

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

TÜRKİYE'DE FARKLI TUZ GÖLLERİNDEN VE
TUZLALARDAN İZOLE EDİLEN *DUNALIELLA*
***VIRIDIS*'DE BÜYÜME KOŞULLARININ VE**
KAROTENOİD BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI

İlknur AK

Danışmanlar:

Prof. Dr. Semra CİRİK

Doç. Dr. Tolga GÖKSAN

Nisan, 2008

ÇANAKKALE

**TÜRKİYE'DE FARKLI TUZ GÖLLERİNDEN VE
TUZLALARDAN İZOLE EDİLEN *DUNALIELLA*
VIRIDIS'DE BÜYÜME KOŞULLARININ VE
KAROTENOİD BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Su Ürünleri Anabilim Dalı

İlknur AK

Danışmanlar:

Prof. Dr. Semra CİRİK

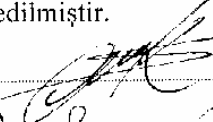
Doç. Dr. Tolga GÖKSAN

Nisan, 2008

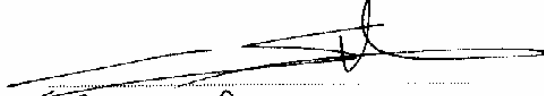
ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU


İLKNUR AK tarafından PROF. DR. SEMRA CİRİK ve DOÇ. DR. TOLGA GÖKSAN yönetiminde hazırlanan "TÜRKİYE'DE FARKLI TUZ GÖLLERİNDEN VE TUZLALARDAN İZOLE EDİLEN *DUNALIELLA VIRIDIS*'DE BÜYÜME KOŞULLARININ VE KAROTENOİD BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Semra Cirik


Yönetici


Prof. Dr. Sükran Cirik

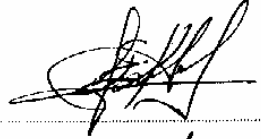
Jüri Üyesi


Doç. Dr. A. Adem DEKİNAZ

Jüri Üyesi


Doç. Dr. Mençü ACBAZ

Jüri Üyesi


Yrd. Doç. Dr. Edis KORMAN

Jüri Üyesi

Sıra No:09

Tez Savunma Tarihi: 09.04.2008

Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Alg konusunda çalışmam için beni cesaretlendiren, araştırmaya başladığım ilk günden itibaren bilgisini, desteğini ve yardımlarını esirgemeyen ve beni sabırla yönlendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Semra CİRİK'e,

Denemeler sırasında bilgisini ve deneyimlerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan Doç Dr. Tolga GÖKSAN'a,

Doktora tezim için gerekli olan laboratuvarın alt yapısını oluşturarak uygulama aşamasının sağlıklı ve verimli geçmesini sağlayan, Dekanımız Sayın Prof. Dr. Şükran CİRİK'e,

Çalışmalar sırasındaki olumlu katkılarıyla beni yönlendiren tez izleme komitesi üyesi ve Yetiştiricilik Bölüm Başkanı Doç. Dr. A. Adem TEKİNAY'a,

Ayrıca, yoğun çalışma temposuna rağmen bana zaman ayırarak tezimi takip eden İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Meriç ALBAY'a,

Çalışma bölgelerinin belirlenmesinde ve su kalitesi analizlerinde yardımcı olan Araş. Gör. Özgür Emek İNANMAZ'a,

İstatistiksel analizlere yapmış olduğu yardımlardan dolayı Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümünden Dr. Hülya SAYGI'ya,

Zorlu çalışma temposu sırasında her zaman yanımda olup beni yalnız bırakmayan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

İlknur AK

Nisan, 2008

KISALTMALAR

TDS	:Toplam çözünmüş katı madde miktarı
TN	:Toplam Azot
TP	:Toplam Fosfat
ANOVA	:Tek yönlü varyans analizi
MJ	:Modifiye edilmiş Johnson ortamı
pg	:pikogram
mg	:miligram
µm	:mikrometre
µm³	:mikrometre küp
µmol	:mikromol
µM	:mikromolar
µl	:mikrolitre
m²	:metrekare
L	:litre
Km	:kilometre
Abs	:Absorbans

TÜRKİYE’DE FARKLI TUZ GÖLLERİNDEN VE TUZLALARDAN İZOLE EDİLEN *DUNALIELLA VIRIDIS*’DE BÜYÜME KOŞULLARININ VE KAROTENOİD BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Ülkemizdeki doğal tuz gölü ve tuz üretim tesislerinde Yeşil Alglerden (Chlorophyceae) *Dunaliella* cinsine ait türlere sıkça rastlanır. Bu çalışmada, beş *Dunaliella viridis* suşu Gelibolu tuz gölü (Çanakkale), Dalyan tuz gölü (Çanakkale), Gökçeada tuz gölü (Çanakkale), Çamaltı tuzlası (İzmir) ve Ayvalık tuzlasından (Balıkesir) izole edilmiştir. Bu suşlar üç farklı deneme grubunda kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen birinci denemede farklı sıcaklık (25 °C ve 28°C), farklı tuzluluk (1M, 2M ve 3M) ve farklı ışık şiddetleri (50 ve 75 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) uygulanmıştır. Dış ortamda gerçekleştirilen ikinci ve üçüncü denemelerde üç farklı tuzluluk (1M, 2M ve 3M) konsantrasyonu uygulanmıştır. Bu faktörlerde meydana gelen değişimlerin hücre bölünmesi, büyüme hızı, hücre hacmi, toplam klorofil ve karoten birikimine etki ettiği saptanmıştır.

