



**PALANDÖKEN TEKE DERESİ VE TORTUM  
GÖLÜ'NDEN İZOLE EDİLEN SCENEDESMUS  
TÜRLERİNİN MİKROALG BÜYÜMESİNİ TEŞVİK  
EDEN BAKTERİLERLE (MBTB) EŞ KÜLTÜR  
ÜRETİM ORTAMINDA GELİŞİMİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Zeliha AKYÜZ**

**Danışman: Doç. Dr. Özden FAKIOĞLU  
İkinci Tez Dan.: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KARADAYI  
Yüksek Lisans Tezi  
Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
2024**

(Her hakkı saklıdır)

T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**PALANDÖKEN TEKE DERESİ VE TORTUM GÖLÜ'NDEN İZOLE EDİLEN  
SCENEDESMUS TÜRLERİNİN MİKROALG BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDEN  
BAKTERİLERLE (MBTB) EŞ KÜLTÜR ÜRETİM ORTAMINDA GELİŞİMİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

(Investigation of the development of *Scenedesmus* species isolated from Palandöken Teke Stream and Tortum Lake in Co-Culture Medium with Microalgae Grow Promoting Bacteria (MGPB))

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeliha AKYÜZ

Danışman: Doç. Dr. Özden FAKİOĞLU  
İkinci Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KARADAYI

Erzurum  
Temmuz, 2024

## KABUL VE ONAY TUTANAĞI

ZELİHA AKYÜZ tarafından hazırlanan “**Palandöken Teke Deresi ve Tortum Gölü’nden İzole Edilen Scenedesmus Türlerinin Mikroalg Büyümesini Teşvik Eden Bakterilerle (Mbtb) Eş Kültür Üretim Ortamında Gelişiminin Araştırılması**” başlıklı çalışması .. / .. / 202. tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Eğitimi Ana Bilim Dalı Ana Bilim Dalı, Su Ürünleri Mühendisliği Eğitimi Bilim Dalı yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Unvan Ad SOYAD  
*Üniversite Adı* Aslı ıslak imzalıdır

Danışman: Doç. Dr. Özden FAKİOĞLU  
*Atatürk Üniversitesi* Aslı ıslak imzalıdır

Jüri Üyesi: Unvan Ad SOYAD  
*Üniversite Adı* Aslı ıslak imzalıdır

İkinci Tez Danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KARADAYI  
*Atatürk Üniversitesi* Enstitü Yönetim Kurulunun.../.../.... tarih ve ..... sayılı kararı.

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

.... / .... / 202..

Aslı ıslak imzalıdır

**Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN**

**Enstitü Müdürü**

Bu çalışma TÜBİTAK “ARDEB-1001” projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No:1220973

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ETİK VE BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Tez türünü giriniz. Ör. Yüksek Lisans veya Doktora Tezi olarak Danışmanın Ünvanı Adı Soyadı danışmanlığında sunulan “Tezin başlığını girmek için tıklayın” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	Tezdeki benzerlik oranının yazınız	30
Kuramsal Temeller	Tezdeki benzerlik oranının yazınız	30
Materyal ve Yöntem	Tezdeki benzerlik oranının yazınız	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	Tezdeki benzerlik oranının yazınız	20
Sonuç ve Öneriler	Tezdeki benzerlik oranının yazınız	20
Tezin Geneli	Tezdeki benzerlik oranının yazınız	25

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

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

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Öğrenci Adını ve Soyadını yazmak için tıklayınız	Danışmanın Ünvanını Adını ve Soyadını yazmak için tıklayınız
Tarih girmek için burayı tıklayınız	Tarih girmek için burayı tıklayınız
İmza:	İmza:

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

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

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

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde gerekli maddi desteği sağlayan TÜBİTAK Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu (TOVAG)'a şükranlarımı sunarım **(TÜBİTAK-1001 Proje No: 122O973)**.

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgi, tecrübe ve desteğini benden esirgemeyen tez yazım aşamasında ve diğer tüm konularda her koşulda yanımda olan değerli danışmanım Sayın Doç.Dr. Özden FAKİOĞLU' na, tez çalışmalarım sürecinde vermiş oldukları desteklerden dolayı ikinci tez danışman hocam sayın Dr.Öğr.Üyesi Mehmet KARADAYI'ya TÜBİTAK-1001 projesinde görev almamı ve bursiyer olmamı sağlayan Sayın Prof. Dr. Medine GÜLLÜCE ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökçe KARADAYI hocalarıma, tez çalışmalarında gerek arazi aşamasında gerekse laboratuvar çalışmalarında destek, katkı ve bilgi aktarımlarından dolayı Sayın Dr. Selin DOĞAN'a, Rabia TATAR'a, Yusuf GÜLŞAHİN'e ve Emirhan ÖGRÜ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez yazımda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Doç. Dr. Özge ZENCİR TANIR ve Sayın Doç. Dr. Burak ALAYLAR hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca tüm kararlarımda bana güvenen ve her zaman yanımda olan desteklerini esirgemeyen değerli babam Alparslan AKYÜZ'e, annem Yaşagül AKYÜZ'e, ablam Yurdan AKYÜZ'e, canım kız kardeşlerime, tüm akrabalarım ve dostlarıma sonsuz teşekkürler.

Yüksek lisans süreci başta olmak üzere bana her konuda desteklerini esirgemeyip yanımda olan kıymetli arkadaşım yüksek lisans öğrencisi Muhammet Furkan TOPAL'a teşekkür ederim.

Zeliha AKYÜZ

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### PALANDÖKEN TEKE DERESİ ve TORTUM GÖLÜ'NDEN İZOLE EDİLEN *Scenedesmus* TÜRLERİNİN MİKROALG BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDEN BAKTERİLERLE (MBTB) EŞ KÜLTÜR ÜRETİM ORTAMINDA GELİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Zeliha AKYÜZ

Danışman: Doç. Dr. Özden FAKIOĞLU

İkinci Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KARADAYI

**Amaç:** Mikroalgler hücre metabolikleri ile hızlı nüfus artışı ile azalan gıda kaynaklarına alternatif bir çözüm oluşturabilecek potansiyeli olan sucul canlılardır. Bununla birlikte bu canlılar biyoteknolojik olarak da öneme sahiptirler. Bu çalışmamızın amacı Erzurum İl sınırı içerisinde bulunan sulak alanlardan izole edilecek *Scenedesmus* ve MBTB izolatları ile eş kültür ortamına almak ve MBTB izolatlarının *Scenedesmus* izolatlarının büyüme performansına etkilerini incelemektir.

**Yöntem:** Palandöken Teke Deresi ve Tortum Gölü'nden *Scenedesmus* ve MBTB izolatları alınmış, izole edilmiş ve tür teşhisleri yapılmıştır. Palandöken Teke Deresi'nden izole edilen *Scenedesmus flavescens* ile Tortum Gölü'nden izole edilen *Scenedesmus armatus* türlerine aynı alandan izole edilip MBTB özelliği gösteren 10 bakteri ile eş-kültür denemeleri oluşturulmuştur. Deneme 7 gün boyunca devam etmiştir. Deneme boyunca hücre sayımı ve biyokütle günlük olarak ölçülmüş olup kuru madde ağırlığı denemenin başında ve sonunda yapılmıştır.

**Bulgular:** Bu çalışmada, Tortum Gölü'nden *Scenedesmus armatus* ve Palandöken Teke Deresi'nden *Scenedesmus flavescens* türleri teşhis edilmiştir. Her iki tür içinde hem biyokütle değeri hem de hücre sayıları güne ve gruplara bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). *S.armatus* ve *S.flavescens* biyokütleleri en fazla *Bacillus* sp. ile eş-kültür ortamında hesaplanmıştır. Hücre sayısına etki eden MBTM türleri: *Bacillus* sp. ( $306 \pm 16,21$  hücre/ml) ile A5 grubunda, *Pseudomonas* sp. ( $251 \pm 13,37$  hücre/ml) ile A6 grubunda, *Pseudomonas* sp. ( $260 \pm 17,6$  hücre/ml) ile A7 grubunda ve *Bacillus* sp. ( $93 \pm 6,01$  hücre/ml) ile F8 grubunda tespit edilmiştir.

**Sonuçlar:** Bu çalışmamızda, *Bacillus* sp.'nin *Scenedesmus armatus* ve *Scenedesmus flavescens* türleri için büyümeyi teşvik ettiği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** biyokütle, eş-kültür, MBTB, *Scenedesmus*, Palandöken Teke Deresi Göleti, Tortum Gölü

Temmuz 2024, 46 Sayfa

## ABSTRACT

### MASTER'S THESIS

#### INVESTIGATION OF THE DEVELOPMENT OF *Scenedesmus* ISOLATED FROM PALANDÖKEN TEKE CREEK AND LAKE TORTUM IN CO-CULTURE MEDIUM WITH MICROALGAE GROW PROMOTING BACTERIA (MGPB)

Zeliha AKYÜZ

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özden FAKIOĞLU

Co-supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet KARADAYI

**Purpose:** Microalgae are aquatic creatures that have the potential to provide an alternative solution to decreasing food resources due to rapid population growth, thanks to their cell metabolism. However, these creatures are also biotechnologically important. The aim of this study is to co-culture the *Scenedesmus* and MGPB isolates isolated from the wetlands within the border of Erzurum Province and to examine the effects of MGPB isolates on the growth performance of *Scenedesmus* isolates.

**Method:** *Scenedesmus* and MGPB isolates were collected from Palandöken Teke Creek and Tortum Lake, isolated and species identified. Co-culture experiments were conducted with *Scenedesmus flavescens* isolated from Palandöken Teke Deresi and *Scenedesmus armatus* species isolated from Tortum Lake with 10 bacteria showing MGPB characteristics isolated from the same area. The experiment continued for 7 days. *Scenedesmus* counting and biomass were measured daily during the experiment, and dry matter weight was measured at the beginning and end of the experiment.

**Findings:** In this study, *Scenedesmus armatus* from Tortum Lake and *Scenedesmus flavescens* from Palandöken Teke Creek were isolated and determined. In both species, the change in both biomass value and cell numbers depending on the day and groups were found to be statistically significant ( $p < 0.05$ ). MBTM species affecting cell counting were detected in the A5 group with *Bacillus* sp. ( $306 \pm 16.21$  cells/ml), in the A6 group with *Bacillus* sp. ( $251 \pm 13.37$  cells/ml), in the A7 group with *Pseudomonas* sp. ( $260 \pm 17.6$  cells/ml) and in the F8 group with *Bacillus* sp. ( $93 \pm 6.01$  cells/ml).

**Conclusions:** In this study, it was found that *Bacillus* sp. promoted the growth of *Scenedesmus armatus* and *Scenedesmus flavescens* species.

**Keywords:** biomass, co-culture, MGPB, *Scenedesmus*, Palandöken Teke Creek Pond, Lake Tortum

July 2024, 46 Pages

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK VE BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	x
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	4
<i>Scenedesmus</i> sp. Genel Özellikleri .....	4
MBTB (Mikroalg Büyümesini Teşvik Eden Bakteriler)'in Genel Özellikleri .....	4
Mikroalg Kültür Ortamları.....	5
Mikroalg ve MBTB Eş-Kültür Çalışmaları.....	7
MATERYAL ve YÖNTEM .....	8
Materyal .....	8
Arazi çalışması .....	8
Mikroalg örnekleme.....	9
Yöntem.....	9
<i>Scenedesmus</i> türlerinin izolasyonu ve tanısı .....	9
MBTB türlerinin izolasyonu ve tanısı.....	9
İzolasyon çalışmaları.....	9
MBTB izolatlarının seçilimi .....	10
Azot fikse eden MBTB izolatlarının seçilimi .....	10
Fosfat çözen MBTB izolatlarının seçilimi .....	11
İndol-3-asetik asit (IAA) üreten MBTB izolatlarının seçilimi.....	11
Ön kültür çalışmaları.....	11
Eş kültür çalışmaları.....	12
Analiz Verilerinin Değerlendirilmesi.....	14
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	15

<i>Scenedesmus</i> ve MBTB Türlerinin Tanısı .....	15
<i>Scenedesmus armatus</i> ve <i>Scenedesmus flavescens</i> Hücre Sayımı ve Biyokütlesi.....	16
<i>Scenedesmus armatus</i> ve <i>Scenedesmus flavescens</i> Kuru Madde Miktarı.....	22
Tartışma.....	24
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	27
KAYNAKÇA .....	28
ÖZGEÇMİŞ.....	33



## TABLÖLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Palandöken Teke Deresi ve Tortum Gölü'ne Ait Koordinat Bilgileri ve Hidrolojik Özellikleri.....	8
<b>Tablo 2.</b> 3N-BBM+V Ortamı.....	12
<b>Tablo 3.</b> Tortum Gölü'nden İzole Edilen Bakteriler ve MBTB Ait Özellikleri .....	16
<b>Tablo 4.</b> Palandöken Teke Deresi'nden İzole Edilen Bakteriler ve MBTB Ait Özellikleri ....	16
<b>Tablo 5.</b> <i>Scenedesmus armatus</i> ve <i>Scenedesmus flavescens</i> biyokütleri arasındaki korelasyon .....	17
<b>Tablo 6.</b> <i>Scenedesmus armatus</i> biyokütlesinin günlere ve gruplara bağlı değişimi .....	17
<b>Tablo 7.</b> <i>Scenedesmus flavescens</i> biyokütlesinin günlere ve gruplara bağlı değişimi .....	19
<b>Tablo 8.</b> <i>Scenedesmus flavescens</i> hücre sayısının günlere ve gruplara bağlı değişimi.....	22

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Palandöken Teke Deresi Gölet (A) ve Tortum Gölü (B) .....	8
Şekil 2. MBTB izolatlarının katı kültürlerinin örnek görüntüleri .....	10
Şekil 3. <i>Scenedesmus</i> ve MBTB eş-kültür çalışmaları .....	13
Şekil 4. Kuru madde analizindeki süzme ve kurutma aşamaları .....	14
Şekil 5. <i>Scenedesmus armatus</i> (A) ve <i>Scenedesmus flavescens</i> (B) .....	15
Şekil 6. <i>Scenedesmus armatus</i> ile MBTB eş-kültür gruplarının günlere bağlı biyokütle değişimi .....	18
Şekil 7. <i>Scenedesmus flavescens</i> ile MBTB eş-kültür gruplarının günlere bağlı biyokütle değişimi .....	21
Şekil 8. <i>Scenedesmus armatus</i> kuru madde miktarının gruplara göre değişimi .....	23
Şekil 9. <i>Scenedesmus flavescens</i> kuru madde miktarının gruplara göre değişimi .....	23

## KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
°C	: Santigrat Derece
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
3N-BBM+V	: Üç Azotlu Vitaminle Zenginleştirilmiş Bold Bazal Ortamı
ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi
Ca	: Kalsiyum
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	: Kalsiyum fosfat
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsiyum karbonat
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	: Kobalt Klorür Heksahidrat
dATP	: Deoksiadenozin trifosfat
dCTP	: Deoksisitidin Trifosfat
dGTP	: Deoksiguanozin Trifosfat
DNA	: Deoksiribonükleik asit
dTTP	: Deoksitimidin Trifosfat
EDTA	: Etildiamin tetraasetik asit
FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	: Demir Triklorür Heksahidrat
FeSO <sub>4</sub>	: Demir (II) sülfat
g	: gram
HCl	: Hidroklorik asit
HCO <sub>3</sub>	: Bikarbonat
hm <sup>3</sup>	: Hektometre küp
IAA	: İndol-3-asetik asidin
K	: Potasyum
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	: Potasyum Hidrojen Fosfat
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Potasyum sülfat
KCl	: Potasyum klorür
KCl	: Potasyum klorür

kg	: Kilogram
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	: Mono potasyum Fosfat
$\text{km}^2$	: Kilometrekare
$\text{KNO}_3$	: Potasyum nitrat
L	: Litre
LB	: Luria–Bertani Agar
Lux	: birim yüzeye düşen lümen miktarı
M	: Molar
MBTB	: Mikroalg Büyümesini Teşvik Eden Bakteriler
Mg	: Magnezyum
$\text{MgCl}_2$	: Magnezyum klorür
$\text{MgSO}_4$	: Magnezyum sülfat
mJ	: mega joule
ml	: Mili litre
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	: Manganez Klorür Tetrahidrat
$\text{MnSO}_4$	: Magnezyum Sülfat
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	: Manganez Sülfat Monohidrat
N	: azot
NA	: Nutrient Agar
Na	: Sodyum
$\text{Na}_2\text{EDTA}$	: Disodyum Etilendiamin Tetraasetik Asit
$\text{Na}_2\text{MoO}_4$	: Sodyum Molibdat
$\text{NaCl}$	: Sodyum Klorür
$\text{NaNO}_3$	: Sodyum Nitrat
$\text{NH}_4\text{Cl}$	: Amonyum Klorür
P	: Fosfor
PCR	: Polymerase Chain Reaction (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)
PGPB	: Plant Growth Promoting Bacteria = Bitki Büyümesini Teşvik Eden Bakteriler
pH	: H İyonu Derişiminin 10 Tabanında (-) Logaritması
Rpm	: Revolutions per minute (Dakikadaki devir sayısı)
$\text{ZnCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	: Çinko Sülfat Heptahidrat
$\mu\text{g}$	: Mikrogram
$\mu\text{M}$	: Mikromolar

## GİRİŞ

Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve teknolojideki gelişmeler nedeniyle doğal kaynaklar kirlilik tehdidi altındadır. (Güney 2002, Pulatsü vd. 2014). Sucul ekosistemlerde meydana gelen kirlilik sadece orada yaşayan canlılara zarar vermemekte aynı zamanda sulama amaçlı kullanımını da etkilemektedir. Günümüzde gerek kirlilik gerekse azalan su kaynakları nedeniyle gıda ihtiyacında da artma gözlenmektedir. Bilim insanları alternatif gıda maddeleri araştırmaya başlamıştır. Bu konuda öne çıkan doğal kaynak mikroalgler olmuştur. Yaklaşık 40 yıldan beri ticari üretimi yapılan mikroalgler (Alçay vd. 2017), gıda endüstrisinin yanı sıra tıptan tarıma kadar birçok alanda yararlanılan önemli kaynaklar arasında yer almaktadır (Sasa *et al.* 2020).

