | 779000±453753  |
| 72   | 245000±146875 | 485000±84462 | 304000±220544 | 517000±143703  | 837000±492183  |
| 96   | 315000±150660 | 539000±55116 | 384000±232890 | 469000±217662  | 917000±530724  |

## EK-C

Tablo C.1. Farklı CA, BP-4, SB, MIT ve MEP uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|                | TCS         | OC          | ZnO         | OMC         | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CuO         | TiO <sub>2</sub> |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|------------------|
| Saat           | Kontrol     |             |             |             |                                |             |                  |
| 0              | 0,065±0,020 | 0,171±0,047 | 0,097±0,003 | 0,151±0,071 | 0,102±0,013                    | 0,090±0,007 | 0,140±0,078      |
| 24             | 0,086±0,027 | 0,243±0,016 | 0,127±0,010 | 0,190±0,095 | 0,129±0,022                    | 0,128±0,008 | 0,159±0,081      |
| 48             | 0,139±0,059 | 0,271±0,022 | 0,163±0,009 | 0,217±0,104 | 0,166±0,017                    | 0,165±0,011 | 0,214±0,104      |
| 72             | 0,171±0,073 | 0,289±0,009 | 0,197±0,005 | 0,234±0,110 | 0,207±0,022                    | 0,199±0,005 | 0,231±0,100      |
| 96             | 0,235±0,011 | 0,328±0,024 | 0,238±0,011 | 0,244±0,111 | 0,233±0,013                    | 0,231±0,003 | 0,251±0,095      |
| Çözücü kontrol |             |             |             |             |                                |             |                  |
| 0              | 0,067±0,026 | 0,168±0,048 | 0,089±0,015 | 0,153±0,064 | 0,093±0,027                    | 0,084±0,005 | 0,140±0,077      |
| 24             | 0,083±0,024 | 0,241±0,009 | 0,105±0,020 | 0,185±0,084 | 0,107±0,018                    | 0,104±0,021 | 0,154±0,075      |
| 48             | 0,123±0,032 | 0,264±0,014 | 0,116±0,017 | 0,205±0,096 | 0,123±0,023                    | 0,117±0,016 | 0,169±0,074      |
| 72             | 0,147±0,034 | 0,281±0,005 | 0,127±0,017 | 0,221±0,099 | 0,135±0,025                    | 0,127±0,017 | 0,187±0,068      |
| 96             | 0,193±0,049 | 0,315±0,012 | 0,140±0,016 | 0,240±0,105 | 0,147±0,031                    | 0,142±0,014 | 0,206±0,067      |
| 1 mg/L         |             |             |             |             |                                |             |                  |
| 0              | 0,062±0,017 | 0,161±0,054 | 0,090±0,000 | 0,111±0,074 | 0,099±0,016                    | 0,090±0,002 | 0,135±0,072      |
| 24             | 0,079±0,021 | 0,226±0,019 | 0,106±0,005 | 0,157±0,083 | 0,116±0,012                    | 0,108±0,004 | 0,154±0,077      |
| 48             | 0,093±0,036 | 0,255±0,014 | 0,122±0,014 | 0,188±0,098 | 0,147±0,006                    | 0,123±0,012 | 0,178±0,083      |
| 72             | 0,140±0,069 | 0,249±0,054 | 0,129±0,019 | 0,205±0,095 | 0,172±0,013                    | 0,129±0,019 | 0,203±0,085      |
| 96             | 0,198±0,091 | 0,298±0,027 | 0,142±0,025 | 0,217±0,096 | 0,189±0,013                    | 0,147±0,028 | 0,236±0,107      |
| 10 mg/L        |             |             |             |             |                                |             |                  |
| 0              | 0,062±0,023 | 0,163±0,054 | 0,095±0,004 | 0,109±0,059 | 0,100±0,014                    | 0,097±0,005 | 0,133±0,072      |
| 24             | 0,084±0,029 | 0,236±0,10  | 0,101±0,004 | 0,152±0,069 | 0,111±0,010                    | 0,102±0,004 | 0,158±0,080      |
| 48             | 0,116±0,067 | 0,250±0,048 | 0,094±0,010 | 0,177±0,079 | 0,140±0,011                    | 0,104±0,009 | 0,184±0,085      |
| 72             | 0,137±0,089 | 0,259±0,043 | 0,089±0,023 | 0,203±0,082 | 0,131±0,022                    | 0,102±0,012 | 0,199±0,087      |
| 96             | 0,170±0,103 | 0,263±0,062 | 0,109±0,016 | 0,227±0,096 | 0,139±0,030                    | 0,101±0,010 | 0,219±0,093      |
| 50 mg/L        |             |             |             |             |                                |             |                  |
| 0              | 0,065±0,023 | 0,163±0,055 | 0,092±0,001 | 0,147±0,067 | 0,099±0,017                    | 0,096±0,009 | 0,136±0,074      |
| 24             | 0,062±0,002 | 0,233±0,012 | 0,104±0,008 | 0,181±0,086 | 0,119±0,015                    | 0,109±0,009 | 0,157±0,079      |
| 48             | 0,086±0,027 | 0,255±0,016 | 0,092±0,002 | 0,195±0,086 | 0,122±0,015                    | 0,097±0,009 | 0,181±0,081      |
| 72             | 0,106±0,042 | 0,248±0,039 | 0,080±0,006 | 0,204±0,089 | 0,123±0,014                    | 0,090±0,004 | 0,193±0,084      |
| 96             | 0,132±0,047 | 0,271±0,035 | 0,069±0,011 | 0,215±0,092 | 0,115±0,030                    | 0,088±0,004 | 0,221±0,095      |
| 100 mg/L       |             |             |             |             |                                |             |                  |
| 0              | 0,067±0,029 | 0,161±0,046 | 0,091±0,005 | 0,137±0,061 | 0,096±0,012                    | 0,093±0,003 | 0,132±0,071      |
| 24             | 0,061±0,005 | 0,223±0,011 | 0,104±0,002 | 0,152±0,069 | 0,116±0,016                    | 0,101±0,008 | 0,155±0,082      |
| 48             | 0,063±0,005 | 0,251±0,010 | 0,082±0,020 | 0,176±0,076 | 0,117±0,023                    | 0,091±0,013 | 0,182±0,082      |
| 72             | 0,072±0,005 | 0,255±0,012 | 0,068±0,020 | 0,187±0,079 | 0,123±0,031                    | 0,081±0,013 | 0,199±0,089      |
| 96             | 0,086±0,011 | 0,291±0,036 | 0,060±0,021 | 0,198±0,083 | 0,101±0,019                    | 0,080±0,013 | 0,212±0,087      |