Laboratuvar şartları altında gerçekleştirilen denemelerde 1M tuzluluk, 25 °C sıcaklık ve 75 μmol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti uygulanan *D. viridis* Gelibolu suşunun en yüksek büyüme hızına sahip olduğu belirlenirken, en fazla karotenoid birikimi 2M tuzluluk, 25 °C sıcaklık ve 50 μmol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti uygulanan Dalyan suşunda gözlenmiştir. Dış ortam deneme gruplarında hücrelerin toplam klorofil ve karotenoid içeriklerinin laboratuvar koşullarındaki kültürlere göre daha az olduğu belirlenmiştir. En yüksek karotenoid birikimi 2M tuzlulukta Çamaltı suşunda elde edilirken, tüm tuzluluk konsantrasyonlarında suşlardan hiç birinin rengi turuncu veya kırmızı renge dönüşmemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre araştırma bölgelerinden izole edilen türlerin tayini *D. viridis* olarak belirlenmiş olup, ileriki çalışmalara kaynak teşkil edecektir.

Anahtar Kelimeler: *Dunaliella*, tuz gölleri, tuzlalar, karotenoid, büyüme parametreleri

**INVESTIGATION ON GROWTH CONDITIONS AND CAROTENOID
ACUUMULATION OF *DUNALIELLA VIRIDIS* ISOLATED FROM
DIFFERENT SALT LAKES AND SALTWOKRS IN TURKEY**

ABSTRACT

Members of *Dunaliella* genus naturally occur in salt lakes and solar saltworks in Turkey. In this study, five *Dunaliella viridis* strains were isolated from Gelibolu salt lake (Çanakkale), Dalyan salt lake (Çanakkale), Gökçeada salt lake (Çanakkale), Çamaltı solar saltwork (İzmir) and Ayvalık solar salt work (Balıkesir). This strains were used in three different experimental groups. First experiment was conducted at laboratory conditions using different temperature (25 and 28°C), salinity (1M, 2M 3M NaCl) and light intensities (50 and 75 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Second and third experiments were performed in outdoors applying three salinity degrees (1M, 2M and 3M). It was determined in this study that changes in these factors had a significant effects on cell division, growth rate, cell volume, total chlorophyll and carotenoid accumulation.

In laboratory experiments, *D. viridis* Gelibolu strain grew optimally at 1M NaCl, 25 °C and 75 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ but maximum carotenoid accumulation was observed on Dalyan strain which was cultured at 2M NaCl, 25 °C and 50 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$. In the experimental groups outdoors, total chlorophyll and carotenoid contents of the cells were lower. The highest carotenoid accumulation was achieved at Çamaltı strain at 2M NaCl. In relation to the pigment content, none of the strains turned to orange or red color under the whole range of salt concentrations assayed. As a result of study, species isolated from research area was described as *D. viridis* and it will be constitute source for future studies.

Key Words: *Dunaliella*, salt lakes, saltworks, carotenoid, growth parameters

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM 1- GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2- KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. <i>Dunaliella</i> Türlerinin Sistematikteki Yeri	3
2.2. <i>Dunaliella</i> Türlerinin Biyolojisi.....	4
2.3. Dağılımı ve Ekolojisi	5
2.4. Tuza Dayamıklılığı ve Gliserol Üretimi	8
2.5. β-Karoten Pigmentinin Özellikleri.....	10
2.6. <i>Dunaliella</i> Türlerinde β-karoten Üretimi.....	12
2.7. Yetiştiricilik Çalışmaları.....	13
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE METOD	16
3.1. İstasyon Seçimi.....	16
3.1.1. Gelibolu Suvla Gölü (Tuz Gölü).....	16
3.1.2. Dalyan (Alexander Troias) Tuz Gölü.....	17
3.1.3. Gökçeada Tuz Gölü	18
3.1.4. Çamaltı Tuz Üretim Tesisi	19
3.1.5. Ayvalık Tuz Üretim Tesisi.....	20
3.2. Örneklem Yöntemleri	22
3.3. Su Kalitesi Analizleri	22
3.4. <i>Dunaliella</i> Türlerinin İzolasyonu	23
3.5. <i>Dunaliella</i> Türlerinin Tayini	25
3.6. Kültür Koşullarını Belirlemek İçin Uygulanan Deneme Yöntemleri	26
3.7. İstatistiksel Analizler	27

BÖLÜM 4 - BULGULAR	28
4.1. Araştırma Alanlarının Su Kalitesi Değerleri	28
4.1.1. Gelibolu Tuz Gölü	28
4.1.2. Dalyan Tuz Gölü	29
4.1.3. Gökçeada Tuz Gölü	30
4.1.4. Çamaltı Tuz Üretim Tesisi	31
4.1.5. Ayvalık Tuz Üretim Tesisi	31
4.2. İzole Edilen Türlerin Özellikleri	32
4.2.1. <i>Dunaliella viridis</i> Gelibolu Suşu	33
4.2.2. <i>Dunaliella viridis</i> Dalyan Suşu	33
4.2.3. <i>Dunaliella viridis</i> Gökçeada Suşu	34
4.2.4. <i>Dunaliella viridis</i> Çamaltı Suşu	35
4.2.5. <i>Dunaliella viridis</i> Ayvalık Suşu	36
4.3. Alglerin Laboratuvar Koşullarında Üretimi	36
4.3.1. <i>Dunaliella viridis</i> Gelibolu Suşu	37
4.3.1.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları	37
4.3.1.2. Hücre Sayıları	37
4.3.1.3. Klorofil İçerikleri	38
4.3.1.4. Toplam Karotenoid İçerikleri	42
4.3.1.5. Hücre Sayıları ve Abs ₄₉₀ Arasındaki İlişkiler	44
4.3.2. <i>Dunaliella viridis</i> Dalyan Suşu	47
4.3.2.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları	47
4.3.2.2. Hücre Sayıları	48
4.3.2.3. Klorofil İçerikleri	48
4.3.2.4. Toplam Karotenoid İçerikleri	51
4.3.2.5. Hücre Sayıları ve Abs ₄₉₀ Arasındaki İlişki	54
4.3.3. <i>Dunaliella viridis</i> Gökçeada Suşu	57
4.3.3.1. Büyüme ve İkilenme Zamanları	57
4.3.3.2. Hücre Sayıları	57
4.3.3.3. Klorofil İçerikleri	58
4.3.3.4. Toplam Karotenoid İçerikleri	61