Mikroalg, basit yapılı, tek veya koloni hücrelere sahip boyutları 1µ'dan 1 cm kadar ulaşabilen fotosentez ile besini üreten ototrofik veya heterotrofik koşullarda yaşayan hücrelerinde klorofil bulunan bitkisel organizmalardır (Lee 2008). Mikroalglerin kimyasal yapısı  $C_{106}H_{181}O_{45}N_{16}P_1$  olarak ifade edilirken; biyokimyasal içeriği ise karbonhidratlar, proteinler, pigment ve yağlardır (Sajjadi *et al.* 2018).

Mikroalgler kesikli, yarı kesikli ve sürekli olmak üzere 3 farklı yöntemle üretimleri yapılabilir. Kesikli üretim genellikle yarı kesikli ya da sürekli üretim öncesi mikroalg konsantrasyonunun belirli bir seviyeye ulaşması amacıyla kapalı ortamda ve sabit şartlarda mikroalg aşısı ve uygun besin ile gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra mikroalg yetiştirmek için açık (kanal tipi havuzlar) ve kapalı (fotobiyoreaktörler gibi) sistemler olmak üzere temel olarak iki ana üretim ortamı geliştirilmiştir (Ghasemi *et al.* 2012).

Mikroalg üretim koşulları türe bağlı olarak değişmekler beraber ışık, sıcaklık, pH ve besin ortamı bileşenleri en önemlileridir. Mikroalgler fotosentez yoluyla biyokütleyle dönüşen canlılar olup üretim koşullarındaki değişimlerden etkilenmektedirler. Genel olarak 1000 lux ışık yoğunluğu stok kültürlerde devam ettirmede yeterli olurken, yüksek üretimlerde 3500-5000 lux aydınlatma gerekmektedir. Kültür sıcaklığı büyük bir çoğunlukla 20-25 °C arasında, pH 7-9 arasında, türe bağlı olarak karıştırmalı çevresel ortam hazırlanmalıdır. Kültür ortamlarında fotosentez yapabilmeleri için  $CO_2$ 'e ihtiyaç duyulmaktadır. Besin ortamları türlere bağlı olarak değişmekle beraber ana besin maddeleri olarak alg biyokütlesinin %10-20'sini oluşturan azot ve fosfora ihtiyaç duyarlar, ayrıca makro besinler Mg, Na, K ve Ca ve mikro besinler ve vitamin eklenmelidir (Andersen 2005).

Ticari olarak üretimde verimlilik çok önemlidir. Büyük ölçekli kültür sistemlerinde arazi maliyeti, işçilik, enerji, su, besin ve nihai ürünün tipi de ekonomik olması açısından önem arz etmektedir (Yılmaz 2006). Bunun yanı sıra ürün tipi (biyodizel, gıda, ilaçbilim vb.) seçilecek türlerin belirlenmesinin yanı sıra üretim yapılan koşulları ve kullanılacak besin ortamının niteliğini etkilemektedir. Örneğin Gouveia and Oliveira (2009) *Nannochloropsis oleoabundans* (tatlı su mikroalgi) ve *Nannochloropsis* sp. (deniz mikroalgi) türlerinin yüksek yağ içeriği nedeniyle (sırasıyla %29,0 ve %28,7) biyoyakıt üretimine uygun olduğu bildirmişlerdir. Mikroalg türlerinin kültür koşullarında yapılacak değişimler (gece-gündüz süresinin belirlenmesi, ışık şiddetinin değiştirilmesi, pH değerinde değişimler, azot ve/veya fosfor sınırlandırmaları vb.) yağ ve protein üretiminde değişime neden olmaktadır. En iyi kültür koşullarının ve verimin elde edilmesine yönelik çalışmalar halen bilim insanları tarafından devam ettirilmektedir (Darki *et al.* 2017; An *et al.* 2020).

Günümüzde mikroalg kültivasyon teknolojilerinin geliştirilmesindeki en önemli kriterler; hedef türün yüksek biyokütle verimi ve istenen metabolit birikimi ile üretilmesi olarak sıralanabilir. Ayrıca kültür ortamına dışarıdan sentetik katkıların eklenmesinin azaltılmasıyla üretim sürecinin daha ekonomik ve çevreci yönde geliştirilmesi de teknolojinin sürdürülebilirliği açısından istenen özellikler arasındadır (Palacios *et al.* 2022). Bu noktada, mikroalgler ile mikroalg büyümesini teşvik eden bakterilerin (MBTB) eş kültür yoluyla üretilmesini konu alan çalışmalar sürdürülebilir mikroalg üretim teknolojilerinin geliştirilmesi için önem arz etmektedir (de Bashan *et al.* 2002; Hernandez *et al.* 2009; Do Nascimento *et al.* 2013; Liu *et al.* 2020; Gonzalez-Gonzalez *et al.* 2021).

Mikroalgler ile bakterilerin aynı kültür ortamındaki kullanımları güncel literatürde yeni bir kavram gibi görünmesine karşın, keşfedilmesinin tarihçesi 1930'lara kadar gitmektedir (Waksman *et al.* 1937). Ancak yararlı etkileşimlerin mikroalg kültivasyonu açısından öneminin anlaşılması ve bu alandaki araştırmaların ivme kazanması 1970'lerin başında başlamış ve günümüze kadar artarak gelmiştir (Delucca and McCracken, 1977). Çeşitli mekanizmalar ile mikroalg büyümesini teşvik eden bakteriler literatürde önceleri "mutualistik" ya da "simbiyotik mikroorganizmalar" olarak, daha sonra ise "stimule edici bakteriler", "probiyotik bakteriler", "fonksiyonel bakteriler", "algal büyüme teşvik edici organizma" gibi çeşitli isimlerle anılmışlardır. Hatta birçok kaynakta bu bakteriler için "bitki büyümesini teşvik edici bakteriler (PGPB: plant growth promoting bacteria)" ifadesi de kullanılmıştır (Palacios *et al.* 2022). Günümüzde ise azot bağlama, fitohormon üretme veya fosfat çözme gibi bazı temel mekanizmaları "bitki büyümesini teşvik eden bakteriler" ile paylaşımlarına rağmen vitamin ve CO<sub>2</sub> üretimi gibi mikroalg gelişimine özel bazı mekanizmaları da kapsamalarıyla

“mikroalgbüyümesini teşvik eden bakteriler (MGPB: microalgae growth promoting bacteria)” başlığı altında özel bir grubu oluşturdukları kabul edilmektedir.

Mikroalgler hücre metabolikleri ile hızlı nüfus artışı ile azalan gıda kaynaklarına alternatif bir çözüm oluşturabilecek potansiyeli olan sucul canlılardır. Bununla birlikte bu canlılar biyoteknolojik olarak da öneme sahiptirler. Bu çalışmamızın amacı Erzurum İl sınırı içerisinde bulunan sulak alanlardan izole edilen *Scenedesmus* ile MBTB izolatlarını eş kültür ortamına almak ve MBTB izolatlarının *Scenedesmus* izolatlarının büyüme performansına etkilerini incelemektir.

Yürütmüş olduğumuz bu çalışma, Erzurum’dan yerel *Scenedesmus* ve ilişkili MBTB izolatlarının ilk kez kültüre alınacak olmasıyla, *Scenedesmus*-MBTB eş kültür çalışmalarının ülkemizde ilk kez denenecek olması nedeniyle önem arz etmektedir. Tez konusu Ülkemizdeki doğal kaynakların kullanılarak ekonomik öneme sahip türlerin kültüre alınması ve bu türlerden elde edilecek ürünler elde edilmesi gerekçesiyle belirlenmiştir.

## KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

### ***Scenedesmus* sp. Genel Özellikleri**

Chlorophyta (Yeşil algler) içinde yer alan *Scenedesmus* üyelerinin genel olarak görünüşleri mekik şeklindedir. Bazıları tek ve bazıları 2, 4, 8 veya 16'lı koloni halindedir. Türüne göre sayıları, yerleri ve şekilleri değişen boynuza benzer çıkıntıları bulunmaktadır. Hücrede her birinde 1 çekirdek, 1 pirenoid ve 1 kromatafor bulundurur. Göz ve kamçıya sahip değildir (Pamir 1985).

*Scenedesmus* türlerinin biyokütlesinin ham protein içeriği %50 ile %53 arasındadır. Hücre duvarı hücre ağırlığının %5-6'sını oluşturmaktadır. Hücre duvarının yapısı; kuru ağırlık olarak %28 selüloz, %31 hemiselüloz, %1,7 pektin, %14 ham protein ve %9 yağ oluşturmaktadır. Biyokütlesinin toplam yağ asidi içeriği kuru ağırlığın %5'i kadardır. Yapılan bazı çalışmalarda bu içeriğin %70'lere çıkabildiği ileri sürülmüştür. Bu yağ asitleri doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinden, yüksek oranda da heksatetraenik asitten (C16:4) oluşmaktadır (Borowitzka and Borowitzka, 1992; Rai *et al.* 2017).

Üremeleri otokoloniler ve zoosporlar ile sağlanmaktadır. Gelişim şartları sağlandığında üreme süreçleri 3 aşamayla gerçekleşmektedir. Bunlar; DNA eşlemesi, çekirdek bölünmesi ve protoplast füzyonu ile sekiz tek hücreli otoporları oluştururlar (Güner ve Aysel, 1991).

*Scenedesmus*'un 200'ün üzerinde türü bulunmaktadır (John *et al.* 2002). Bu cinsle alakalı ulusal ve uluslararası birçok çalışma bulunmaktadır (Mandal and Mallick, 2009; Baydaş 2010; Xin *et al.* 2010; Xin *et al.* 2011; Ağırman 2015; Liu 2016; Çoban 2019; Kar 2019; Kurusakız 2020; Özalın 2020). Mikroalg kültür çalışmaları ile ilgili 7208 makale yayınlanmıştır. Bu makalelerin yaklaşık %18'i *Scenedesmus* kültürü ile ilgili olup, bunlarında %50'sini biyoteknoloji ve %31'ni biyoyakıt konuları oluşturmaktadır. *Scenedesmus* türlerinin biyodizel potansiyeli ile ilgili çalışmalar uzun zamandan beridir araştırılmaktadır (Matusanaga *et al.* 2009; Garcia-Moscoso *et al.* 2013; Yang *et al.* 2020). Bunun yanı sıra *Chlorella* ve *Scenedesmus*'un, metal giderimi için seçilmiş mikroalgler olduğu bildirilmiştir (Kumar *et al.* 2015).

### **MBTB (Mikroalg Büyümesini Teşvik Eden Bakteriler)'in Genel Özellikleri**

Günümüzde mikroalg kültivasyon teknolojilerinin geliştirilmesindeki en önemli kriterler; hedef türün yüksek biyokütle verimi ve istenen metabolit birikimi ile üretilmesi olarak

sıralanabilir. Ayrıca kültür ortamına dışarıdan sentetik katkıların eklenmesinin azaltılmasıyla üretim sürecinin daha ekonomik ve çevreci yönde geliştirilmesi de teknolojinin sürdürülebilirliği açısından istenen özellikler arasındadır (Palacios *et al.* 2022). Mikroalgler ile mikroalg büyümesini teşvik eden bakterilerin (MBTB) eş kültür yoluyla üretilmesini konu alan çalışmalar sürdürülebilir mikroalg üretim teknolojilerinin geliştirilmesi için önem arz etmektedir (de Bashan *et al.* 2002; Hernandez *et al.* 2009; Do Nascimento *et al.* 2013; Liu *et al.* 2020; Gonzalez-Gonzalez *et al.* 2021).

Biyoteknolojik amaçlarla mikroalg büyümesini teşvik eden bakterileri tanımlamak için mikroalg büyümesini teşvik eden bakteriler (MBTB) terimi kullanılmaktadır.

MBTB olarak kabul edilen bakterilerin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir:

- Bakteriler, mikroalgal büyümeyi veya metabolizmadaki değişiklikleri destekleyen iki veya daha fazla mekanizmayı göstermelidir. Bu anlamda MBTB olarak önerilecek bakterilerin, karbon kaynaklarının doğal katabolizması yoluyla sadece CO<sub>2</sub> takviyesinden başka bir büyüme teşvik mekanizmasına sahip olmaları gerekmektedir.
- Bakterinin spesifik olmaması ve çoğu mikroalg ile zamanla ve belirli koşullar altında pozitif etkileşim kurabilme yeteneğine sahip olması gerekir. Bir MBTB adayı için mikrobiyal etkileşimler çevre tarafından, yani bağlama bağlı olarak belirlendiğinden (Lee *et al.* 2020), önemli bir zaman dilimi boyunca (örn. logaritmik ve sabit mikroalgal büyüme aşamalarına kadar) pozitif etkileşimlerin elde edilmesi için spesifik çevresel koşulların bilinmesi gerekir (Palacios *et al.* 2018).
- Bakteriler ve mikroalgler arasındaki fiziksel etkileşim mutlaka gerekli değildir. Bitki dokularına bağlanması ve kolonize olması gereken BBTB (bitki büyümesini teşvik edici bakteri)'nin aksine, suda yaşayan mikroalglerde tutunma çok önemli olmasa da tavsiye edilmektedir (Cassan *et al.* 2021). Bakterilerin mikroalg büyümesi ve metabolizması üzerindeki olumlu etkileri, uçucu organik bileşiklerin bakteriyel üretimiyle bile, fitosfer kolonizasyonu olmayan planktonik kültürlerde gözlemlenebilir (Ramanan *et al.* 2015).

### **Mikroalg Kültür Ortamları**

Mikroalgler kültüründe ışık, pH, sıcaklık ve temel besin elementleri hücre gelişimlerini sınırlayan önemli parametrelerdir. Uygun üretim ortamının sağlanabilmesi için bu kriterlerin optimum seviyede olması önem arz etmektedir. Bu ortam parametreleri sadece

fotosentezi ya da ürün verimliliği etkilemez aynı zamanda hücrel aktiviteyi ve hücrel metabolitlerinin miktarını da etkilemektedirler (Richmond 2004).