Tablo C.2. Farklı CA, BP-4, SB, MIT ve MEP uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|        | CA          | BP-4        | SB          | MIT         | MEP         |
|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Saat   | Kontrol     |             |             |             |             |
| 24     | 0,043±0,011 | 0,125±0,019 | 0,024±0,004 | 0,123±0,060 | 0,143±0,038 |
| 48     | 0,077±0,019 | 0,177±0,009 | 0,043±0,005 | 0,143±0,066 | 0,173±0,037 |
| 72     | 0,091±0,023 | 0,233±0,015 | 0,046±0,002 | 0,163±0,064 | 0,198±0,037 |
| 96     | 0,103±0,026 | 0,285±0,035 | 0,057±0,001 | 0,192±0,071 | 0,223±0,043 |
| 0      | 0,129±0,033 | 0,324±0,045 | 0,073±0,003 | 0,211±0,067 | 0,252±0,039 |
| 1 mg/L |             |             |             |             |             |
| 0      | 0,041±0,003 | 0,139±0,014 | 0,024±0,004 | 0,122±0,056 | 0,140±0,043 |
| 24     | 0,068±0,007 | 0,176±0,003 | 0,039±0,007 | 0,128±0,056 | 0,162±0,029 |
| 48     | 0,073±0,005 | 0,236±0,019 | 0,045±0,004 | 0,132±0,055 | 0,188±0,034 |
| 72     | 0,089±0,003 | 0,288±0,038 | 0,052±0,004 | 0,127±0,049 | 0,208±0,039 |
| 96     | 0,115±0,005 | 0,325±0,053 | 0,066±0,003 | 0,129±0,039 | 0,235±0,040 |