4.3.3.5. Hücre Sayıları ve Abs ₄₉₀ Arasındaki İlişki.....	64
4.3.4. <i>Dunaliella viridis</i> Çamaltı Suşu	67
4.3.4.1. Büyüme ve İkilenme Zamanları.....	67
4.3.4.2. Hücre Sayıları	68
4.3.4.3. Klorofil İçerikleri.....	69
4.3.4.4. Toplam Karotenoid İçerikleri	72
4.3.4.5. Hücre Sayıları ve Abs ₄₉₀ Arasındaki İlişki.....	75
4.3.5. <i>Dunaliella viridis</i> Ayvalık Suşu.....	78
4.3.5. 1.Büyüme ve İkilenme Zamanları.....	78
4.3.5.2. Hücre Sayıları	78
4.3.5.3. Klorofil İçerikleri.....	80
4.3.5.4. Toplam Karotenoid İçerikleri	83
4.3.5.5. Hücre Sayıları ve Abs ₄₉₀ Arasındaki İlişki.....	86
4.4. Dış Ortamda Üretimi	89
4.4.1. <i>Dunaliella viridis</i> Gelibolu Suşu	90
4.4.1.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları	90
4.4.1.2. Hücre Sayıları	91
4.4.1.3. Toplam Klorofil Miktarları.....	91
4.4.1.4. β-Karoten İçerikleri.....	92
4.4.1.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ Arasındaki ilişki	92
4.4.2. <i>Dunaliella viridis</i> Dalyan Suşu	93
4.4.2.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları	93
4.4.2.2. Hücre Sayıları	94
4.4.2.3. Toplam Klorofil Miktarları.....	94
4.4.2.4. β-Karoten İçerikleri.....	95
4.4.2.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ Arasındaki ilişki.....	96
4.4.3. <i>Dunaliella viridis</i> Gökçeada Suşu	97
4.4.3.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları	97
4.4.3.2. Hücre Sayıları	97
4.4.3.3. Toplam Klorofil İçerikleri.....	98
4.4.3.4. β-Karoten İçerikleri.....	99
4.4.3.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ Arasındaki ilişki.....	99

4.4.4. <i>Dunaliella viridis</i> Çamaltı Suşu	100
4.4.4.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları	100
4.4.4.2. Hücre Sayıları	100
4.4.4.3. Toplam Klorofil İçerikleri	101
4.4.4.4. β -Karoten İçerikleri	101
4.4.4.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ Arasındaki İlişki	103
4.4.5. <i>Dunaliella viridis</i> Ayvalık Suşu	103
4.4.5.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları	103
4.4.5.2. Hücre Sayıları	104
4.4.5.3. Toplam Klorofil İçerikleri	104
4.4.5.4. β -Karoten İçerikleri	105
4.4.5.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ Arasındaki ilişki	106
4.5. Dış Ortamda β -Karoten Biriktirme Amaçlı Yapılan Kültürü	107
4.4.1. <i>Dunaliella viridis</i> Gelibolu Suşu	108
4.4.1.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları	108
4.4.1.2. Hücre Sayıları	109
4.4.1.3. Toplam Klorofil Miktarları	110
4.4.1.4. β -Karoten İçerikleri	111
4.4.1.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ Arasındaki ilişki	111
4.4.2. <i>Dunaliella viridis</i> Dalyan Suşu	112
4.4.2.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları	112
4.4.2.2. Hücre Sayıları	112
4.4.2.3. Toplam Klorofil Miktarları	113
4.4.2.4. β -Karoten İçerikleri	114
4.4.2.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ Arasındaki İlişki	114
4.4.3. <i>Dunaliella viridis</i> Gökçeada Suşu	115
4.4.3.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları	115
4.4.3.2. Hücre Sayıları	115
4.4.3.3. Toplam Klorofil İçerikleri	116
4.4.3.4. β -Karoten İçerikleri	116
4.4.3.4. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ nm Arasındaki ilişki	118
4.4.4. <i>Dunaliella viridis</i> Çamaltı Suşu	118

4.4.4.1. Büyüme Hızları ve İklimle Zamanları	118
4.4.4.2. Hücre Sayıları	119
4.4.4.3. Toplam Klorofil İçerikleri.....	119
4.4.4.4. β -Karoten İçerikleri.....	119
4.4.4.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ nm Arasındaki İlişki	121
4.4.5. <i>Dunaliella viridis</i> Ayvalık Suşu.....	121
4.4.5.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları	121
4.4.5.2. Hücre Sayıları	122
4.4.5.3. Toplam Klorofil İçerikleri.....	122
4.4.5.4. β -Karoten İçerikleri.....	122
4.4.5.5. Hücre Sayısı ve Abs ₄₉₀ nm Arasındaki ilişki	123
SONUÇ VE TARTIŞMA.....	125
KAYNAKLAR.....	137
Tablolar.....	I
Şekiller.....	IV
Yaşam Öyküsü.....	XI

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yeşil alglerden (Chlorophyceae) *Dunaliella* türleri hücre içinde yüksek miktarda ticari anlamda öneme sahip β -karoten ve gliserol üretmeleri nedeniyle, üzerlerinde yoğun araştırmalar yapılan mikroorganizmalardır. İnce bir hücre çeperine sahip olan *Dunaliella salina* tuza dayanıklı (Halofilik) tek hücreli bir mikroalgdir. Yüksek ışık yoğunluğu, yüksek tuzluluk ve besin tuzları eksikliği gibi stres şartları altında kloroplastta yağ damlacıkları şeklinde yüksek konsantrasyonda β -karoten üretebilir ve depolayabilir (Ben-Amotz, 1993).