Mikroalg çevresel ortamını etkileyen çevresel faktörlerin yanı sıra en önemlisi temel besin elementlerinin bileşimleridir. Temel olarak azot ve fosfat sınırlayıcı temel elementleri oluşturmaktadır. Mikroalg kültüründe silika, kalsiyum, potasyum, magnezyum, demir, bor, çinko ve bakır gibi iz elementlere de gereklidir. Kültürün temel elementleri olan fosfor ve azot arasındaki oran da kültürün gelişimi için önem arz etmektedir. Burada azot: fosfor oranı 5:1 M olduğunda azot sınırlaması ve yüksek fosfor, bu oran 30:1 M olduğunda ise yüksek azot ve fosfor sınırlaması olduğunu göstermektedir (Aladağ 2019).

Mikroalg kültüründe azot kaynağı olarak genellikle  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaNO}_3$  ve  $\text{KNO}_3$  gibi azot içeren bileşikler kullanılmaktadır. Azot bileşikleri hücre gelişimini arttırmış olmalarına rağmen hücrel azot ve yağ birikimi arasında ters orantı mevcuttur. Mikroalg türlerine bağlı olarak değişmek ile birlikte azot sınırlı ortamlarda mikroalglerin yağ birikimini %30-70 oranında arttırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte her mikroalg türünde benzer etkiler gözlenmemektedir. Örneğin azot sınırlaması uygulanan *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris* ve *Nannochloropsis* sp. türleri sırasıyla %61,4, %57,9 ve %55 oranında yağ üretimi tespit edilirken; *Scenedesmus* sp. ve *Chlorella sorokiniana* da yağ içeriğinde artış gözlemlenmemiştir (Sajjadi *et al.* 2018).

Diğer temel element olan fosfor; fotosentez gibi metabolik aktivitede rol oynayan elementtir ve kültür ortamında  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  ve  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  gibi ortofosfat içeren inorganik fosfor kaynakları ile sağlanır. Besi ortamında inorganik ortofosfatın yetersiz kaldığı durumlarda; fosfatazlar, organik fosfatı hücre yüzeyinde inorganik ortofosfata dönüştürürler ardından mikroalg hücresi fosforu bünyesine alır. Yüksek ortofosfat içeren besi ortamlarında ise mikroalg hücreleri fazla fosforupolifosfat granülleri formunda özümserler, böylece fosfor yokluğunda büyüme sürecini uzatabilirler (Sajjadi *et al.* 2018).

Besin bileşenin ve fotosentezin en önemli bileşenlerinden birisi de karbondur. Mikroalgal biyokütlenin %50'si esas olarak karbondioksitten temin edilen karbondan oluşmaktadır (Sajjadi *et al.* 2018). Doğal koşullarda olduğu gibi  $\text{CO}_2$  konsantrasyonu düşük olduğunda, mikroalgler membran taşıyıcıları aracılığıyla  $\text{HCO}_3^-$  ve periplazmadaki enzimler  $\text{HCO}_3^-$ 'ı  $\text{CO}_2$ 'te dönüştürür (Singh *et al.* 2016; Severo *et al.* 2019). Bunun yanı sıra mikroalgler tarafından kullanılmayan karbondioksit, ortamın pH' sını aside dönüştürmesi ve ve mikroalg kültür ortamında ölümlere neden olması sebebiyle  $\text{CO}_2$  verilmesi kontrol altında yapılmalıdır.

## Mikroalg ve MBTB Eş-Kültür Çalışmaları

Mikroalg kültürü çalışmalarında ortamda bulunan bakterilerin büyümelerini arttırdığını bildirmişlerdir. Atık suda bulunan yerli bakterilerin mikroalg büyümesine etkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella vulgaris* ve *Euglena gracilis*'in, biyokütle üretiminde sırasıyla 1,5, 1,8-2,8 ve 2,1 kattan fazla artışla yerli bakterilerle tüm atık sularda daha iyi büyüdüğünü tespit etmişlerdir (Toyama *et al.* 2018).

Bakterilerin mikroalglerle birleşmesi ve mutlaka bağlanmasının mikroalglerin büyümesini teşvik ettiği belirtilmiştir. Yürütülen bir araştırmada, *Azospirillum* bakterisi *Chlorella vulgaris* kültür ortamında katılmış ve lipit, yağ asidi, karbonhidrat ve alg biyokütlesini arttırdığı, ayrıca karbon ve nitrojen taşınması ile fotosentetik pigment üretimini de etkilediği bildirilmiştir (Bamigboye *et al.* 2019).

Amavizca *et al.* (2017) yaptıkları çalışmada, bitki büyümesini teşvik eden *Azospirillum brasilense* ve *Bacillus pumilus* ES4 bakterileri ile *Chlorella sorokinian* (UTEX2714)'ün eş-kültür ortamında kullanılmasının *C.sorokinian*'nın büyümesi ile yağ ve karbonhidrat üretiminde artış sağladığını saptamışlardır.

Bakterilerle yakın ilişki içinde mikroalglerin büyümesindeki iyileşmeler, metabolitlerin, özellikle de bir fitohormon olan indol-3-asetik asidin (IAA) bakterilerden mikroalglere transferiyle ilişkilendirilmiştir (De Bashan *et al.* 2008). Amavizca ve ark, (2017) *Escherichia coli*'in *Chlorella minutissima* ile ortak kültürünün glikoz, gliserol ve asetat substratı kullanımından daha yüksek substrat tüketimi ve yüksek nişasta ve lipid seviyelerine ulaştırdığını tespit etmişlerdir.

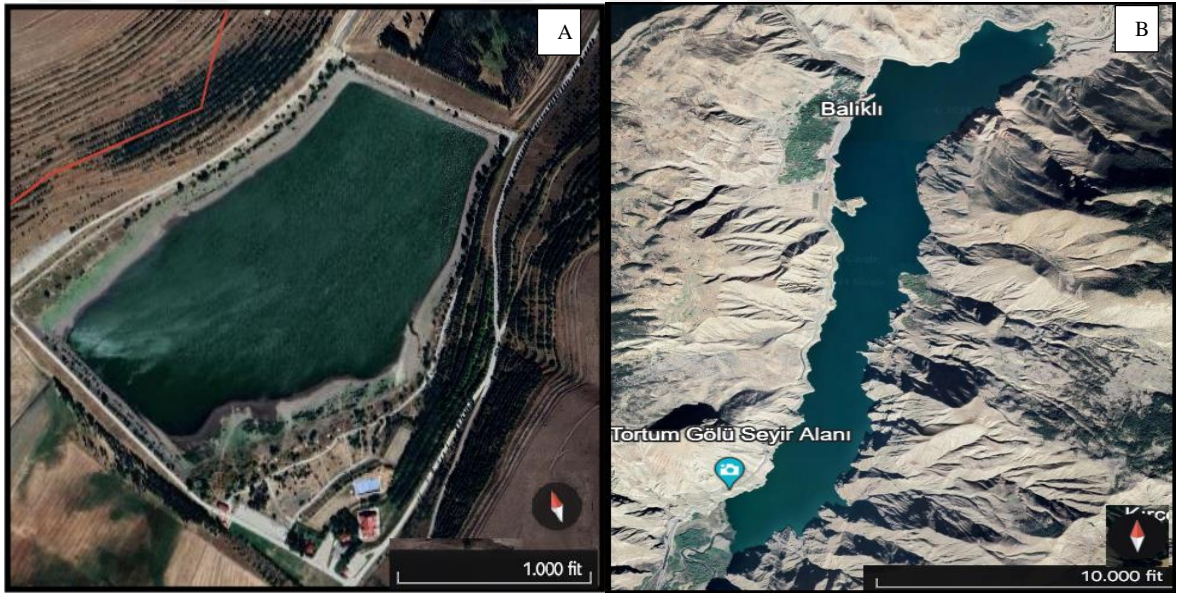
Mikroalglerin bakterilerle birlikte kültürlenmesinin verimliliğini arttırdığı diğer bir çalışmada, *C. reinhardtii*'nin *Strophomonas* spp. ve *Pseudomonas* spp. ile birlikte kültüre alınması durumunda hücre içi 4 kat daha yüksek hidrojen verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir (Li *et al.* 2013).

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

#### Arazi çalışması

Yürütmüş olduğumuz bu çalışmada, Erzurum sınırları içerisinde yer alan Palandöken Teke Deresi Gölet'i ve Tortum Gölü'nden izole edilen *Scenedesmus* ile MBTB izolatları eş-kültür ortamına alınmıştır. Her iki sulak alandan Mayıs 2023-Ağustos 2023 tarihleri arasında örnekleme yapılmıştır. Göllere ait harita Şekil 1'de ve konum bilgileri ile hidrolojik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Palandöken Teke Deresi Gölet (A) ve Tortum Gölü (B)

Tablo 1. Palandöken Teke Deresi ve Tortum Gölü'ne Ait Koordinat Bilgileri ve Hidrolojik Özellikleri

Gölet Adı	İlçe	Nehir	Havza	Koordinat	Göl Hacmi (hm <sup>3</sup> )	Göl Alanı (km <sup>2</sup> )
Palandöken Teke Deresi Gölet	Palandöken	Gedikçayır Deresi	Fırat-Dicle Havzası	39° 47' 42"D 41° 8' 48"K	1,56	0,02
Tortum Gölü	Uzundere	Tortum Çayı	Çoruh Havzası	40°36'10" D41°40'52"K	57,6	8

## **Mikroalg örnekleme**

Mikroalg örnekleri 10 µm göz açıklığına sahip plankton kepeciyle toplanmıştır. Örnekler polietilen örnek alma kapları içerisinde soğuk zincir protokolü uygulanarak laboratuvara transfer edilmiştir.

Bakteri örnekleme ise mikroalg örnekleme ile aynı istasyonlardan eş zamanlı alınmıştır. Bakteri örnekleme için su örnekleme Ruttner ile sediment örnekleme ise Ekman grap ile yapılmıştır. Toplanan numuneler steril örnek kaplarına aktararak aseptik koşulların sürdürüldüğü soğuk zincir protokolü ile laboratuvara transfer edilmiştir.

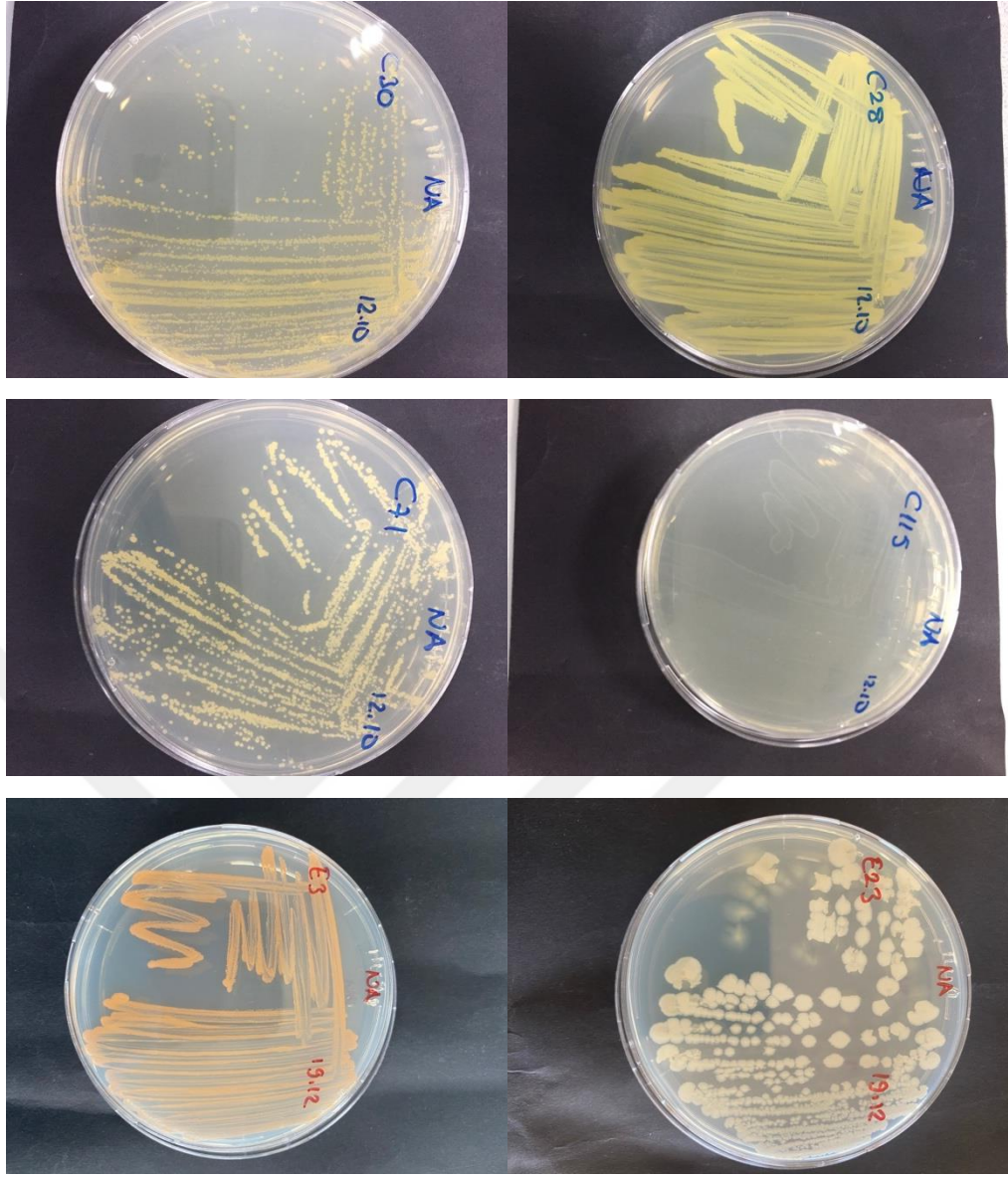
## **Yöntem**

### ***Scenedesmus* türlerinin izolasyonu ve tanısı**

*Scenedesmus* türlerinin izolasyonu için ilk olarak toplanan numunelerin binoküler mikroskopta ön incelemesi yapılmış ve izolasyon aşaması için seçilmiştir. Daha sonra seçilen numunelerden *Scenedesmus* izolasyonu kamera eklentili invert mikroskop altında (Zeiss Binoküler Mikroskop) mikropipet yöntemiyle yapılmıştır. *Scenedesmus* izolatlarının konvensiyonel tanısı için binoküler mikroskop incelemeleri sonrasında literatür verileriyle eşleştirilmiştir (Prescott 1973; Lind and Brook, 1980; Komarek and Fott, 1983; John *et al.* 2002).

### **MBTB türlerinin izolasyonu ve tanısı**

**İzolasyon çalışmaları:** MBTB araştırmaları için kullanılacak bakteriler, her bir su ve sediment örneğinden fosfat tamponlu tuz çözeltisi kullanılarak  $10^{-1}$ 'den  $10^{-6}$ 'ya kadar seyreltme serileri hazırlanıp ve her bir dilüsyondan Luria–Bertani (LB) agar ve nutrient agar (NA) besiyerlerine yayma ekimleri yapılarak izole edilmiştir. Kültürler 28 °C'de 24-48 saat geliştirilmiş ve koloni morfolojisi açısından ayırım gösteren bakterilerin her biri 3 fazlı çizgi ekim metodu (Şekil 2) ile saf koloniler elde edilinceye kadar tekrarlı ekimlere tabi tutulmuştur (Vaikuntapu *et al.* 2014; Alaylar vd. 2019; Liu *et al.* 2020).



Şekil 2. MBTB izolatlarının katı kültürlerinin örnek görüntüleri

**MBTB izolatlarının seçilimi:** *Scenedesmus* türleri ile eş kültür çalışmalarında kullanılacak MBTB izolatlarının seçilimi için literatür tarafından önerilen azot bağlama, fosfat çözme ve IAA üretme kriterlerinden faydalanılmıştır (Liu *et al.* 2020; Palacios *et al.* 2022).

**Azot fikse eden MBTB izolatlarının seçilimi:** Bakteriye izolatlar içerisinde azot bağlama özelliğine sahip olanların seçilimi için literatür tarafından önerilen Ashby's Mannitol Agar [1 L için: 20 g mannitol, 0,2 g  $K_2HPO_4$ , 0,2 g  $MgSO_4$ , 0,2 g NaCl, 0,1 g  $K_2SO_4$ , 5 g  $CaCO_3$  ve 15 g agar], Jansen's Medium [1 L için: 20 g sükröz, 1 g  $K_2HPO_4$ , 0,5 g  $MgSO_4$ , 0,5 g NaCl, 0,1 g  $FeSO_4$ , 0,005 g  $Na_2MoO_4$ , 2 g  $CaCO_3$  ve 15 g agar] ve Norris Glucose Nitrogen Free Medium [1 L için: 10 g glukoz, 1 g  $K_2HPO_4$ , 0,2 g  $MgSO_4$ , 0,2 g NaCl, 0,1 g  $FeSO_4$ , 0,005 g  $Na_2MoO_4$ , 1 g  $CaCO_3$  ve 15 g agar] seçici besiyerleri kullanılmıştır (Liu *et al.* 2020).