Tablo C.2. (Devam) Farklı CA, BP-4, SB, MIT ve MEP uygulamalarının *Isochrysis galbana* kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|      | CA          | BP-4        | SB          | MIT         | MEP         |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Saat | 10 mg/L     |             |             |             |             |
| 0    | 0,041±0,002 | 0,151±0,015 | 0,024±0,005 | 0,123±0,057 | 0,147±0,037 |
| 24   | 0,065±0,006 | 0,187±0,010 | 0,037±0,006 | 0,113±0,044 | 0,171±0,031 |
| 48   | 0,073±0,003 | 0,269±0,007 | 0,044±0,005 | 0,111±0,052 | 0,195±0,034 |
| 72   | 0,086±0,001 | 0,338±0,016 | 0,052±0,002 | 0,111±0,050 | 0,210±0,032 |
| 96   | 0,107±0,003 | 0,391±0,011 | 0,066±0,006 | 0,106±0,046 | 0,243±0,028 |
|      | 50 mg/L     |             |             |             |             |
| 0    | 0,038±0,004 | 0,147±0,014 | 0,025±0,005 | 0,124±0,056 | 0,147±0,033 |
| 24   | 0,063±0,006 | 0,175±0,008 | 0,036±0,002 | 0,118±0,056 | 0,164±0,025 |
| 48   | 0,069±0,004 | 0,231±0,024 | 0,040±0,002 | 0,111±0,049 | 0,186±0,037 |
| 72   | 0,081±0,007 | 0,286±0,041 | 0,053±0,002 | 0,101±0,045 | 0,209±0,039 |
| 96   | 0,103±0,009 | 0,315±0,049 | 0,063±0,006 | 0,103±0,045 | 0,234±0,033 |
|      | 100 mg/L    |             |             |             |             |
| 0    | 0,040±0,003 | 0,132±0,015 | 0,025±0,004 | 0,124±0,058 | 0,146±0,034 |
| 24   | 0,063±0,006 | 0,171±0,006 | 0,038±0,005 | 0,111±0,050 | 0,165±0,030 |
| 48   | 0,073±0,006 | 0,229±0,028 | 0,042±0,003 | 0,103±0,048 | 0,187±0,038 |
| 72   | 0,078±0,005 | 0,269±0,038 | 0,050±0,004 | 0,094±0,052 | 0,203±0,038 |
| 96   | 0,096±0,012 | 0,313±0,054 | 0,060±0,002 | 0,086±0,050 | 0,224±0,031 |