β -karoten oranı hücre kuru ağırlığının % 14'üne kadar çıkabilmektedir (Ben-Amotz, 2004; Borowitzka ve Borowitzka, 1992). β -karoten, yağda çözünebilen stereoizomerik pigment grubu olan karotenoid ailesinin önemli üyelerinden biridir. Besinlerle birlikte alındığında A vitaminine dönüştürülür. Bu nedenle β -karoten, provitamin A olarak da isimlendirilmektedir (Chen ve Birge, 1993). Diğer karotenoidler gibi β -karoten de kuvvetli bir antioksidandır ve insan vücudundaki serbest radikalleri ortamdan uzaklaştırmaktadır (Leach ve diğ., 1998). β -karoten ayrıca renklendirici olarak gıda maddelerinde, eczacılıkta ve kozmetikte kullanılmaktadır (Bosma ve Wijfels, 2003). Doğal karotenoidlere artan talep, farklı doğal kaynaklardan β -karoten özütlemesine olan ilgiyi de artırmıştır (Vega ve diğ., 1996). İhtiyacı karşılamak amacıyla 1950'li yıllardan itibaren all-*trans* izomeri halinde üretilmektedir (Kazumori ve diğ., 1998; Leach ve diğ., 1998). Günümüzde *D. salina*'dan ticari olarak β -karoten üretimi Avusturalya, İsrail, Çin ve Şili'de gerçekleştirilmektedir (Aguilar ve diğ., 2004). Dünya'daki β -karotenin tahmin edilen üretimi yaklaşık 100 ton/yıl'dır, fiyatı 750 Euro/kg'dan pazarlanmaktadır (Pulz, 2001).

Tuz göllerinde veya tuzlalarda dağılım gösteren çok fazla *Dunaliella* türü bulunmasına rağmen araştırmaların çoğu iyi bir β -karoten kaynağı olan *D. salina* türü üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, farklı karotenoidlerin eldesi ve gliserol üretimi ile ilgili diğer *Dunaliella* türlerinden de yararlanılabilir. Moulton ve Burford (1990)

yaptıkları çalışmada *D. viridis*'in lutein ve zeaksantin gibi diğer karotenoidler bakımından zengin olduğunu bildirmişlerdir.

D. viridis türü doğal ortamlarda *D. salina*'nın büyümesini sınırlayan bir alg türü olup β -karoten üretimini azaltmaktadır (Borowitzka, 1985). *D. viridis*'in daha hızlı büyümesi ve diğer karotenoidler bakımından zengin olması nedeniyle ticari olarak yetiştirilebileceği belirtilmektedir (Moulton ve Burfod,1990).

Dunaliella türleri başlıca tuz gölleri ve tuzlalar olmak üzere ülkemizde dağılım göstermektedir (Demirsoy, 1998, Anonim, 1998; Kuru ve Ciriş, 2001). Ancak bu türlerin büyüme koşulları ve karotenoid üretimi ile ilgili yapılan araştırmalar az sayıdadır (Çelikli ve Dönmez, 2006; Duda ve diğ., 2001).

Ülkemizde ticari amaçlı β -karoten üretim çalışmalarını geliştirmek için tuz göllerinde ve tuzlalarda bulunan *Dunaliella* türleri ile karotenoid biriktirme kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada *Dunaliella* türlerinin Ege ve Marmara Bölgesindeki tuz üretim tesisleri ve bazı doğal tuz göllerinden izolasyonu yapılarak optimum büyüme koşulları ile en uygun suşun belirlenmesi ve karotenoid birikimlerinin araştırılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. *Dunaliella* Türlerinin Sistematikteki Yeri

Dunaliella cinsi ilk defa 1905 yılında Teodoresco tarafından, M.F. Dunal'in onuruna isimlendirilen *Dunaliella salina* türü ile tanımlanmıştır (Oren, 2006). Çok tuzlu yerlerde kırmızı rengin alglerden kaynaklandığını bulan Teodoresco'nun *D. salina*'yı ilk tarif edişinden bu yana çok geniş habitatlarda birçok türü tanımlanmıştır (Borowitzka ve Borowitzka, 1992). *Dunaliella*, Chlorophyceae sınıfının, Volvocales takımının ve Polyblepharidaceae ailesi içinde yer alır. Şimdiye kadar 5'i tatlı suda olmak üzere toplam 28 *Dunaliella* türü tanımlanmıştır (Preisig, 1992).

Dunaliella türleri Masjuk'un (1966, 1969) monografından yararlanılarak tayin edilmektedir. Türler arasındaki ayırım başlıca morfolojik özelliklerine göre yapılmaktadır. Bu özellikler çevresel koşullara bağlı olarak değişim göstermektedir (Ben-Amotz, 1980; Borowitzka ve Siva, 2007; Ginzburg ve Ginzburg, 1981, 1985).

Dunaliella morfolojik olarak *Chlamydomonas* türüne çok benzemektedir. Kalın hücre çeperinin olmaması, golgi yapısının pozisyonu ve mitokondriyal görüntü bakımından farklılık göstermesi ile bu türden ayrılır (Borowitzka ve Borowitzka, 1992).