**Fosfat çözen MBTB izolatlarının seçilimi:** İzolatlar içerisinde fosfatlı bileşikler çözme potansiyeline sahip olanların seçilimi için literatür tarafından önerilen Pikovskaya's agar [1 L için: 10 g glikoz, 5 g Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 0,5 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,2 g NaCl, 0,1 g MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 0,2 g KCl, 0,002 g MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, 0,002 g FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 0,5 g maya özütü ve 15 g agar] besiyeri kullanılmıştır (Alaylar vd. 2019; Liu *et al.*2020).

**İndol-3-asetik asit (IAA) üreten MBTB izolatlarının seçilimi:** IAA üreten MBTB izolatlarının seçilimi için her bir izolat %1 triptofan ile desteklenmiş Luria–Bertani Broth besiyerinde 28°C'de 72 saat gelişimi beklenmiş daha sonra hücreler santrifüj ile çöktürülerek (12000 rpm'de 10 dk) ve 1 ml süpernatant üzerine 4 ml Salkowski's reagent eklenerek karışım 37 °C'de karanlıkta 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 530 nm'de kolorimetrik ölçüm yapılarak örneklerin IAA konsantrasyonları belirlenmiştir (Liu *et al.* 2020).

### **Ön kültürasyon çalışmaları**

*Scenedesmus* izolatları, 3N-BBM+V katı besiyerine çizgi ekim yöntemi ile aseptik koşullar altında (steril kabin) inoküle edilmiştir. Petri kutuları inkübasyon dolabında 10 gün bekledikten sonra 10 ml sıvı besiyeri içerisine hücreler alınarak 7-8 gün inkübatörde gelişimi sağlanmıştır. Daha sonra 10 ml'lik tüplerden 250 ml erlenler içerisinde sıvı 3N-BBM+V ortamına geçiş yapılarak; 25 °C'de, 43,15 µmol/m<sup>2</sup>s aydınlatmalı ve 110 rpm'de inkübatörde (JRS Lab 32 marka) 16:8 saat gündüz-gece fotoperiyodunda kültüre alınmıştır. Bu çalışmada besin ortamı olarak kullanım 3N-BBM+V Medium içeriği tablo 2'de verilmiştir (Andersen 2005).

**Tablo 2.** 3N-BBM+V Ortamı

<b>Solüsyon</b>	<b>Stok Solüsyon (g/400ml dH<sub>2</sub>O)</b>	<b>Kullanılan Miktar</b>
NaNO <sub>3</sub>	10,00	30 ml
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1	10 ml
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	3	10 ml
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	3	10 ml
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	7	10 ml
NaCl	1	10 ml
<b>P-IV Metal Solution</b>	<b>Stok Solüsyon (g/L dH<sub>2</sub>O)</b>	<b>6 ml</b>
Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	0,75	
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,097	
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0,041	
ZnCl <sub>2</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,005	
CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,002	
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,004	
<b>Vitamin B12</b>	<b>Stok Solüsyon (g/200ml dH<sub>2</sub>O)</b>	<b>1ml</b>
HEPES tampon çözelti pH 7,8	2,4	
Cyanocobalamin	0,027	
<b>Biotin Vitamin Solution</b>		<b>1ml</b>
HEPES tampon çözelti pH 7,8	2,4	
Biotin	0,005	
<b>Thiamine Vitamin Solution</b>		<b>1ml</b>
HEPES tampon çözelti pH 7,8	2,4	
Thiamine	0,067	

### **Eş kültür çalışmaları**

*Scenedesmus* izolatlarıyla en yüksek aktivite gösteren 10'ar adet MBTB izolatının her biri için ayrı ayrı eş kültür çalışmaları yürütülmüştür. Her bir eş kültür denemesi için *Scenedesmus* izolatlarının hücre sayısı 2000-4000 hücre/ml olacak şekilde besin ortamına alınmış, içerisine  $1 \times 10^5$ - $2 \times 10^5$  hücre/ml konsantrasyonda test MBTB izolatının eklenmesiyle kültür ortamı 50/1 *Scenedesmus* /MBTB olacak şekilde deneme kurulmuştur. Her bir deneme 3'er tekrür olacak şekilde tasarlanmıştır.

Hazırlanan eş kültürler Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Alg Ünitesi'nde 25 °C ve 43,15 µmol/m<sup>2</sup>s aydınlatma koşullarında 16:8 saat gündüz-gece foto periyoduyla 7 gün süreyle gelişimi sağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. *Scenedesmus* ve MBTB eş-kültür çalışmaları

#### ***Mikroalg hücre sayımı ve biyokütle hesaplamaları***

Homojen eş-kültür deneme ortamından 3 ml örnek alınıp sayım çemberinde Lugol solüsyonu damlatılarak 1 gece bekletilmiş, Zeiss Primo Vert model inverted mikroskopunda her gün hücre sayımı yapılmıştır (Utermohl 1958; Anonymous 2003).

$$\text{Fitoplankton sayısı (adet/ml)} = C \times A_t / A_s \times S \times V$$

Burada; C = Sayılan organizma sayısı (adet), A<sub>t</sub> = Sayım hücresi dip alanı (mm<sup>2</sup>), A<sub>s</sub> = Görüş alanı (mm<sup>2</sup>), S = Sayım yapılan görüş alanı sayısı (adet) ve V = Çöktürülen örnek hacmi (ml)'dir.

*Scenedesmus* izolatlarının biyokütlesi ölçümü için her gün deneme kültürleri homojen karıştırıldıktan sonra 15 ml alınan örnekler 13400 rpm'de ve 4°C'de 5 dakika boyuncasantrifüjlenip spektrofotometrede 680 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. *Scenedesmus* izolatlarının biyokütleformülü aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Li *et al.* 2021).

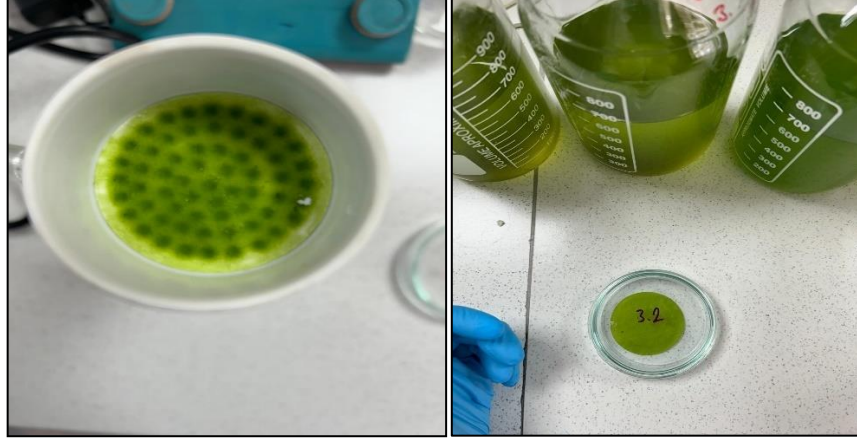
$$\text{Biyokütle konsantrasyonu (g/L)} = 0,4818 \times (A_1 - A_0)$$

Burada, A<sub>1</sub> alg örneğinin absorbans değeri; A<sub>0</sub> ise kültür ortamının absorbans değerini göstermektedir.

#### ***Kuru hücre ağırlığı***

Bu çalışmada denemenin başında ve sonunda 50'şer ml kültür örnekleri Whatman GF/C filtre kâğıtları (0,45 µ göz açıklığı) daraları alınarak süzme işlemi uygulanmıştır. Süzme işlemi

sonrasında 0,001 g duyarlı terazide tartılıp yağ ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 4).Süzülen örnekler 100 °C'ye sabitlenmiş etüvde 1 saat bekletildikten sonra desikatöre alınarak, oda sıcaklığında soğutulup 0,001 g duyarlı terazide tartım işlemleri yapılmıştır (Vonshak 1997).



**Şekil 4.** Kuru madde analizindeki süzme ve kurutma aşamaları

#### **Analiz Verilerinin Değerlendirilmesi**

Tüm analizlerden elde edilecek bulguların istatistiki açıdan önemlerinin değerlendirilmesinde IBM SPSS 20 Software programı kullanılmıştır. Hücre sayısı, biyokütle ve kuru madde değerleri One-Way ANOVA testine tabi tutulmuş, aralarında farklılıkları önemli olanların değerlendirilmesinde DUNCAN testi uygulanmıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### *Scenedesmus* ve MBTB Türlerinin Tanısı

Bu çalışmada hem konvensiyonel hem de moleküler yöntemler ile Tortum Gölü'nden *Scenedesmus armatus* ve Palandöken Teke Deresi'nden *Scenedesmus flavescens* türleri teşhis edilmiştir. Türlerle ait görüntüler Şekil 5' de verilmiştir.

**Grup:** Chlorophyta

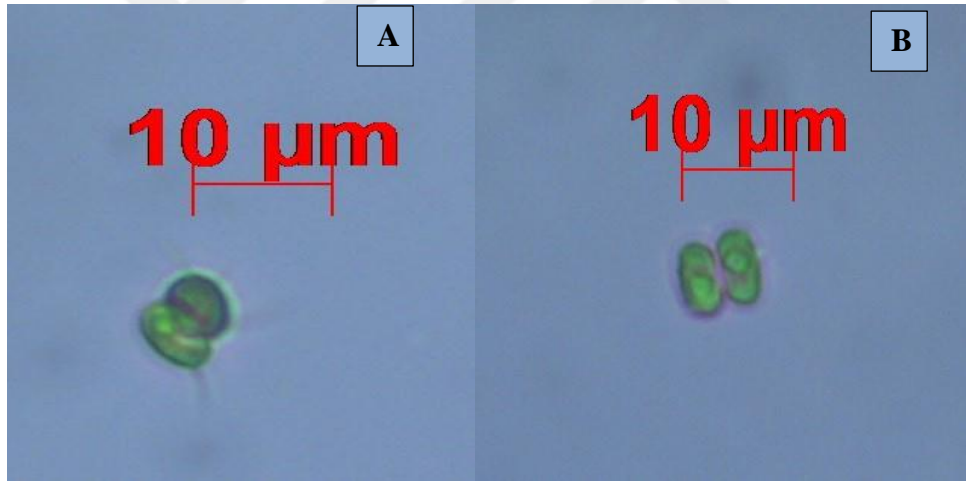
**Takım:** Chlorophyceae

**Familya:** Scenedesmaceae

**Cins:** *Scenedesmus*

**Tür:** *Scenedesmus armatus* (*Desmodesmus armatus* (Chodat) E.H.Hegewald)

*Scenedesmus flavescens* (*Desmodesmus flavescens* (Chodat) E.Hegewald)



**Şekil 5.** *Scenedesmus armatus* (A) ve *Scenedesmus flavescens* (B)

Tortum Gölü'nden izole edilen bakteri türleri ve MBTB ait özellikleri ile ilgili bilgi Tablo 3'te verilmiştir. Palandöken Teke Deresi'nden izole edilen bakteriler ve MBTB ait özellikleri ise Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Tortum Gölü'nden İzole Edilen Bakteriler ve MBTB Ait Özellikleri

Deneme Kodu	Bakteri Kodu	Tür	Rengi ve koloni yapısı	Azot Bağlama	Fosfat Çözme	IAA
A1	D22	<i>Bacillus</i> sp.	Yeşil Zonlu Koloni	1,2	+	Negatif
A2	D91	<i>Bacillus</i> sp.	Somon Rengi	1,4	++★	Negatif
A3	D108	<i>Bacillus</i> sp.	Açık Pembe	1,1	++++★★	Negatif
A4	D144	<i>Bacillus</i> sp.	Açık Kahve	0,9	+++★★	Negatif
A5	D173	<i>Pseudomonas</i> sp.	Jelimsi Açık Pembe	0,9	+	Negatif
A6	D188	<i>Pseudomonas</i> sp.	Kahvemsî	1,3	++	Negatif
A7	D243	<i>Pseudomonas</i> sp.	Açık Kahve	0,8	+	Negatif
A8	D275	<i>Bacillus</i> sp.	Pembe Şeffaf	0,4	++	Negatif
A9	D290	<i>Bacillus</i> sp.	Küçük Turuncu	0,6	+	Negatif
A10	D291	<i>Bacillus</i> sp.	Çiçekli	0,4	+	Negatif

**Tablo 4.** Palandöken Teke Deresi'nden İzole Edilen Bakteriler ve MBTB Ait Özellikleri

Deneme Kodu	Bakteri Kodu	Tür	Rengi ve koloni yapısı	Azot Bağlama	Fosfor Tutma	IAA
F1	B163	<i>Pseudomonas</i> sp.	Beyaz Koloni	Negatif	+++	0,161
F2	B134	<i>Bacillus</i> sp.	Şeffaf Koloni	Negatif	++★	0,057
F3	B115	<i>Bacillus</i> sp.	Şeffaf Koloni	Zayıf	+★	0,126
F4	B105	<i>Pseudomonas</i> sp.	Şeffaf Sarı Koloni	Negatif	++★	0,602
F5	B98	<i>Pseudomonas</i> sp.	Beyaz Kremî Koloni	Negatif	++★	0,069
F6	B100	<i>Pseudomonas</i> sp.	Küçük Krem Koloni	Negatif	+★	0,048
F7	B76	<i>Pseudomonas</i> sp.	Mukoit	Negatif	++★	0,007
F8	B93	<i>Bacillus</i> sp.	Şeffaf Koloni	Negatif	+★	0,164
F9	B94	<i>Pseudomonas</i> sp.	Mukoit	Negatif	+★	0,127
F10	B96	<i>Pseudomonas</i> sp.	Kızıl Koloni	1,2	+★★	0,064

### *Scenedesmus armatus* ve *Scenedesmus flavescens* Hücre Sayımı ve Biyokütlesi

Bu çalışmada, her iki gölden izole edilen *Scenedesmus armatus* ve *Scenedesmus flavescens* türleri kontrol grubu ve 10'ar MBTB aşılana eş-kültür deneme ortamı hazırlanmıştır. Deneme grupları *Scenedesmus armatus* için kontrol, A1-A10 ve *Scenedesmus flavescens* için kontrol ve F1-F10 olarak tasarlanmıştır. Her iki tür içinde hem biyokütle değeri hem de hücre sayıları güne ve gruplara bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Yürütmüş olduğumuz bu araştırmamızda, *Scenedesmus armatus* ve *Scenedesmus flavescens* biyokütleri arasında korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4).

**Tablo 5.** *Scenedesmus armatus* ve *Scenedesmus flavescens* biyokütleri arasındaki korelasyon

		<b>Tortum Gölü</b>	<b>Palandöken Teke Deresi Göleti</b>
Tortum Gölü	Pearson Korelasyonu	1	1,000**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	33	33
Palandöken Teke Deresi Göleti	Pearson Korelasyonu	1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	33	33

\*\* . Korelasyon önem seviyesi 0,01'dir.