Tablo C.3. Farklı TCS, OC, ZnO, OMC, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|      | TCS            | OC          | ZnO         | OMC         | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CuO         | TiO <sub>2</sub> |
|------|----------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|------------------|
| Saat | Kontrol        |             |             |             |                                |             |                  |
| 0    | 0,041±0,016    | 0,115±0,004 | 0,056±0,003 | 0,101±0,031 | 0,025±0,008                    | 0,016±0,008 | 0,163±0,059      |
| 24   | 0,069±0,020    | 0,131±0,006 | 0,086±0,006 | 0,123±0,030 | 0,059±0,014                    | 0,029±0,012 | 0,201±0,060      |
| 48   | 0,114±0,010    | 0,153±0,023 | 0,105±0,005 | 0,156±0,045 | 0,121±0,016                    | 0,057±0,016 | 0,247±0,080      |
| 72   | 0,165±0,029    | 0,180±0,021 | 0,132±0,005 | 0,163±0,032 | 0,156±0,016                    | 0,081±0,025 | 0,301±0,088      |
| 96   | 0,210±0,049    | 0,224±0,007 | 0,152±0,011 | 0,174±0,029 | 0,219±0,017                    | 0,110±0,020 | 0,341±0,107      |
|      | Çözücü kontrol |             |             |             |                                |             |                  |
| 0    | 0,045±0,022    | 0,107±0,017 | 0,047±0,003 | 0,099±0,032 | 0,027±0,009                    | 0,013±0,009 | 0,145±0,024      |
| 24   | 0,062±0,000    | 0,128±0,005 | 0,049±0,018 | 0,119±0,022 | 0,043±0,007                    | 0,021±0,006 | 0,180±0,033      |
| 48   | 0,111±0,020    | 0,141±0,011 | 0,058±0,023 | 0,137±0,032 | 0,057±0,007                    | 0,028±0,006 | 0,203±0,034      |
| 72   | 0,153±0,051    | 0,177±0,017 | 0,074±0,025 | 0,152±0,033 | 0,066±0,005                    | 0,033±0,005 | 0,224±0,035      |
| 96   | 0,199±0,073    | 0,217±0,020 | 0,087±0,021 | 0,165±0,036 | 0,083±0,009                    | 0,042±0,008 | 0,254±0,033      |
|      | 1 mg/L         |             |             |             |                                |             |                  |
| 0    | 0,041±0,006    | 0,109±0,033 | 0,051±0,004 | 0,097±0,028 | 0,028±0,011                    | 0,018±0,010 | 0,165±0,068      |
| 24   | 0,069±0,015    | 0,133±0,028 | 0,064±0,017 | 0,122±0,037 | 0,050±0,019                    | 0,022±0,013 | 0,173±0,077      |
| 48   | 0,094±0,018    | 0,164±0,020 | 0,075±0,019 | 0,146±0,048 | 0,079±0,023                    | 0,036±0,017 | 0,205±0,079      |
| 72   | 0,115±0,015    | 0,166±0,019 | 0,064±0,003 | 0,167±0,045 | 0,105±0,018                    | 0,045±0,015 | 0,232±0,097      |
| 96   | 0,143±0,000    | 0,169±0,013 | 0,089±0,003 | 0,196±0,047 | 0,120±0,016                    | 0,053±0,016 | 0,268±0,114      |
|      | 10 mg/L        |             |             |             |                                |             |                  |
| 0    | 0,038±0,019    | 0,111±0,025 | 0,057±0,003 | 0,092±0,024 | 0,030±0,011                    | 0,016±0,010 | 0,163±0,058      |
| 24   | 0,057±0,011    | 0,139±0,012 | 0,063±0,011 | 0,115±0,029 | 0,047±0,011                    | 0,025±0,009 | 0,182±0,077      |
| 48   | 0,091±0,025    | 0,171±0,004 | 0,083±0,033 | 0,136±0,037 | 0,077±0,007                    | 0,034±0,009 | 0,209±0,064      |
| 72   | 0,112±0,013    | 0,187±0,015 | 0,087±0,031 | 0,150±0,048 | 0,095±0,009                    | 0,042±0,013 | 0,230±0,088      |
| 96   | 0,133±0,010    | 0,155±0,020 | 0,086±0,019 | 0,170±0,054 | 0,106±0,013                    | 0,042±0,017 | 0,266±0,101      |
|      | 50 mg/L        |             |             |             |                                |             |                  |
| 0    | 0,037±0,012    | 0,108±0,011 | 0,053±0,003 | 0,086±0,023 | 0,028±0,010                    | 0,016±0,008 | 0,155±0,057      |
| 24   | 0,059±0,018    | 0,132±0,010 | 0,062±0,024 | 0,104±0,020 | 0,051±0,010                    | 0,024±0,011 | 0,167±0,075      |
| 48   | 0,075±0,003    | 0,150±0,009 | 0,065±0,024 | 0,122±0,028 | 0,057±0,011                    | 0,029±0,010 | 0,203±0,061      |
| 72   | 0,096±0,016    | 0,156±0,006 | 0,069±0,035 | 0,132±0,029 | 0,066±0,011                    | 0,032±0,011 | 0,235±0,060      |
| 96   | 0,126±0,030    | 0,143±0,051 | 0,059±0,026 | 0,150±0,037 | 0,073±0,011                    | 0,033±0,014 | 0,267±0,085      |
|      | 100 mg/L       |             |             |             |                                |             |                  |
| 0    | 0,039±0,014    | 0,119±0,013 | 0,057±0,008 | 0,087±0,025 | 0,064±0,033                    | 0,017±0,007 | 0,164±0,067      |
| 24   | 0,058±0,010    | 0,134±0,010 | 0,051±0,020 | 0,103±0,024 | 0,040±0,011                    | 0,023±0,004 | 0,170±0,080      |