Tuzlalarda yaygın olarak bulunan *Dunaliella* türleri; *D. salina*, *D. viridis*, *D. parva*, *D. pseudosalina*, *D. ruineniana*, *D. gracilis*, *D. bioculata*, *D. minutissima* ve *D. granulata* olduğu yapılan literatür incelemelerinde saptanmıştır (Masjuk, 1969; Ben-Amotz ve diğ., 1982; Borowitzka ve Borowitzka, 1992; Borowitzka ve Siva, 2007). Ülkemizde ise *Dunaliella* sp. Çamaltı tuzlası (İzmir) Tuz Gölü (Konya) ve Gelibolu Tuz Gölünden (Çanakkale) rapor edilmiştir (Çelikli ve Dönmez, 2006; Dudu ve diğ., 2001; Erdoğan, 2005; Koray ve diğ., 1999; Kuru, 2004).

2.2. *Dunaliella* Türlerinin Biyolojisi

Tek hücreli olan *Dunaliella* türlerinin hücre yapıları çok çeşitlidir. Hücreler ortam koşullarına göre oval, küresel, silindirik, elipsoidal, yumurta, damla, radyal, bilateral veya dorsoventral simetrlili veya asimetrik olabilir. Hücrenin alt kısmı geniştir, baş kısmı daha dardır ve iki kamçısı mevcuttur (Avron, 1992; Ben-Amotz ve Avron; 1973; Borowitzka ve Brown, 1974; Koray, 2002).

Yeşil Alglerden (Chlorophyceae) olan *Dunaliella*'nın hücre yapısı Volvocales takımının diğer üyeleri gibidir. Büyük bir kloroplast, tek merkezli bir pirenoid, çok az vakuol, bir adet çekirdek ve çekirdekçik bulunur. *Dunaliella* genusunun hücrelerinde sert polisakarit hücre duvarı bulunmaz ve ince elastik plazma zarı, mukoz yapıdadır (Ben-Amotz, 2004). Genellikle kloroplastın anterior kısmının sonunda bir (nadiren iki) lateral göz noktası (stigma) vardır. Birçok türde elektron mikroskobu altında görülen silikon, fosfor, sülfür ve klor gibi elektron yoğun bileşenlerin olduğu küçük vakuolleri bulunmaktadır. Tatlı su türlerinden *D. acidiphila*, *D. flagellata*, *D. lateralis*, *D. obligata* ve *D. paupera*'nın bir veya iki kontraktıl vakuolu vardır (Borowitzka ve Borowitzka, 1992; Borowitzka ve Siva, 2007; Oren, 2006).

Sert hücre çeperinin olmaması nedeniyle ozmotik basınç altında *Dunaliella*'nın hücre hacmi hızlıca değişmektedir. Ozmotik basınç *Dunaliella*'nın yapısını hızla küre şeklinden büzüşmüş hale getirebilir (Pick, 1998; 2002). Hücre boyutu ışık yoğunluğuna ve büyüme şartlarına göre çeşitlilik gösterebilmektedir (Ben-Amotz ve Avron, 1980; Garcia ve diğ., 2007). Tuz yoğunluğunun çok yüksek olduğu ortamlarda *Dunaliella* kamçısını ve etrafını çeviren mukoz tabakayı kaybeder. Hücreler kist haline gelerek, su kaybına dayanıklı bir yapı oluşturur (Borowitzka ve Siva, 2007). *D. salina* ve *D. bioculata* yüksek miktarda β -karoteni kloroplastta yağ damlacıkları şeklinde biriktirir ve hücre rengi yeşilden turuncu – kırmızı renge döner (Ben-Amotz, 2004).

Dunaliella türlerinde vejetatif üreme kamçılı safhada gerçekleşir, organizmanın hacmi artar ve hücre boyuna bölünür. Bölünmeden önce kamçıların sayısı ikiye

katlanır, bölünmekte olan *Dunaliella* hücrelerinde bazen dört kamçı görülebilir (Vorst, 1995). Değişmez şartlar altında hücreler palmella veya nadiren kist (aplanospor) formunda olabilir. Aplanospor oluşumu ortam şartlarının değişmesi, tuzluluğun düşmesi veya ortamın kuruması gibi olağanüstü şartlar altında oluşur. Seksüel üreme, izogami ile *Chlamydomonas* türündeki gibi konjugasyonla gerçekleşir. Zigot, yeşil veya kırmızı renkte kalın ve yumuşak hücre duvarı ile çevrilidir. Dinlenme safhasından sonra zigotun hücre duvarı patlayarak 2, 4, 8 veya 16 kardeş hücre salınır (Borowitzka ve diğ., 1982; Borowitzka ve Borowitzka, 1992; Borowitzka ve Siva, 2007; Oren, 2006).

2.3. Dağılımı ve Ekolojisi

Dunaliella genusu geniş pH, tuzluluk ve sıcaklık aralığında yaşaması nedeniyle çok geniş bir dağılım alanına sahiptir. Tatlı sularda (*Dunaliella flagellata*, *D. chordata*, *D. lateralis*, *D. paupera*), tuzlu sularda (*D. tertiolecta*, *D. bioculata*, *D. parva*, *D. viridis*) ve tuzlu toprakta (*D. tertiolecta*) bulunabilir (Borowitzka ve Borowitzka, 1992; Oren, 2006).

Dunaliella türlerine denizlerdeki algal florada da rastlanılmaktadır. Ancak, tuz göllerinde, tuzlu bataklıklarda, tuzlu lagünlerde, denize yakın bulunan tuzlu su hendeklerinde ve tuz üretim işletmelerindeki buharlaştırma havuzlarında ise en önemli birincil üreticilerdir (Ben-Amotz, 1991; Borowitzka, 1999; Gibor, 1956; Oren, 2006; Post, 1977).

Çok tuzlu ortamlarda *Dunaliella* spp. genellikle baskın mikroalglerdir. *D. salina* kırmızı, *D. parva* kırmızımsı ve *D. viridis* yeşil renkte olup genellikle tuzluluğun % 20'den daha fazla olduğu sularda baskındırlar. Buharlaşmanın yüksek olduğu, alkali (pH > 8) sular ile Mg⁺² ve SO₄⁻² içeriği yüksek olan ortamlarda görülmektedirler (Borowitzka ve Borowitzka, 1992).