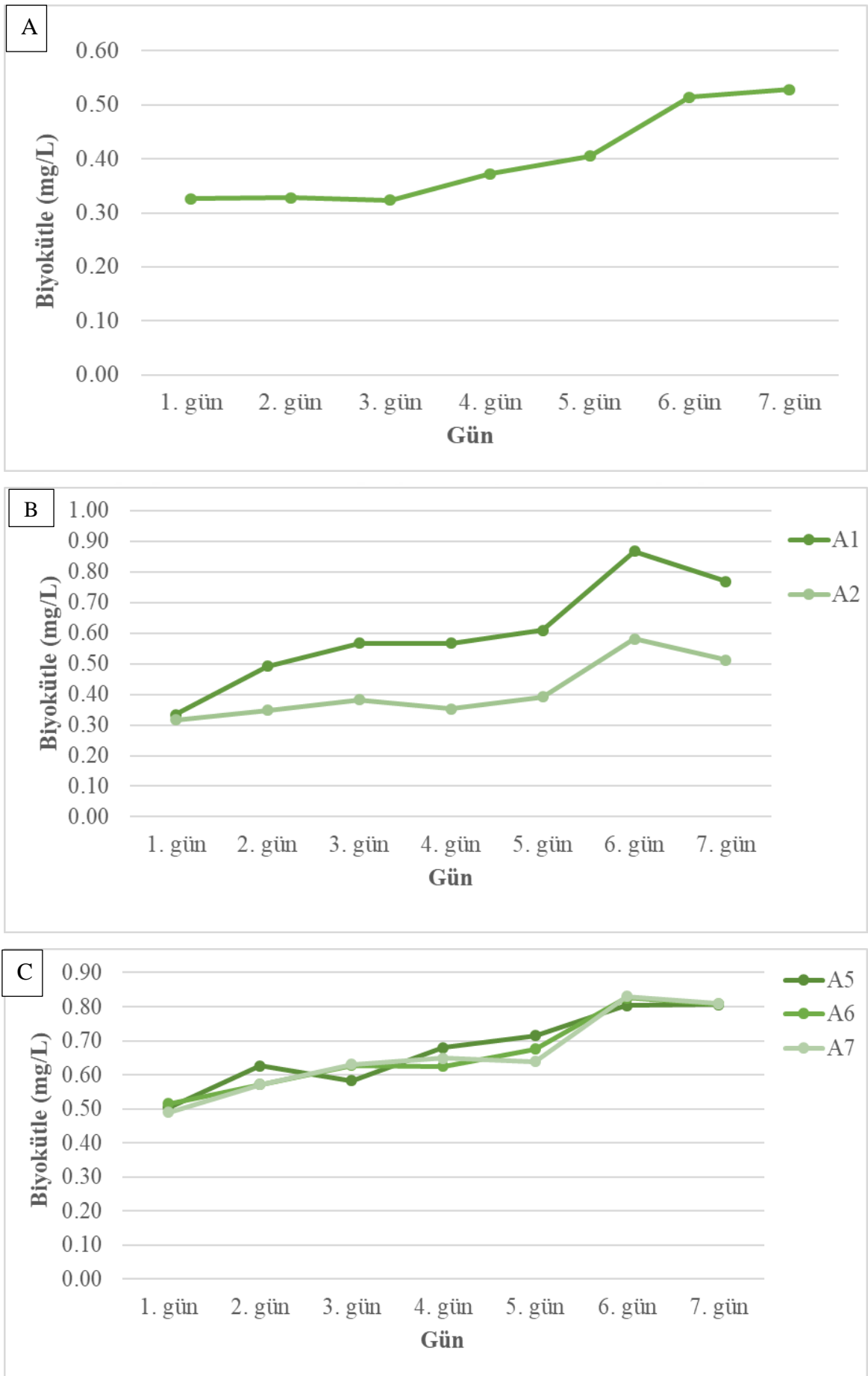
*Scenedesmus armatus* ile MBTB eş-kültür denemesinde gruplar arasındaki fark ve günlere bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Deneme boyunca biyokütlerdeki artış günlere bağlı olarak kontrol grubu ile kıyaslandığında biyokütlesi en fazla *Bacillus* sp. ( $0,34\pm 0,05$  mg/L) bunu *Pseudomonas* sp. ( $0,32\pm 0,05$  mg/L) olduğu eş-kültür denemeleri takip etmiştir; en düşük ise *Bacillus* sp. ( $0,61\pm 0,02$  mg/L) eklendiği eş-kültür çalışmasında tespit edilmiştir. (Tablo 5). Araştırma boyunca Tortum Gölü'nden izole edilen bakteriler ile oluşturulan eş-kültür denemesinde *Bacillus* sp. ile oluşturulan grubun gelişim etkisinin en iyi olduğu saptanmıştır. Bu türü *Bacillus* sp. ve *Pseudomonas* sp. takip etmiştir. Bakteri türlerine ve güne bağlı *S.armatus* gelişim grafikleri şekil 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** *Scenedesmus armatus* biyokütlesinin günlere ve gruplara bağlı değişimi (mg/L, ORT $\pm$ SD, n=3)

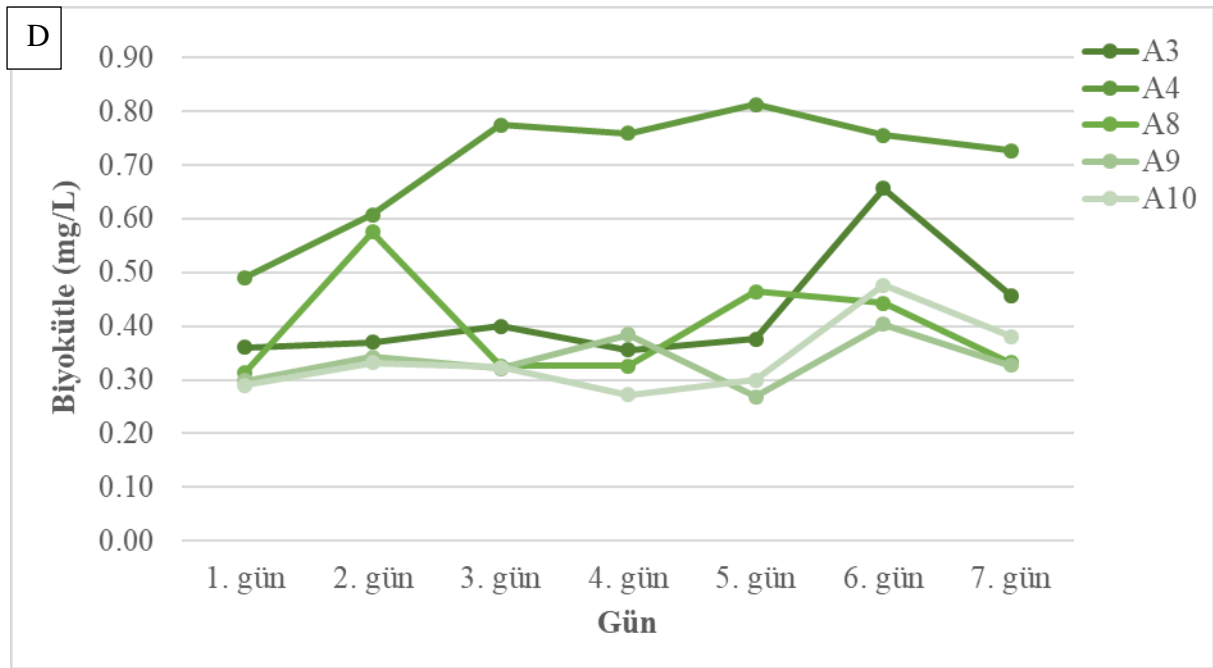
<b>Gruplar</b>	<b>1.Gün</b>	<b>2.Gün</b>	<b>3.Gün</b>	<b>4.Gün</b>	<b>5.Gün</b>	<b>6.Gün</b>	<b>7.Gün</b>
<b>Kontrol</b>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Bc*</sup>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Ec</sup>	0,18 $\pm$ 0,0 <sup>Ec</sup>	0,20 $\pm$ 0,0 <sup>Db</sup>	0,25 $\pm$ 0,0 <sup>Fa</sup>	0,25 $\pm$ 0,01 <sup>Ca</sup>
<b>A1</b>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Be</sup>	0,24 $\pm$ 0,0 <sup>Cd</sup>	0,27 $\pm$ 0,0 <sup>Cc</sup>	0,27 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,29 $\pm$ 0,0 <sup>Cc</sup>	0,42 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,37 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>
<b>A2</b>	0,15 $\pm$ 0,0 <sup>Cd</sup>	0,17 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,18 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,17 $\pm$ 0,01 <sup>Fc</sup>	0,19 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,28 $\pm$ 0,01 <sup>Ea</sup>	0,25 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>
<b>A3</b>	0,17 $\pm$ 0,0 <sup>Bc</sup>	0,18 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,19 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,17 $\pm$ 0,0 <sup>Fc</sup>	0,18 $\pm$ 0,0 <sup>Ec</sup>	0,32 $\pm$ 0,1 <sup>Da</sup>	0,22 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>
<b>A4</b>	0,24 $\pm$ 0,01 <sup>Ad</sup>	0,29 $\pm$ 0,01 <sup>Ac</sup>	0,37 $\pm$ 0,01 <sup>Ab</sup>	0,37 $\pm$ 0,01 <sup>Ab</sup>	0,39 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,36 $\pm$ 0,01 <sup>Cb</sup>	0,35 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>
<b>A5</b>	0,24 $\pm$ 0,01 <sup>Ae</sup>	0,30 $\pm$ 0,0 <sup>Ac</sup>	0,28 $\pm$ 0,0 <sup>Cd</sup>	0,33 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,34 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,39 $\pm$ 0,0 <sup>Ba</sup>	0,39 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>
<b>A6</b>	0,25 $\pm$ 0,0 <sup>Ad</sup>	0,28 $\pm$ 0,0 <sup>Bc</sup>	0,30 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,30 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>	0,33 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>	0,40 $\pm$ 0,01 <sup>Ba</sup>	0,39 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>
<b>A7</b>	0,24 $\pm$ 0,0 <sup>Ad</sup>	0,28 $\pm$ 0,0 <sup>Bc</sup>	0,30 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,31 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>	0,31 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,40 $\pm$ 0,0 <sup>Ba</sup>	0,39 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>
<b>A8</b>	0,15 $\pm$ 0,0 <sup>Cc</sup>	0,28 $\pm$ 0,0 <sup>Ba</sup>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Ec</sup>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Fc</sup>	0,22 $\pm$ 0,0 <sup>Db</sup>	0,21 $\pm$ 0,0 <sup>Gb</sup>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>
<b>A9</b>	0,14 $\pm$ 0,0 <sup>Dc</sup>	0,17 $\pm$ 0,0 <sup>Db</sup>	0,15 $\pm$ 0,0 <sup>Ec</sup>	0,19 $\pm$ 0,01 <sup>Ea</sup>	0,13 $\pm$ 0,0 <sup>Fc</sup>	0,19 $\pm$ 0,0 <sup>Ga</sup>	0,16 $\pm$ 0,0 <sup>Db</sup>
<b>A10</b>	0,14 $\pm$ 0,01 <sup>Dc</sup>	0,16 $\pm$ 0,01 <sup>Db</sup>	0,16 $\pm$ 0,01 <sup>Eb</sup>	0,13 $\pm$ 0,01 <sup>Gc</sup>	0,14 $\pm$ 0,01 <sup>Fc</sup>	0,23 $\pm$ 0,01 <sup>Ga</sup>	0,18 $\pm$ 0,01 <sup>Db</sup>

\*A,B...: Büyük harfler aynı gündeki gruplar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

a, b,...: Küçük harfler aynı gruptaki günler arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı küçük harf taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 6.** *Scenedesmus armatus* ile MBTB eş-kültür gruplarının günlere bağlı biyokütle değişimi (A: Kontrol Grubu; B: *Bacillus* sp.; C: *Bacillus* sp.; D: *Pseudomonas* sp.) (devamı)



**Şekil 6.** *Scenedesmus armatus* ile MBTB eş-kültür gruplarının günlere bağlı biyokütle değişimi (A: Kontrol Grubu; B: *Bacillus* sp.; C: *Bacillus* sp.; D: *Pseudomonas* sp.)

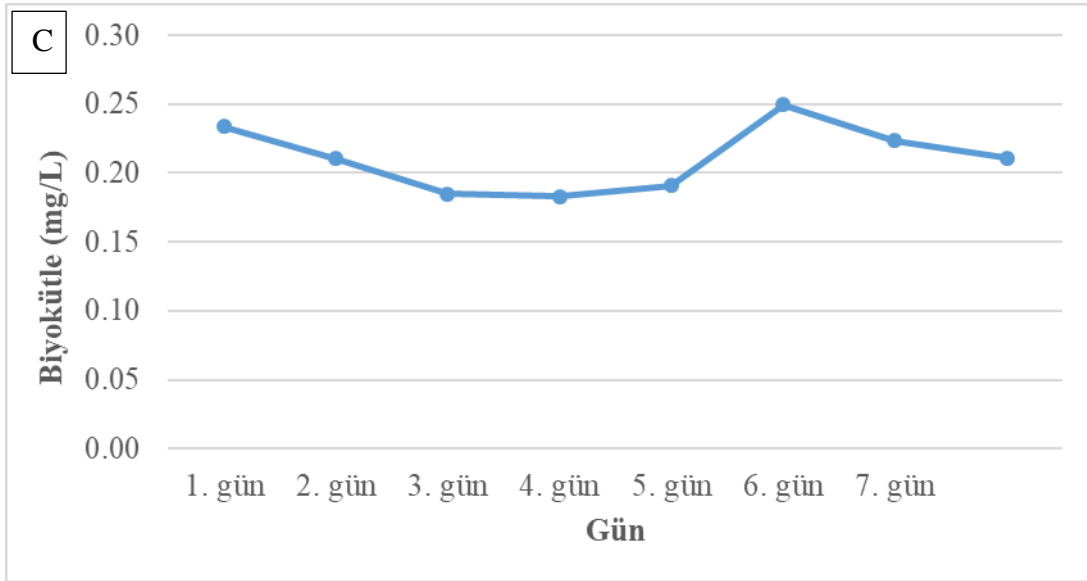
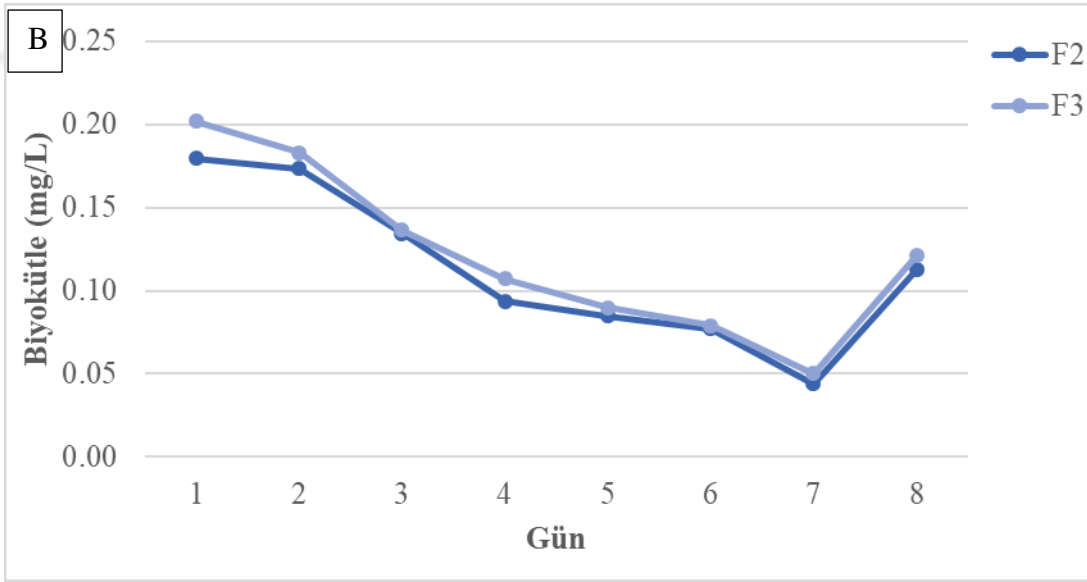
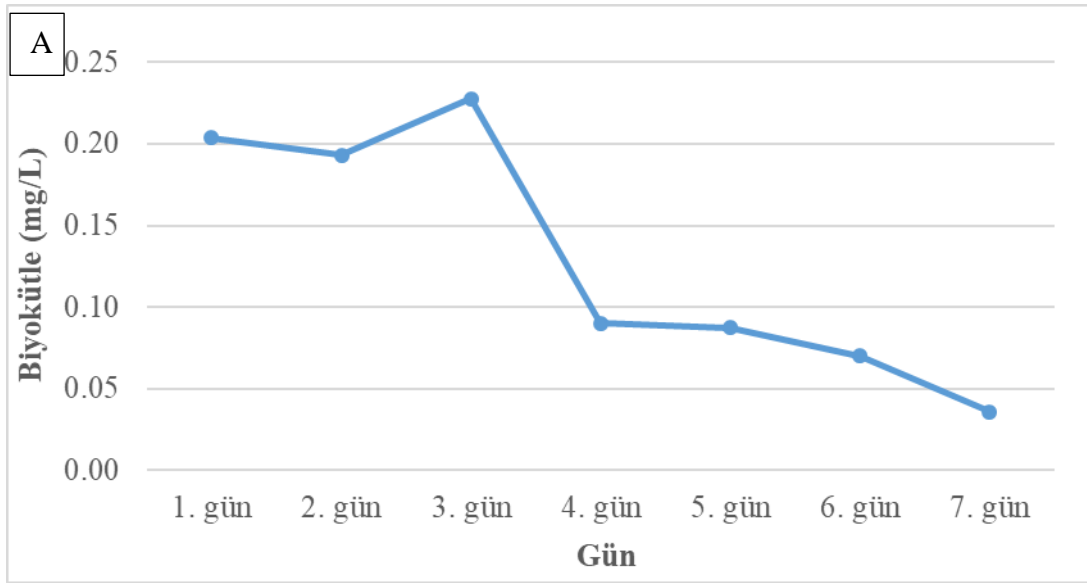
*Scenedesmus flavescens* ile MBTB eş-kültür denemesinde deneme grupları ve günlere bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Deneme boyunca biyokütlesi en fazla *Bacillus* sp. ( $0,10 \pm 0,01$  mg/L) olduğu eş-kültür denemesinde saptanmıştır. Ortalama biyokütle değerine göre *Pseudomonas* sp. ve *Bacillus* sp. türlerinin biyokütleyle etkileri kontrol grubu ( $0,06 \pm 0,03$  mg/L) ile benzer bulunmuştur (Tablo 6). Bu çalışmada, *Pseudomonas* sp. (F7 grubu) dışındaki tüm gruplarda 2. günden sonra azalma saptanmıştır (Şekil 7).