Tablo C.3. (Devam) Farklı TCS, OC, ZnO, OMC, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, TiO<sub>2</sub> uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|      | TCS         | OC          | ZnO         | OMC         | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CuO         | TiO <sub>2</sub> |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|------------------|
| Saat | 100 mg/L    |             |             |             |                                |             |                  |
| 48   | 0,069±0,004 | 0,161±0,008 | 0,056±0,025 | 0,119±0,028 | 0,053±0,010                    | 0,025±0,003 | 0,202±0,064      |
| 72   | 0,077±0,016 | 0,173±0,019 | 0,051±0,015 | 0,133±0,033 | 0,059±0,011                    | 0,024±0,009 | 0,225±0,062      |
| 96   | 0,087±0,029 | 0,179±0,037 | 0,049±0,013 | 0,125±0,034 | 0,067±0,010                    | 0,024±0,006 | 0,242±0,068      |

Tablo C.4. Farklı CA, BP-4, SB, MIT ve MEP uygulamalarının *Tetraselmis* sp. kültüründe optik yoğunluğunun zamana bağlı değişimi ve standart sapma

|      | CA          | BP-4        | SB          | MIT         | MEP         |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Saat | Kontrol     |             |             |             |             |
| 24   | 0,028±0,019 | 0,073±0,017 | 0,032±0,027 | 0,090±0,038 | 0,118±0,097 |
| 48   | 0,047±0,036 | 0,090±0,012 | 0,042±0,038 | 0,113±0,030 | 0,145±0,107 |
| 72   | 0,065±0,056 | 0,109±0,012 | 0,063±0,051 | 0,142±0,023 | 0,184±0,134 |
| 96   | 0,091±0,067 | 0,127±0,006 | 0,079±0,065 | 0,180±0,034 | 0,208±0,145 |
| 0    | 0,133±0,092 | 0,144±0,016 | 0,109±0,072 | 0,213±0,026 | 0,259±0,136 |
|      | 1 mg/L      |             |             |             |             |
| 0    | 0,030±0,017 | 0,074±0,009 | 0,032±0,027 | 0,090±0,034 | 0,128±0,098 |
| 24   | 0,037±0,023 | 0,090±0,009 | 0,043±0,034 | 0,106±0,037 | 0,142±0,099 |
| 48   | 0,047±0,030 | 0,106±0,001 | 0,053±0,048 | 0,128±0,034 | 0,167±0,104 |
| 72   | 0,064±0,049 | 0,111±0,008 | 0,069±0,057 | 0,154±0,032 | 0,187±0,134 |
| 96   | 0,096±0,082 | 0,117±0,133 | 0,089±0,069 | 0,184±0,028 | 0,214±0,140 |
|      | 10 mg/L     |             |             |             |             |
| 0    | 0,030±0,017 | 0,071±0,009 | 0,029±0,027 | 0,086±0,031 | 0,121±0,094 |
| 24   | 0,037±0,023 | 0,083±0,005 | 0,045±0,041 | 0,097±0,024 | 0,143±0,108 |
| 48   | 0,049±0,034 | 0,102±0,003 | 0,052±0,041 | 0,104±0,024 | 0,161±0,104 |
| 72   | 0,073±0,048 | 0,111±0,011 | 0,058±0,055 | 0,123±0,039 | 0,176±0,113 |
| 96   | 0,085±0,056 | 0,128±0,019 | 0,065±0,054 | 0,105±0,033 | 0,207±0,120 |
|      | 50 mg/L     |             |             |             |             |
| 0    | 0,029±0,022 | 0,064±0,011 | 0,029±0,027 | 0,089±0,031 | 0,110±0,084 |
| 24   | 0,035±0,022 | 0,081±0,012 | 0,039±0,038 | 0,096±0,023 | 0,135±0,099 |
| 48   | 0,044±0,027 | 0,100±0,006 | 0,050±0,041 | 0,105±0,028 | 0,156±0,100 |
| 72   | 0,063±0,026 | 0,108±0,006 | 0,059±0,048 | 0,108±0,036 | 0,172±0,111 |
| 96   | 0,079±0,040 | 0,123±0,016 | 0,072±0,048 | 0,099±0,036 | 0,195±0,113 |
|      | 100 mg/L    |             |             |             |             |
| 0    | 0,030±0,018 | 0,065±0,013 | 0,033±0,026 | 0,090±0,034 | 0,120±0,104 |
| 24   | 0,032±0,024 | 0,081±0,010 | 0,038±0,036 | 0,095±0,025 | 0,138±0,105 |
| 48   | 0,045±0,024 | 0,098±0,009 | 0,047±0,042 | 0,112±0,031 | 0,158±0,101 |
| 72   | 0,052±0,032 | 0,100±0,012 | 0,063±0,039 | 0,106±0,031 | 0,170±0,110 |
| 96   | 0,065±0,032 | 0,110±0,001 | 0,079±0,036 | 0,095±0,045 | 0,180±0,108 |