Dunaliella salina tuza toleransı en yüksek olan ökaryotik fotosentetik organizma olarak tanımlanır. % 5'ten % 30'a kadar olan tuzluluk aralığında dağılım göstermektedir. Davis (1990) *D. viridis*'in % 10 - 20 tuzluluktaki tuz göllerinin

başlıca plankton gruplarından biri olduğunu belirtmiştir. *Dunaliella* türleri – 35 °C ile 40 °C arasında yaşamını sürdürebilmektedir. *D. salina*'nın fotosentetik aktivitesi – 8 °C'ye kadar sürdürdüğü bildirilmiştir (Borowitzka ve Borowitzka, 1992). *Dunaliella tertiolecta* türü ise 30 °C'nin altındaki sıcaklıkta rekabet edememektedir. Bu tür sadece yüksek sıcaklıklarda *Phaeodactylum tricornutum*'un ve *Thalassiosira pseudonana* gibi diyatomlarla rekabet edebilmektedir (Goldman ve Ryther, 1976).

Dunaliella populasyonlarının dağılım gösterdikleri göllerin azot ve fosfor konsantrasyonları da farklılıklar göstermektedir. Örneğin, Büyük Tuz Gölü (A.B.D.)'nde mevsimler arasında toplam azot miktarı 4,3 – 7,2 mg L⁻¹ arasında (Post,1977), Ölü deniz (İsrail)'de 5,9 – 8,9 mg L⁻¹ arasında değiştiği belirlenirken (Stiller ve Nissenbaum, 1999) Fuende de Piedra (İspanya) tuzlasında 20 – 200 µg-at N L⁻¹ arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Garcia ve Niell, 1993). Azot içerikleri yüksek olan göllerde fosfat içeriklerinin de yüksek olduğu yapılan litetarür çalışmalarında belirlenmiştir. Fosfat miktarı Büyük Tuz Gölünde (A.B.D.) 3 - 17 µM arasında değişirken (Post, 1977), Ölü denizde (İsrail) 35 - 260 µg L⁻¹ (Stiller ve Nissenbaum, 1999) arasında olduğu belirlenmiştir.

Ölü Denizde (İsrail), *Dunaliella*'nın yaz döneminde, su sıcaklığı 30 °C'yi aştığı zaman bol olarak bulunduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Ben-Amotz, 1991). *Dunaliella salina* için optimum sıcaklık suşa bağlı olarak değişmekle beraber 20 – 40 °C arasında olduğu bildirilmiştir (Gibor, 1956). *D. salina*'nın büyümesi üzerine sıcaklık ve ışık yoğunluğu arasında 20 °C'nin üzerinde kuvvetli bir sinerjik etki vardır (Ben-Amotz, 1980). *D. viridis* için optimum sıcaklık 14 – 30 °C'dir ve 35°C'ye kadar yaşamını sürdürmektedir (Jimenez ve Niell, 1991). *D. bioculata* ve *D. primolecta*'nın optimal sıcaklık aralığı 25- 29 °C arasındayken *D. tertiolecta* için 20°C dir (Fabregas ve diğ., 1986). Büyük tuz gölünde (A.B.D) *D. viridis* ve *D. salina* türlerinin -3 °C'de canlı kalabildikleri bildirilmiştir (Post, 1977).

Eppley ve Marcias (1963) ile Gimmler ve diğ., (1978)'e göre *D. parva* ve *D. tertiolecta*'nın sıcaklığa toleransı, tuzluluk konsantrasyonuna bağlıdır (Borowitzka ve Borowitzka, 1992). Yüksek tuzluluğa adapte olan hücrelerin hücre proteini

üzerine yüksek hücre içi gliserol içeriğinin muhtemel koruyucu etkisine bağlı olarak sıcaklığa dayanıklılığı fazladır. 40 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, tuzluluğa dayanıklı *Dunaliella* türleri ve denizel *D. tertiolecta*, plazma zarı içeriğindeki yoğunluk değişimine bağlı olarak gliserol üretmeye başlar (Gibor, 1956).

Dunaliella türleri su kolonunda homojen olarak dağılmazlar. *D. salina* ve bazen *D. parva* su kolonunun yüzeyindeki birkaç santimetrelik kısımda baskındırlar ve zaman zaman yüzeyde farklı bir tabaka oluştururlar. *D. viridis* derin su kolonunda ve sedimentin yüzeyinde bulunur. Sığ havuzlarda yapılan gözlemlerde *D. viridis* ve *D. parva*'nın su kolonunda vertikal göç ettiğini göstermiştir. Yaklaşık % 25 tuzlulukta ve yüksek ışık yoğunluğunda, *D. parva* hücreleri dibe doğru göç etme eğilimindeyken, *D. salina* hücreleri askıda kalma eğilimi gösterir. Göçün nedeni ışık yoğunluğuna algin fotosentetik tepkisidir. Fotosentez doygunluğu kırmızı, karotence zengin *D. salina* hücrelerinin, yeşil karotence fakir *D. salina* hücrelerine göre fazla ışık yoğunluğuna ihtiyaç duymaktadır. Foton akış yoğunluğu 1.500 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'den fazla ise fotosentez karotence fakir *D. salina* kültürlerinde inhibe edilir. Ben-Ben-Amotz ve Shaish (1992)'e göre *D. salina*'daki karotenoidlerin fonksiyonu bu algin doğal habitatlarındaki yüksek ışık yoğunluğuna karşı bir foto koruma olabilir. Bu açıklamayı kloroplastın periferinde yer alan, *D. salina* tarafından biriktirilen karotenoidlerin gözlemlenmesi desteklemiştir. Vertikal göçlerin yanı sıra, doğal *Dunaliella* populasyonları göl veya tuz buharlaştırma havuzlarının yüzeyinde yoğunlaşmış halde oldukları ve hareket ettikleri sık sık gözlemlenmektedir (Avron, 1992).