**Tablo 7.** *Scenedesmus flavescens* biyokütlesinin günlere ve gruplara bağlı değişimi (mg/L, ORT $\pm$ SD, n=3)

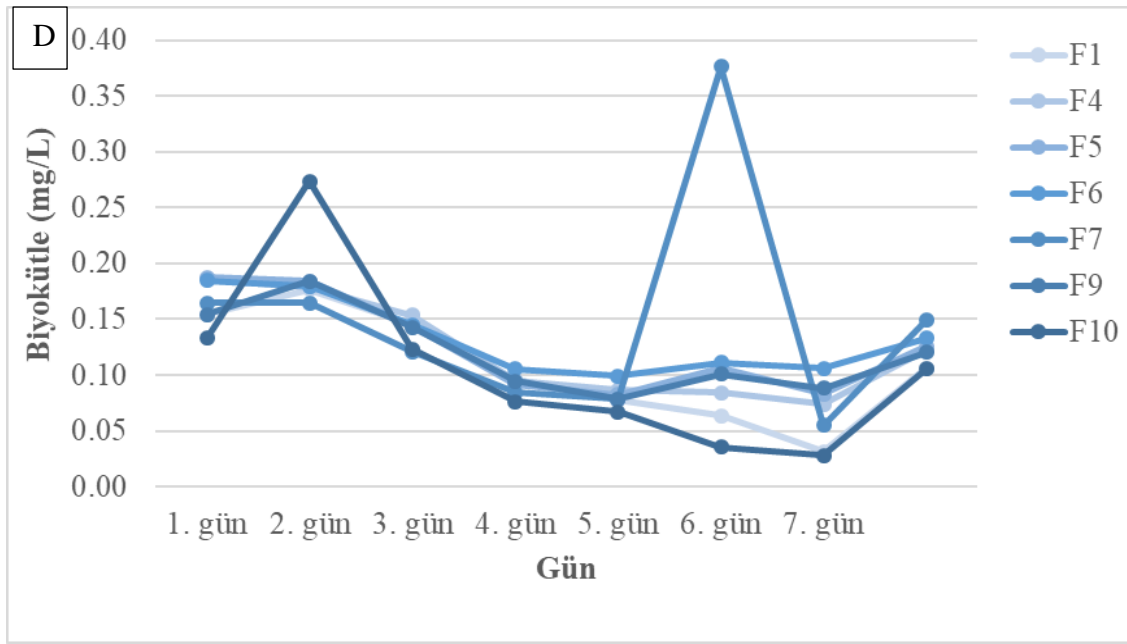
Gruplar	1.Gün	2.Gün	3.Gün	4.Gün	5.Gün	6.Gün	7.Gün
<b>Kontrol</b>	0,10 $\pm$ 0,01 <sup>Aa*</sup>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,10 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>Db</sup>	0,02 $\pm$ 0,01 <sup>Cb</sup>
<b>F1</b>	0,07 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>Cb</sup>	0,05 $\pm$ 0,0 <sup>Bc</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bc</sup>	0,03 $\pm$ 0,0 <sup>Dd</sup>	0,02 $\pm$ 0,0 <sup>Cd</sup>
<b>F2</b>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,08 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Ba</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>	0,02 $\pm$ 0,0 <sup>Cc</sup>
<b>F3</b>	0,10 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,10 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,05 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>	0,02 $\pm$ 0,0 <sup>Cc</sup>
<b>F4</b>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Ba</sup>	0,05 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>
<b>F5</b>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Ba</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>Cb</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>
<b>F6</b>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Ba</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>	0,05 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>Cb</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>Bb</sup>
<b>F7</b>	0,08 $\pm$ 0,0 <sup>Ab</sup>	0,08 $\pm$ 0,0 <sup>Ab</sup>	0,08 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bc</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>Bc</sup>	0,18 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>Cc</sup>
<b>F8</b>	0,11 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,10 $\pm$ 0,0 <sup>Ab</sup>	0,11 $\pm$ 0,0 <sup>Aa</sup>	0,09 $\pm$ 0,0 <sup>A</sup>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Ab</sup>	0,12 $\pm$ 0,01 <sup>Ba</sup>	0,11 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>
<b>F9</b>	0,07 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>Cb</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>Bc</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>Bc</sup>	0,05 $\pm$ 0,0 <sup>Cc</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>Bc</sup>
<b>F10</b>	0,06 $\pm$ 0,0 <sup>Bb</sup>	0,13 $\pm$ 0,01 <sup>Aa</sup>	0,06 $\pm$ 0,0 <sup>Cb</sup>	0,04 $\pm$ 0,0 <sup>Bc</sup>	0,03 $\pm$ 0,0 <sup>Cc</sup>	0,02 $\pm$ 0,0 <sup>Dd</sup>	0,01 $\pm$ 0,0 <sup>Cd</sup>

\*A,B...: Büyük harfler aynı gündeki gruplar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

a, b,...: Küçük harfler aynı gruptaki günler arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı küçük harf taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 7.** *Scenedesmus flavescens* ile MBTB eş-kültür gruplarının günlere bağlı biyokütle değişimi (A: Kontrol Grubu; B: *Bacillus* sp.; C: *Bacillus* sp.; D: *Pseudomonas* sp.) (devamı)



**Şekil 7.** *Scenedesmus flavescens* ile MBTB eş-kültür gruplarının günlere bağlı biyokütle değişimi (A: Kontrol Grubu; B: *Bacillus* sp.; C: *Bacillus* sp.; D: *Pseudomonas* sp.)

Tortum Gölü'nden izole edilen *Scenedesmus armatus* ile MBTB eş-kültür çalışmasında hücre sayısının günlere ve gruplara bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Yürütmüş olduğumuz bu araştırmada eş-kültür gruplarında en fazla hücre sayısı ortalama  $306 \pm 16,21$  hücre/ml ile *Bacillus* sp. ile yapılan denemede tespit edilmiştir. Bunu hücre sayısı  $251 \pm 13,37$  hücre/ml ile *Pseudomonas* sp. ve hücre sayısı  $260 \pm 17,6$  hücre/ml ile *Pseudomonas* sp. nolu bakterilerin olduğu eş-kültür denemelerinde takip etmiştir. Kontrol grubunda hücre sayısı ortalama  $107 \pm 45,03$  hücre/ml olarak hesaplanmıştır (Tablo 7).

**Tablo 7.** *Scenedesmus armatus* hücre sayısının günlere ve gruplara bağlı değişimi (hücre/ml, ORT $\pm$ SD, n=3)

Gruplar	1.Gün	2.Gün	3.Gün	4.Gün	5.Gün	6.Gün	7.Gün
<b>Kontrol</b>	80 $\pm$ 22,63 <sup>Ad*</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Ec</sup>	80 $\pm$ 3,30 <sup>Fd</sup>	96 $\pm$ 4,50 <sup>Gc</sup>	144 $\pm$ 90,05 <sup>Iab</sup>	160 $\pm$ 22,67 <sup>Ha</sup>	160 $\pm$ 67,88 <sup>Ja</sup>
<b>A1</b>	64 $\pm$ 11,3 <sup>Bf</sup>	64 $\pm$ 33,06 <sup>Df</sup>	80 $\pm$ 3,30 <sup>Fe</sup>	128 $\pm$ 56,56 <sup>Fd</sup>	160 $\pm$ 33,94 <sup>Hc</sup>	192 $\pm$ 0,1 <sup>Fb</sup>	240 $\pm$ 67,88 <sup>Da</sup>
<b>A2</b>	16 $\pm$ 0,6 <sup>De</sup>	16 $\pm$ 10,1 <sup>Fe</sup>	208 $\pm$ 56,68 <sup>Cd</sup>	208 $\pm$ 56,56 <sup>Cd</sup>	224 $\pm$ 56,67 <sup>Fc</sup>	256 $\pm$ 0,1 <sup>Db</sup>	288 $\pm$ 67,88 <sup>Ca</sup>
<b>A3</b>	16 $\pm$ 0,5 <sup>De</sup>	80 $\pm$ 9,06 <sup>Cd</sup>	224 $\pm$ 22,62 <sup>Ba</sup>	160 $\pm$ 13,57 <sup>Ec</sup>	176 $\pm$ 33,94 <sup>Gb</sup>	170 $\pm$ 4,95 <sup>Gb</sup>	170 $\pm$ 67,88 <sup>Gb</sup>
<b>A4</b>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Ff</sup>	96 $\pm$ 11,3 <sup>Be</sup>	160 $\pm$ 0,90 <sup>Ed</sup>	208 $\pm$ 68,7 <sup>Cc</sup>	304 $\pm$ 56,67 <sup>Da</sup>	224 $\pm$ 60,78 <sup>Eb</sup>	208 $\pm$ 67,88 <sup>Ec</sup>
<b>A5</b>	64 $\pm$ 0,1 <sup>Bf</sup>	80 $\pm$ 11,3 <sup>Ce</sup>	288 $\pm$ 15,23 <sup>Ad</sup>	368 $\pm$ 67,8 <sup>Ac</sup>	416 $\pm$ 56,67 <sup>Bb</sup>	528 $\pm$ 60,78 <sup>Aa</sup>	400 $\pm$ 67,88 <sup>Ab</sup>
<b>A6</b>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ae</sup>	80 $\pm$ 0,1 <sup>Ce</sup>	160 $\pm$ 24,36 <sup>Ed</sup>	320 $\pm$ 56,56 <sup>Bc</sup>	448 $\pm$ 56,67 <sup>Aa</sup>	352 $\pm$ 60,78 <sup>Cb</sup>	320 $\pm$ 67,88 <sup>Bc</sup>
<b>A7</b>	16 $\pm$ 0,1 <sup>Fe</sup>	10 $\pm$ 0,5 <sup>Ge</sup>	208 $\pm$ 67,8 <sup>Cd</sup>	368 $\pm$ 67,8 <sup>Ac</sup>	368 $\pm$ 56,67 <sup>Cc</sup>	480 $\pm$ 69,8 <sup>Ba</sup>	384 $\pm$ 67,88 <sup>Ab</sup>
<b>A8</b>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Cf</sup>	144 $\pm$ 33,9 <sup>Ad</sup>	192 $\pm$ 22,62 <sup>Da</sup>	176 $\pm$ 12,57 <sup>Db</sup>	160 $\pm$ 33,94 <sup>Hc</sup>	80 $\pm$ 5,90 <sup>Ke</sup>	32 $\pm$ 67,88 <sup>Kf</sup>
<b>A9</b>	16 $\pm$ 9,06 <sup>De</sup>	16 $\pm$ 0,7 <sup>Fe</sup>	160 $\pm$ 11,03 <sup>Ed</sup>	208 $\pm$ 56,56 <sup>Cb</sup>	256 $\pm$ 56,67 <sup>Ea</sup>	190 $\pm$ 5,90 <sup>Jc</sup>	192 $\pm$ 22,63 <sup>Fc</sup>
<b>A10</b>	16 $\pm$ 9,06 <sup>De</sup>	16 $\pm$ 0,7 <sup>Fe</sup>	160 $\pm$ 11,03 <sup>Ed</sup>	208 $\pm$ 56,56 <sup>Cb</sup>	256 $\pm$ 56,67 <sup>Ea</sup>	190 $\pm$ 5,90 <sup>Jc</sup>	192 $\pm$ 22,63 <sup>Fc</sup>

\*A,B...: Büyük harfler aynı gündeki gruplar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

a, b,...: Küçük harfler aynı gruptaki günler arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı küçük harf taşıyan günler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Palandöken Teke Deresi'nden izole edilen *Scenedesmus flavescens* ile MBTB eş-kültür çalışmasında hücre sayısının gruplara ve günlere bağlı değişimi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Deneme boyunca hücre sayısı en fazla *Bacillus* sp. eklenen eş-kültür ortamında  $93\pm6,01$  hücre/ml olarak hesaplanmıştır. Bu değeri *Bacillus* sp. ve *Pseudomonas* sp. (F5 grup) ile oluşturulan eş-kültür denemeleri sırasıyla ortalama  $74\pm6,30$  hücre/ml ve  $71\pm 3,01$  hücre/ml belirlenmiştir (Tablo 8).