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- Ergül H. A., Kılıç, S., Aksan S., **İpşiroğlu, M.** (2014). Aşağı Sakarya Nehrinin Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Araştırılması, 22. *Ulusal Biyoloji Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, 23-27 Haziran 2014.
- Ergül H. A., Kılıç, S., Aksan S., **İpşiroğlu, M.**, Baysal A. (2014). Assessment of Consecutive Plankton Blooms on March and April 2014 in İzmit Bay (Marmara Sea), *1st International Congress of Applied Ichthyology & Aquatic Environment-HydroMedit 2014*, Volos, Greece, 13-15 October 2014.
- Ergül, H. A., **İpşiroğlu, M.**, Aksan, S. (2016). Eutrophic State Of The Eastern Basin Of İzmit Bay (The Marmara Sea) In Autumn 2014, *International Conference On Environmental Science And Technology*, Belgrad, Sırbistan, 28 Eylül- 2 Ekim 2016.
- Ergül, H. A., Aksan, S., **Ipsiroglu M.** (2017). Autumn 2015 Plankton Bloom In İzmit Bay (Marmara Sea), *The 3rd International Symposium On Euroasian Biodiversity*, Minsk, Belarus, 05-08 Temmuz 2017.
- Ergül, H. A., Aksan, S., **Ipsiroglu M.** (2018). Assessment Of The Consecutive Harmful Dinoflagellate Blooms During 2015 In The İzmit Bay (The Marmara Sea), *Acta Oceanologica Sinica*, 37(8), 91-101.
- Ergül, H. A., Aksan, S., **Ipsiroglu M.**, Küçük A. (2015). Assessment Of The Spring 2015 Plankton Blooms In İzmit Bay (The Marmara Sea), *Özet Bildiri, 3rd Science For The Environment Conference*, Aarhus, Denmark, 01-02 Ekim 2015.
- Ergül, H. A., Çelebi, N. G., **İpşiroğlu, M.** (2013). İzmit Körfezinde Meydana Gelen Plankton Çoğalmasi ile İlgili Bir Çalışma, 17. *Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-6 Eylül 2013.
- Ergül, H. A., **Koral, M.**, Aksan, S., Kaya M. (2021). The Trophic Status Assessment Of İzmit Bay (The Marmara Sea) Simultaneously With The Mucilage Formation Using Phytoplankton Biodiversity And Trix, 3. *International Environmental Chemistry Congress*, Antalya, Türkiye, 01- 04 Kasım 2021.
- Ergül, H. A., Özdelice, N., **Koral, M.**, Aksan, S., Durmuş, T., Kaya, M., Kayal, M., Ekmekçi, F., Canli, O. (2021). The Early Stage Of Mucilage Formation In The Marmara Sea During Spring 2021, *Journal Of The Black Sea / Mediterranean Environment*, 27(2), 232-257.
- Koral, M.**, Ergül, H. A. (2017). Assessment Of Caffeine Effects On Marine Phytoplankton Growth, *3rd International Conference On Environmental Science And Technology*, Budapest, Hungary, 19-23 Ekim 2017.
- Koral, M.**, Ergül, H. A. (2023). Assessment of Triclosan Effects on Marine Phytoplankton Growth, *Özet Bildiri, 5. International Environmental Chemistry Congress*, Antalya, Türkiye, 30-02 Kasım 2023.

**Koral. M.,** Ergül, H.A. (2024). Assessment of Caffeine and its Metabolites On Marine Phytoplankton Growth, *Research in Marine Sciences*, 9(2), 462-47.



## ÖZGEÇMİŞ

Merve Koral, 2007 yılında Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde lisans eğitimine başladı ve 2012 yılında eğitimini tamamladı. Yüksek lisans eğitimine 2012 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda başladı ve 2016 yılında mezun oldu. Doktora eğitimine 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda başladı. 2014 yılından beri Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Kültür ve Sosyal İşler Daire Başkanlığı Müzeler Şube Müdürlüğü'nde Biyolog olarak görev yapmaktadır.