Halofilik *Dunaliella* türlerinin yaşadığı yüksek tuzluluktaki sulara bulunan predatör sayısı azdır. % 25 tuzluluğun üzerinde *Dunaliella salina*'nın tek predatörü *Bodo* sp.'dir. % 20 ve % 25 tuzluluk arasında *Heteroamoeba* sp.'nin kamçılı formu ve siliatlardan *Cladotricha sigmoidea* bulunur. Düşük tuzluluklarda ise özellikle siliatlardan *Fabrea salina* ve tuzla karidesi *Artemia* sp., *Dunaliella*'nın en önemli predatörleri olup, *Dunaliella* populasyonlarını sınırladığı bildirilmiştir (García ve Niell, 1993; Post ve diğ., 1983; Padley ve Yeragi, 1998; Yufera, 1985).

Doğal sulardaki yüksek tuzlulukta, *Dunaliella* üretimini sınırlayan ana faktörlerin nutrient konsantrasyonu ve CO₂ olduğu görülmektedir. Ancak, çok yüksek tuzluluk (%10 - 24) *Dunaliella*'nın büyüme oranını azaltmaktadır. Düşük tuzluluklarda, predasyon önemli bir sınırlayıcı faktördür. Çok yüksek tuz içeren tuzlalarda *Dunaliella*'nın baskın olması ise predasyonun az olmasından kaynaklanmaktadır (Borowitzka ve Borowitzka, 1992).

2.4. Tuza Dayanıklılığı ve Gliserol Üretimi

Yüksek tuzluluğa sahip ortamlarda bulunan *Dunaliella* yüksek miktarda gliserol biriktirir ve hücre içerisindeki gliserol seviyesi hücre dışındaki tuz konsantrasyonuna osmotik olarak eşit oranda bulunmaktadır. Tuza doymuş ortamlarda 8M veya ağırlığının % 55'ine ulaşır (Ben-Amotz ve Avron, 1973). Çeşitli tuz konsantrasyonlarında hücre içerisindeki K⁺, Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarında belirgin bir değişim olmaz, bu durum *Dunaliella* türlerindeki tek osmotik elementin gliserol olduğunu göstermektedir (Avron, 1986).

Hiper osmotik şoka maruz kalan *Dunaliella* hücreleri hızlıca büzülerek hücre içi osmotik basıncını arttıran gliserolü sentezler ve orijinal hacimlerine ulaşırlar. Hipo osmotik şoka maruz kalan hücreler hızlıca şişer ve hücre içi gliserol miktarını azaltarak eski boyutuna döner (Şekil 1). Hücreler arası gliserol konsantrasyonunun dengesi, gliserolün sentezi ve ortamdan kaldırılması arasındaki dengenin sonucudur (Pick, 2002).

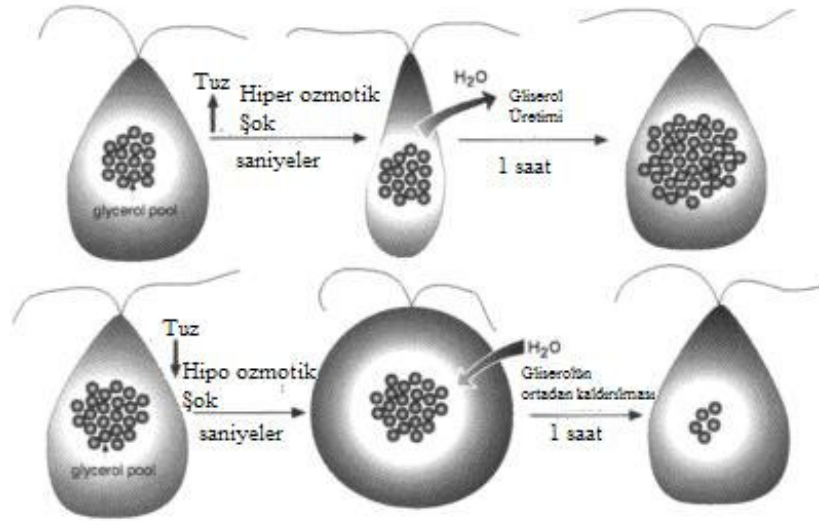
Gliserol biyosentezi tuz stresiyle başlar ve işlem enzimlerin yeniden sentezine bağlıdır. Gliserol sentezi için karbon kaynakları kloroplasttaki nişasta rezervleri ve fotosentetik karbondioksittir (Pick, 1998).

Gliserolün sentezi ve reasimilasyonu genellikle kloroplastta meydana gelir ve DHA – redüktaz ve GP-fosfataz tarafından katalizlenen son enzimatik basamaklar sitoplazmada gerçekleşmektedir (Pick, 2002). *Dunaliella* türlerindeki bazı enzimlerin yüksek gliserole adapte olduğu görülmektedir. *D. bardawil* kloroplastındaki ATP

sentezi (CFo –CF₁) % 20 gliserol konsantrasyonunda yapılmakta iken, yüksek bitkilerde CFo – CF₁ gliserol tarafından sınırlandırılmaktadır (Finel ve diğ.,1984).

Gliserolün sentezi ve kaldırılması, hem aydınlık hem karanlıkta meydana gelmektedir ve dışarıdaki sıvı konsantrasyonundaki değişimi izleyen yeni hücre içi denge yaklaşık 90 dakika içinde gerçekleşmektedir. Morfolojik adaptasyon için daha uzun zamana gereksinim duymaktadır (15 – 180 dakika). Büyümede durma hatta ölümler görülebilmektedir (Borowizka ve Borowizka, 1992).