**Tablo 8.** *Scenedesmus flavescens* hücre sayısının günlere ve gruplara bağlı değişimi (hücre/ml, ORT $\pm$ SD, n=3)

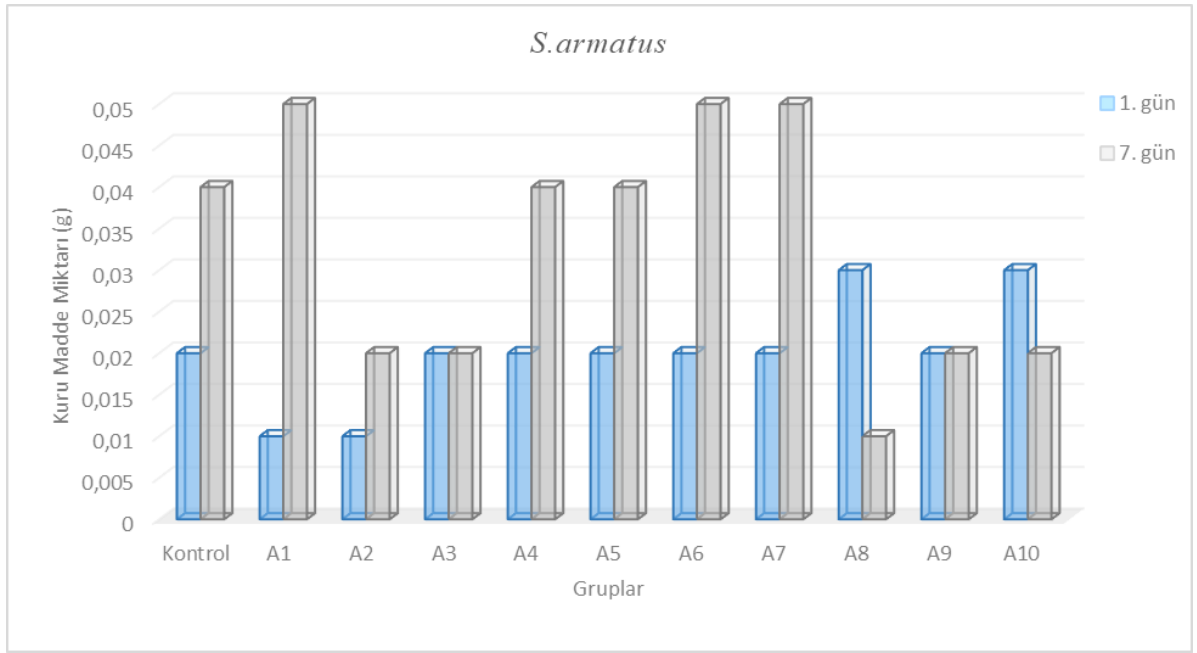
Gruplar	1.Gün	2.Gün	3.Gün	4.Gün	5.Gün	6.Gün	7.Gün
<b>Kontrol</b>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ba*</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Ec</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Dd</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Fe</sup>	64 $\pm$ 56,67 <sup>Fa</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Ed</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Dd</sup>
<b>F1</b>	64 $\pm$ 11,31 <sup>Cb</sup>	64 $\pm$ 56,67 <sup>Db</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Ed</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Dc</sup>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ea</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Fd</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Ed</sup>
<b>F2</b>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ba</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Ec</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Dd</sup>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Cb</sup>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ea</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Fe</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Ee</sup>
<b>F3</b>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Ef</sup>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Cd</sup>	64 $\pm$ 0,1 <sup>Be</sup>	160 $\pm$ 67,88 <sup>bB</sup>	176 $\pm$ 67,88 <sup>Aa</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Ef</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Df</sup>
<b>F4</b>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Fb</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Fe</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Ed</sup>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Cb</sup>	64 $\pm$ 46,67 <sup>Fa</sup>	64 $\pm$ 46,67 <sup>Ba</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Dc</sup>
<b>F5</b>	64 $\pm$ 56,67 <sup>Cd</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Ef</sup>	128 $\pm$ 0,1 <sup>Aa</sup>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Ce</sup>	96 $\pm$ 45,25 <sup>Db</sup>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Ce</sup>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ac</sup>
<b>F6</b>	176 $\pm$ 67,88 <sup>Aa</sup>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Cb</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>De</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>E</sup>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Gc</sup>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Cc</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Cd</sup>
<b>F7</b>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Bb</sup>	128 $\pm$ 67,88 <sup>Ba</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Dd</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Ed</sup>	128 $\pm$ 67,88 <sup>Ca</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Fe</sup>	64 $\pm$ 46,67 <sup>Bc</sup>
<b>F8</b>	32 $\pm$ 11,31 <sup>De</sup>	144 $\pm$ 67,88 <sup>Ac</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Ce</sup>	176 $\pm$ 67,88 <sup>Aa</sup>	160 $\pm$ 67,88 <sup>Bb</sup>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ad</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Ce</sup>
<b>F9</b>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Ed</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Fd</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Dd</sup>	48 $\pm$ 22,62 <sup>Cb</sup>	96 $\pm$ 45,25 <sup>Da</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Dc</sup>	32 $\pm$ 11,31 <sup>Cc</sup>
<b>F10</b>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Eb</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Fb</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Ec</sup>	16 $\pm$ 11,31 <sup>Eb</sup>	80 $\pm$ 45,25 <sup>Ea</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Fc</sup>	10 $\pm$ 0,1 <sup>Ec</sup>

\*A,B...: Büyük harfler aynı gündeki gruplar arasındaki farkı göstermektedir ve aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

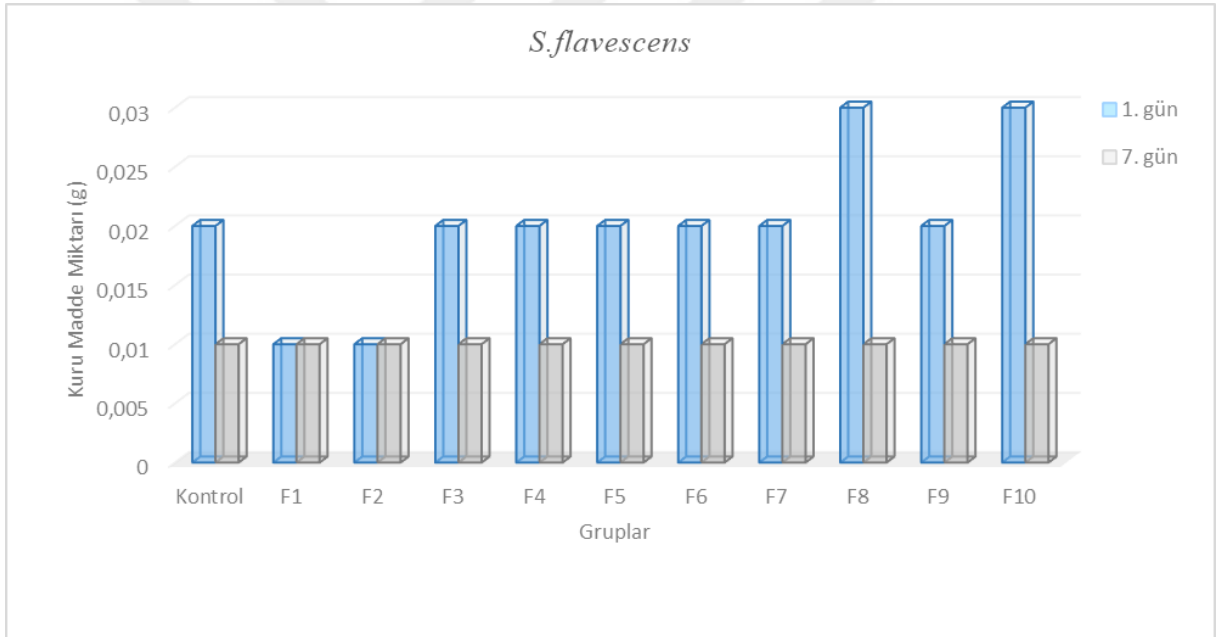
a, b,...: Küçük harfler aynı gruptaki günler arasındaki farkı göstermektedir ve aynı satırda farklı küçük harf taşıyan günler arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

### *Scenedesmus armatus* ve *Scenedesmus flavescens* Kuru Madde Miktarı

Yürütmüş olduğumuz bu çalışmada, *Scenedesmus armatus* ve *Scenedesmus flavescens* ile MBTB izolatlarıyla yapmış olduğumuz eş-kültür çalışma denemesinde kuru madde miktarı denemenin ilk ve son günü ölçülmüştür. *Scenedesmus armatus* ile kurulan denemelerde kuru madde miktarı kontrol grubu ile kıyaslandığında *Bacillus* sp., ve *Pseudomonas* sp. türleri ile yürütülen eş-kültür denemelerinden elde edilmiştir (Şekil 8). *Scenedesmus flavescens* ile MBTB türleri ile yürütmüş olduğumuz eş-kültür denemesinde kuru madde miktarı 7. günde bütün gruplarda aynı tespit edilmiştir (Şekil 9).



**Şekil 8.** *Scenedesmus armatus* kuru madde miktarının gruplara göre değişimi



**Şekil 9.** *Scenedesmus flavescens* kuru madde miktarının gruplara göre değişimi

## Tartışma

Bu çalışmada, Palandöken Teke Deresi ve Tortum Gölü'nden izole edilen *S.armatus* ve *S.flavescens* türleri ile yine aynı lokasyonlardan toplanan MBTB türleri ile eş-kültür ortamında biyokütle ve hücre sayısının değişimi incelenmiştir. Her iki tür için de azot bağlama ve fosfor tutma özellikleri olan MBTB türleri tercih edilmiştir. *S.armatus* ve MBTB eş-kültür denemelerinde biyokütle ve hücre sayısında artış tespit edilirken, *S.flavescens* ve MBTB eş-kültür denemesinde sadece 3N-BBM+V (kontrol) ortamı bulunan grupla hemen hemen aynı biyokütle ve hücre sayısı hesaplanmıştır. Bununla birlikte *S.armatus* ve *S.flavescens*' in eş-kültür ortamlarında daha yüksek biyokütle ve hücre sayısı saptanmıştır.

Ülkemizde, mikroalg kültürlerinde hücre gelişimi ve biyokütleyi artırmak için çevresel faktörlerin (ışık, sıcaklık, pH vb.) optimal koşullarının araştırıldığı ve bunun yanı sıra besin ortamı (N ve/veya P stresi) konsantrasyonlarında değiştirilerek denemelerin kurulduğu bir çok çalışma mevcuttur (Hızarcı 2004; Şahin 2010; Uslu vd. 2011; Ağırman 2015; Bedil 2015; Öztürk 2016; Yılmaz 2016; Akın 2017; Aygün 2017; Acar ve Fakıoğlu, 2018; Öztürk 2018; Kaplan Çoban 2018; Aladağ 2019; Çoban 2019; Kurusakız 2020; Özalin 2020; Andeden 2021; Şahin 2021). Bu çalışmalarla beraber mikroalgler besin ortamı olarak atık ürünler ve glikoz galaktoz uygulamasında denenmiştir (Abreu *et al.* 2012; Aydoğdu ve Fakıoğlu, 2022). Bu çalışmamızda, MBTB ile *Scenedesmus* türlerinin aynı kültüre alınarak gelişimleri Ülkemizde ilk kez denenmiştir. Eş-kültür ortamında kültüre alınan *S.armatus* ve *S.flavescens*'in biyokütlesi ortalama 0,25 mg/L ve 0,07 mg/L olarak hesaplanırken, sadece 3N-BBM+V ortamında olan *S.armatus* ve *S.flavescens*'in biyokütlesi 0,19 mg/L ve 0,06 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Mikroalgler günümüzde fonksiyonel gıda olarak tüketilmektedir. Ancak tadının ve kokusunun kötü olması nedeniyle tüketiminde bazı sınırlamalar mevcuttur. Bu konuda bilim insanları farklı yöntemler denemektedir. İlk olarak ortam koşullarındaki değişiklikler araştırılmış, bunu besin ortamının değiştirilmesi izlemiştir. Son yıllarda ise bakteri-mikroalg interaksyonu araştırılmaya başlanmıştır. Özellikle *Spirulina* tabletlerindeki sorunların giderilmesinde, *Lactobacillus* türleri ile formüle edilen ürünlerin geliştirilmesi konusundaki çalışmalar yapılmıştır (Bao *et al.* 2018; Yu *et al.* 2020; Khomlaem *et al.* 2021). Bununla birlikte, gıdaların nutrasötik profilini iyileştirmek için laktik asit bakterilerinin kullanımı yeni bir çalışma alanıdır (Castro *et al.* 2019). Bu çalışmalarda bakteri ortaya çıkan son ürüne uygulanmış ve temelde fermantasyon yaklaşımı takip edilmiştir. Yürütmüş olduğumuz bu çalışmada kullanmış olduğumuz MBTB türleri özelliklerinden dolayı direkt kültür aşamasında aşılanmıştır.

Mikroalg türlerine bağlı olarak besin ortamları içerisindeki temel kaynak olan azot ve fosfor oranları değişmektedir (Richmond 2004). Bu çalışmada, *S.armatus* ile azot bağlama

değeri yüksek fosfor çözme değeri en düşük olan MBTB türleri ile yapılan çalışmalarda hücre gelişimi gözlemlenirken, *S. flavescens* ile azot bağlama değeri “negatif” fosfor tutma değeri yüksek olan MBTB türlerinde hücre gelişimi gözlemlenmiştir. Çoklu sınırlayıcı besinlerle yapılan çalışmalarda büyüme hızı, yalnızca en sınırlayıcı besin maddesinin mikroalgin hücre içi konsantrasyonuna bağlı olarak değişir (Klausmeier *et al.* 2004).

*Pseudomonas asplenii*'nin, mikroalg *Chattonella marinası* üzerinde büyüme teşvik edici bir etki gösteren ve fosfatla sınırlı ortamda büyüme yeteneğini artıran ısıya dayanıklı inorganik maddeler salgılayabildiğini bildirmiştir (Palacios *et al.* 2022). Bu çalışmada, fosfat sınırlayıcı olmayan bakterilerin olduğu ortamda *S.armatus* iyi gelişim gösterirken, *S. flavescens* gelişimi fosfat sınırlayıcı olan bakterisi ile olmuştur.

Hernandez *et al.* (2009), MBTB *Azospirillum brasilense*'nin, *Chlorella vulgaris* tarafından nitrojen alımı üzerindeki etkisini araştırmış ve *Bacillus pumilus*'un atmosferik nitrojeni sabitleyebildiğini ve mikroalg *Chlorella vulgaris*'in büyümesini arttırmak için amonyum üretebildiğini bildirmiştir. Yürütmüş olduğumuz bu çalışmada da benzer şekilde *Bacillus sp.*'in *S.armatus* büyümesini teşvik ettiği saptanmıştır.

Bu çalışmada, IAA üretimi yapabilen *Pseudomonas sp.*'nin *S.flavescens* biyokütlesinde artışı teşvik etmiştir. *Euglena gracilis* ile IAA üretimi yapabilen beş bakteri türü (*Pseudomonas sp.* DSM 25356; *Pseudomonas sp.* DSM25842; *Vibrionatriegens* KCTC 12726; *Bacillus yonginensis* KCTC 33428; ve *Sphingomonas panaciterrae* KCTC 42646) arasındaki etkileşim gözlemlendiğini ve IAA üreten *Vibrio natriegens* büyüme kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Kim *et al.* 2019).

Açık bir havuzdan izole edilen *Rhizobium sp.* ile *Chlorella sorokiniana* eş-kültür ortamında açık havuzlarda kültüre alınmış ve %13,76 oranında biyoküttele artış sağlandığını saptamışlardır (Zhou *et al.* 2021). Bu çalışmamızda, *Bacillus sp.* *S.flavescens* biokütlesinde % 6 oranında, *S.armatus* biyokütlesinde ise %7 oranında büyüme sağladığı tespit edilmiştir.

Mikroalgler, biyoyakıt üretimi için umut verici bir biyokütle ham maddesi olarak bilinmektedir. Atık su atıklarının mikroalg besini olarak kullanılması, mikroalgal biyoyakıt üretimindeki maliyetleri düşürecektir. Yerli bakterilerin olumlu etkilerinden yararlanılabilirse mikroalgal üretkenliği artırılabilir. Bununla birlikte, yerli bakterilerin mikroalg büyümesi üzerindeki etkileri ve mikroalg-atık kültürde mikroalglerle ilişkili bakteri topluluklarının özellikleri hakkında pek fazla şey bilinmemektedir. Atık su atık suyundaki yerli bakterilerin mikroalg büyümesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, üç mikroalg, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella vulgaris* ve *Euglena gracilis*, iki belediye atık su atık suyunda ve bir domuz atık su atık suyunda yerli bakterilerle birlikte ve yerli bakteriler olmadan 7 gün boyunca

kültüre alınmış ve sonuç olarak *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella vulgaris*, ve *Euglena gracilis* ile şehir atıksu kaynaklarından toplanan bakteriler ile akselik kültürler oluşturulmuş; biyokütlelerinin sırasıyla >1,5, 1,8–2,8 ve >2,1 oranlarında arttığını tespit etmişlerdir. Proteobakteriler ve Bacteroidetes'in konakçı olan mikroalglerde biyokütlede artış sağladığı ancak *Chlorella zofingiensis*'in. *Rhodococcus* cinsinin temsilcilerinin bolluğu arttırdığı fakat *Reyranella* ve *Bradyrhizobium* cinslerinin ise azalttığı saptamışlardır (Toyama *et al.* 2018; Kozlova *et al.* 2023). Bu çalışmamızda *S.armatus* ve *S.flavescens* türleri için *Bacillus* sp.'nin büyümeyi teşvik ettiği tespit edilmiştir.



## SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak, yürütmüş olduğumuz bu araştırma gerek doğal kaynaklardan elde edilen bakteri ve *Scenedesmus* izolatlarının kullanılması açısından gerekse eş-kültür ortamında gelişimlerinin izlenmesi nedeniyle ilk olma özelliğindedir. Bu çalışmamızda MBTB türlerinden bakterinin *S.armatus* ve *S.flavescens* türleri için büyümeyi teşvik ettiği saptanmıştır. *S.armatus*'ün azot çözücü bakterilerden olan *Bacillus* sp. ve *Pseudomonas* sp. bakterileri gelişime katkı sağlarken, *S.flavescens* için fosfor tutma özelliğinin yanı sıra IAA üretebilen *Bacillus* sp., *Bacillus* sp. ve *Pseudomonas* sp. bakterilerinin büyümeği teşvik ettiği saptanmıştır.

MBTB bakterileri ile doğal ortamdan izole edilen *Scenedesmus* türlerinin eş-kültür ortamında *Bacillus* sp. *Bacillus* sp. ve *Pseudomonas* sp. bakterinin *S.armatus* ve *S. flavescens* gelişimini teşvik ettiğini ortaya konulduğu çalışmamız sonucunda;

1. Bu türlerin gelişimini teşvik eden hücre içi mekanizmanın belirlenmesi araştırmalarının yapılması,
2. Biyokütle artışının yanı sıra hücre içi metaboliti olan yağ ve protein miktarları ile aminoasit ve yağ asidi kompozisyonlarının araştırılması tavsiye edilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Abreu, A. P., Fernandes, B., Vicente, A. A., Teixeira, J., Dragone, G., 2012. Mixotrophic Cultivation of *Chlorella vulgaris* Using Industrial Dairy Waste as Organic Carbon Source. *Bioresource Technology*, 118, 61-66.
- Acar, C., Fakioglu, O., 2018. "Investigation of *Desmodesmus armatus* for lead (Pb+2) and nickel (Ni+2) removal capacity from metal polluted water", *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(2), 1169-1175.
- Ağırman, N., 2015. "*Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un Gelişimi, Pigment Oluşumu, Lipit ve Protein İçeriği Üzerine Farklı Stres Faktörlerinin Etkileri" Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Akın, D., 2017. "Isıl Dirençli Yerel Yeşil Mikroalg Suşundan Yüksek Değerli Lipit Üretiminin Biyokimyasal ve Genetik Açılardan Değerlendirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Aladağ, E., 2019. Kabarcıklı kolon fotobiyoreaktörde *Botryococcus braunii* ve *Chlorella zofingiensis* mikroalg türleri kullanılarak yağ üretiminin incelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Aladağ, E., 2019. "Mikroalg Yetiştiriciliğinde Işığın Etkisinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Alçay, A. Ü., Bostan, K., Dinçel, E., Varlık, C., 2017. Alglerin İnsan Gıdası Olarak Kullanımı. *Aydın Gastronomy*, 1(1), 47-59.
- Amaviza E, Bashan Y, Rye CM, Faray MA, Bebout BM, De bashan LE (2017) Enhanced Performance of the Microalga *Chlorella sorokiniana* Remotely Induced by the Plant Growth Promoting Bacteria *Azospirillum brasiliense* and *Bacillus pumilus*. *Scientific Reports* 7(41310).
- An, M., Gao, L., Zhao, W., Chen, W., & Li, M., 2020. Effects of nitrogen forms and supply mode on lipid production of microalga *Scenedesmus obliquus*. *Energies*, 13(3), 697.
- Andeden, E.E., 2021. "Stres Koşullarının Bazı Mikroalg Türlerinde Lipit Verimine ve Triaçilgliserol (TAG) İçeriğine Etkisinin Gen Ekspresyon Düzeyinde Ortaya Konulması ve Yağ Asidi Profili İle İlişkili Biyodizel Kalitesinin Araştırılması" Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Aydoğdu, B., & Fakioglu, Ö., 2022. Investigation of the effects of whey powder on *Haematococcus pluvialis* cell growth kinetics. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11(Early View), 343-351.
- Aygün, T., 2017. "Farklı Polaritedeki Çözgenlerin Alg (*Nannochloropsis* sp.) Yağı Ekstraksiyonuna Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Bamigboye O. O., Oyawoye, O. M., Ajediti O. B. and Olotu, T.M., 2019. Microalgae cultivation and bacteria co-culture for improved biodiesel production: A review. *Adeleke University Journal of Engineering and Technology*, 2(3), 80-86.

- Bao, J., Zhang, X., Zheng, J. H., Ren, D. F., Lu, J., 2018. "Mixed fermentation of *Spirulina platensis* with *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis* by random-centroid optimization", *Food Chemistry*, 264, 64-72.
- Bedil, B., 2015. "*Chlorella vulgaris*'in Gelişimi ve Protein Miktarı Üzerinde Bazı Fungusitlerin (*Azoxystrobin*, *Flusilazole*, *Penconazole* ve *Triadimenol*) Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Tunceli.
- Cassan, F.D., Coniglio A., Amavizca, E., Maroniche, G., Cascales, E., Y. Bashan, de-Bashan, L.E., 2021. "The *Azospirillum brasilense* Type VI secretion system promotes cell aggregation, biocontrol protection against phytopathogens and attachment to the microalgae *Chlorella sorokiniana* *Environ. Microbiol.* 10.1111/1462-2920.15749.
- Castro de Marco, E., Shannon, E., Abu-Ghannam, N., 2019. "Effect of fermentation on enhancing the nutraceutical properties of *Arthrospira platensis* (*Spirulina*)", *Fermentation*, 5(1), 28.
- Chlorella reinhardii* by Co-Cultivation of Isolated Bacteria. *Int. J. H2 Energy* 38(25). Pp 10779-10787.
- Çoban, A., 2019. "Farklı Azot Kaynaklarının *Scenedesmus acutus meyen*'un Gelişimi, Lipit Ve Protein Miktarı Üzerine Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Darki, B. Z., Seyfabadi, J., & Fayazi, S., 2017. Effect of nutrients on total lipid content and fatty acids profile of *Scenedesmus obliquus*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 60, e17160304.
- De Bashan IE and Bashan Y., 2008. Joint Immobilization of Plant Growth Promoting Bacteria and Green Microalgae in Alginate Beads as an Experimental Model for Plant Bacteria Interactions. *Appl. Environ. Microbiol.* 74:6797-6802.
- De-Bashan, L. E., Bashan, Y., Moreno, M., Lebsky, V. K., Bustillos, J. J., 2002. "Increasing pigment and lipid content, lipid variety and cell and population size of the microalgae *Chlorella* spp. when co-immobilized in alginate beads with the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*", *Canadian Journal of Microbiology*, 48(6), 514–521.
- Delucca, R., McCracken, M. D., 1977. "Observations on interactions between naturally-collected bacteria and several species of algae", *Hydrobiologia*, 55(1), 71–75.
- Do Nascimento, M., De los Angeles Dublan, M., Ortiz-Marquez, J. C. F., Curatti, L., 2013. "High lipid productivity of an *Ankistrodesmus–Rhizobium* artificial consortium", *Bioresource Technology*, 146, 400–407.
- González-González, L. M., De-Bashan, L. E., 2021. "Toward the enhancement of microalgal metabolite production through microalgae-bacteria consortia", *Biology*, 10(282), 1-20.
- Gouveia, L., & Oliveira, A. C., 2009. Microalgae as a raw material for biofuels production. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 36(2), 269–274.
- Güner H. ve Aysel V., 1989. *Tohumuz Bitkiler Sistematığı*, I. Cilt, E.Ü. Fen Fakültesi Kitaplar Serisi 108, İzmir.
- Güney, E., 2002. *Genel Çevre Kirlenmesi*. Dicle Üniversitesi, 280 s, Diyarbakır.
- Hernandez, J. P., De-Bashan, L. E., Rodríguez, D. J., Bashan, Y. 2009. "Growth promotion of the freshwater microalgae *Chlorella vulgaris* by the nitrogen-fixing, plant growth promoting bacterium *Bacillus pumilus* from arid zone soils", *European Journal of Soil Biology*, 45, 88–93.

- Hızarcı, L., 2004. “*Spirulina platensis*’in Serada Yapılan Kùltürlerinde Ortam Faktörlerinin Ürün Verimliliği, Protein Miktarı ve Amino Asit Bileşimi Üzerinde Etkileri” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Kaplan Çoban, E., 2018. “Büyüme Koşullarının Mikroalglerde Nişasta ve Lipit Birikimine Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Khomlaem, C., Aloui, H., Kim, B. S., 2021. “Biosynthesis of polyhydroxyalkanoates from defatted *Chlorella biomass* as an inexpensive substrate”, Applied Sciences, 11(3), 1-11.
- Kim, J.Y., Oh, J.-J., Jeon, M.S., Kim, G.-H., Choi Y.-E., 2019 “Improvement of *Euglena gracilis* paramylon production through a cocultivation strategy with the indole-3-acetic acid-producing bacterium *Vibrio natriegens*” Appl. Environ. Microbiol., 85, e01548-19
- Klausmeier, C. A., Litchman, E., Levin, S. A., 2004. Phytoplankton Growth and Stoichiometry Under Multiple Nutrient Limitation. Limnology and Oceanography, 49 (4 part2), 1463-1470.
- Kozlova, T. A., Kartashov, A. V., Zadneprovskaya, E., Krapivina, A., Zaytsev, P., Chivkunova, O. B., & Solovchenko, A. E. 2023. Effect of abscisic acid on growth, fatty acid profile, and pigment composition of the Chlorophyte *Chlorella (Chromochloris) zofingiensis* and its co-culture microbiome. Life, 13(2), 452.
- Kumar, K. S., Dahms, H. U., Won E. J., Lee J. S., Shin K. H., 2015. Mikroalgae – A Promising Tool for Heavy Metal Remediation. Ecotoxicology and Environmental Safety, 113, 329-352.
- Kurusakız, M., 2020. “*Scenedesmus intermedius* ve *Scenedesmus planctonicus* Alg Türlerinde Azota Bağlı Lipit İçeriğindeki Değişimlerin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale
- Lee, J.Y., Haruta, S., Kato S., Bernstein, H.C., Lindemann S.R., Lee, D.Y., Song, H.S., 2021. Prediction of neighbor-dependent microbial interactions from limited population data Front. Microbiol., 10, p. 3049
- Lee, R.E., 2008. Phycology, Colorado State University, 547 p, USA.
- Li X, Huang S, Yu J, Wang Q, Wu S., 2013. Improvement of H<sub>2</sub> Production of
- Liu, B., Eltanahy, E. E., Liu, H., Chua, E. T., Thomas-Hall, S. R., Wass, T. J., Pan, K., Schenk, P. M., 2020. “Growth-promoting bacteria double eicosapentaenoic acid yield in microalgae”, Bioresource Technology, 316, 1-10.
- Özalın, G., 2020. “*Scenedesmus regularis* ve *Scenedesmus obliquus* Alg Türlerinde Azota Bağlı Lipit İçeriğindeki Değişimlerin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Öztürk, B., 2018. “*Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald’e Chlorpyrifos-Ethyl ve Pendimethalin’nin Etkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Öztürk, R., 2016. “Sinop İli Tatlısularından *Scenedesmus* spp. İzolasyonu ve Laboratuvar Şartlarında Üretiminin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop Üniversitesi, Sinop.
- Palacios, O. A., López, B. R., & de-Bashan, L. E., 2022. Microalga Growth-Promoting Bacteria (MGPB): A formal term proposed for beneficial bacteria involved in microalgal–bacterial interactions. *Algal Research*, 61, 102585.

- Palacios, O.A., Lopez, B.R., Bashan, Y., de-Bashan L.E. 2018. Early changes in nutritional conditions affect formation of synthetic mutualism between *Chlorella sorokiniana* and the bacterium *Azospirillum brasilense* Microb. Ecol., 77, pp. 980-992
- Pamir, H., Fermantasyon Mikrobiyolojisi Ders Kitabı,1985. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları no:267-36.
- Pulatsü, S., Topçu, A. ve Atay, D., 2014. Su Kirlenmesi ve Kontrolü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını No:432, 384 s, Ankara.
- Ramanan, R., Kang, Z., Kim, B.-H., Cho, D.-H Jin, LH., Oh,-M., Kim H.-S. 2015. “Phycosphere bacterial diversity in green algae reveals and apparent similarity across habitats” Algal Res., 8, pp. 140-144.
- Richmond A., 2004. Grobbelaar JU. Algal nutrition. In: editor. Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Oxford: Blackwell; p. 97–115.
- Sajjadi, B., Chen, W. Y., Raman, A. A. A., İbrahim, S., 2018. Microalgae Lipid and Biomass for Biofuel Production: A Comprehensive Review on Lipid Enhancement Strategies and Their Effects on Fatty Acid Composition. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 97, 200-232.
- Sajjadi, B., Raman, A. A. A., & Arandiyani, H., 2016. A comprehensive review on properties of edible and non-edible vegetable oil-based biodiesel: Composition, specifications and prediction models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 63, 62–92.
- Sasa, A., Şentürk, F., Üstündağ, Y., Erem, F., 2020. Alglerin Gıda veya Gıda Bileşeni Olarak Kullanımı ve Sağlık Üzerine Etkileri. Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi, 2(2), 97-110.
- Severo, I.A., Deprá,M.C., Zepka, L.Q., Jacob-Lopes, E., 2019. “Carbon dioxide capture and use by microalgae in photobioreactors”J.C. Magalhães-Pires, A.L. Da Cunha-Goncalves (Eds.), Bioenergy With Carbon Capture and Storage. Using Natural Resources for Sustainable Development, Academic Press, Chennai, India, pp. 151-171.
- Singh, S.K., Sundaram, S., Sinha S., Rahman, Md.A., Kapur S., 2016. “Recent advances in CO2 uptake and fixation mechanisms of cyanobacteria and microalgae.” Crit. Rev. Environ. Sci. Technol., 46 pp. 1297-1323.
- Şahin, 2010 Şahin, O. I., 2010. “Bazı Mikroalgelerin Yağ Asidi Profillerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bİlimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Şahin, B., 2021. “Çeşitli Maya Türleri Fermantasyonuyla *Spirulina* Bazlı Fonksiyonel Ürünlerin Geliştirilmesi”, Yüksek lisans Tezi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli.
- Toyama T., Kasaya M., Hanaoka T., Kobayashi N., Tanala Y., Inoue D., Seri K., Morilawa M. and Mori K., 2018. Growth promotion of three microalgal, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella vulgaris* and *Eulena graalis*, by in situ indigenous bacteria in waste water effluents. Biotechnology for biofuels.11(176).
- Toyama, T., Kasuya, M., Hanaoka, T., Kobayashi, N., Tanaka, Y., Inoue, D., Sei K., Morikawa M., Mori, K. 2018. Growth promotion of three microalgae, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella vulgaris* and *Euglena gracilis*, by in situ indigenous bacteria in wastewater effluent. Biotechnology for biofuels, 11, 1-12.
- Uslu, L., Işık, O., Koç, K., Göksan, T., 2011. “The effects of nitrogen deficiencies on the lipid and protein contents of *Spirulina platensis*”, African Journal of Biotechnology, 10(3), 386-389.

- Waksman, S. A., Stokes, J. L., Butler, M. R. 1937. "Relation of bacteria to diatoms in sea water", *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 22(1), 359–373.
- Yılmaz, H. K., 2006. Mikroalg Üretimi İçin Fotobiyoreaktör Tasarımları. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(2), 327-332.
- Yılmaz, K., 2016. "Uzunçayır Baraj Gölü'nden (Tunceli, Türkiye) Toplanan *Chlorella* sp.'nin Atık Suda Yetiştiriciliği", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli Üniversitesi, Tunceli.
- Yu, J., Ma, D., Qu, S., Liu, Y., Xia, H., Bian, F., Zhang, Y., Huang, C., Wu, R., Wu J., You S., Bi, Y., 2020. "Effects of different probiotic combinations on the components and bioactivity of *Spirulina*", *Journal of Basic Microbiology*, 60, 543-557.



## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
<b>Adı Soyadı:</b>	Zeliha AKYÜZ
<b>Doğum tarihi:</b>	
<b>Doğum Yeri:</b>	
<b>Uyruğu:</b>	
<b>Adres:</b>	
<b>Tel:</b>	
<b>E-mail:</b>	
Eğitim	
<b>Lise:</b>	Oltu Anadolu Lisesi
<b>Lisans:</b>	Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
<b>Yüksek lisans:</b>	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Eğitimi Anabilim Dalı (2021)
Yabancı Dil Bilgisi	
<b>İngilizce:</b>	Başlangıç
<b>Almanca:</b>	Başlangıç
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
Doğan, S.; Akyüz, Z.; Tatar, R.; Ögrü, E.; Topal, M.F.; Gülşahin, Y.; Karadayı, G.; Karadayı, M.; Fakioğlu, Ö; Güllüce, M. 2023. Farklı Kültür Ortamlarının <i>Scenedesmus</i> spp. Gelişimi Üzerine Etkileri. The Trout Journal of Atatürk University, 2:7-16.	