Karanlık ortamda meydana gelen gliserol sentezinde nişasta kullanılırken, aydınlık ortamlarda tuzluluğun yükselmesiyle birlikte nişasta gliserol sentezinin % 70'inde kullanılır. Gliserol dış ortamdaki sıvı konsantrasyonunun azalmasıyla hem karanlıkta hem de aydınlıkta kaldırılır. Her iki durumda da hücrenin nişasta içeriği artar. *D. tertiolecta* ve *D. viridis*'deki solunum, stresin azalmasıyla yavaşlar fakat CO₂ oluşumunda hiçbir değişiklik görülmez. Ancak, gliserolün kaldırılması da nişasta formunda olur. ATP'ye bağlı bir işlemdir fakat hücre içindeki karbon içeriği korunur (Ben-Amotz, 2004).



Şekil 1. Ozmotik basınç değişimlerine bağlı olarak *Dunaliella salina* alginin gliserol miktarında meydana gelen değişimler (Pick, 2002).

Gliserolün ekolojik yönden önemli bir özelliği daha bulunmaktadır. Çok tuzlu göllerde sıfırın altındaki sıcaklıklarda antifriz özelliğinden dolayı *Dunaliella* türlerinin yaşamasını sağlar (Pick, 2002).

2.5. β -Karoten Pigmentinin Özellikleri

β -karoten, algler, fotosentetik bakteriler, siyanobakteriler, bazı fotosentetik olmayan bakteriler, mayalar ve bazı yüksek yapılı bitkiler tarafından sentezlenmektedir (Margalith, 1999). β -karoten ilk defa 1831 yılında Wackenroder tarafından izole edilmiştir. 1907 yılında β -karotenin ampirik formülü olan $C_{40}H_{56}$, Willstatter ve Mieg tarafından bulunmuştur. Steenbock, 1919 yılında beta karoten ile A vitamini arasında bir ilişki olabileceğini ileri sürmüştür. Yapısı, Karrer tarafından 1930-31 yılları arasında açıklanmıştır (Foote ve diğ., 1970 a,b).

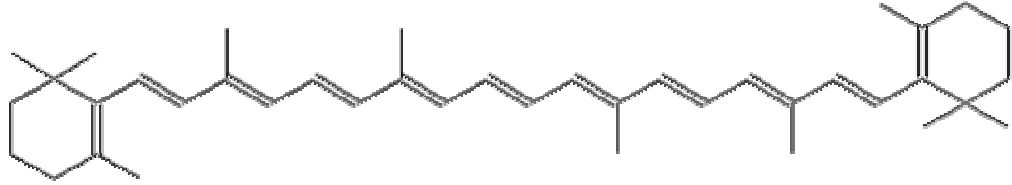
Karotenoidler, bitkilerde sentez edilen, yüksek derecede doymamış izoprenoidler olup, açık sarıdan erguvan kırmızısına kadar renkli, azot içermeyen, suda çözünmeyen fakat yağlarda ve organik çözücülerde çözünen pigmentlerdir. Birçok çiçek, meyve, yaprak ve sebzelerin karakteristik renkleri bunlardan ileri gelir. “-oid” son eki, benzer anlamındadır, karotenoid “karotene benzer” demektir. Karotenin kendisi de bir karotenoiddir (Keskin, 1981).

Havuç, sarı patates, yeşil yapraklar, domates ve tereyağında karoten ve diğer karotenoidler bulunur. Karotenoidler buldukları yerlerden yağ çözücülerile özütlenebilirler (Leach ve diğ., 1998).

Karotenoidler yüksek derecede doymamış hidrokarbonlar ve bunların oksijenli türevleridirler. Hidrokarbon, alkol, aldehid, keton veya asit olabilirler. Hidrokarbon karotenoidlere *karotenler* denilir. Petrol eterinde iyi, alkolde ise az çözünürler. Oksijenli karotenoidler alkolde çözünürler fakat petrol eterinde çözünmezler. Karotenoidlerin yapısından anlaşılacağı gibi, doymamış bir bileşik olarak, *cis*, *trans* konfigürasyonda pek çok geometrik izomerleri olabilir. Fakat doğada bulunduğu bilinen karotenoidlerin pek çoğu *heptrans* konfigürasyonda, çok azı *cis* biçimlenmededir (Keskin, 1981).

Karotenoidler birbirlerinden R ve R' gruplarının farklı olmaları ile ayrılırlar. Karotenoidlerin çoğunda bu gruplar 9 karbonlu kapalı halkalar oluşturmuşlardır. Bu halkalara *iyonon* halkası denir, çünkü iyononlarda bu halkalar bulunur. İyonon halkasında bir çift bağ bulunup, bulunduğu yere göre bu halkaya α -(çifte bağ 4-5 arasında) veya β -iyonon (çift bağ 5-6 arasında) halkası denir. Bu halkalara CH=CH-CO-CH₃ bağlanmakla β -iyonon ve α -iyonon meydana gelir (Şekil 2) (Deming ve diğ., 2001).

Karotenler ise hidrokarbon karotenoidlerdir, kapalı formülleri C₄₀H₅₆ dir. R ve R' gruplarının farklı olması ile α , β , γ , δ vb. karotenler birbirlerinden ayrılmaktadır (Keskin, 1981).



Şekil 2. β -karotenin kimyasal yapısı

β -karoten provitamin A aktivitesi nedeniyle insan vücudunda önemli bir rol oynamaktadır (Chen ve Birge, 1993). Karotenoidler, bazı kanser türlerinin oluşmasında rol oynayan serbest radikallerin ortadan kaldırılmasını sağlayan kuvvetli bir antioksidandır (Leach ve diğ.,1998). β -karoten kuvvetli boyama özelliğine sahiptir. Kendisi kırmızı, seyreltik çözeltileri sarı renktedir. Suda çözünmez ve karıştırıldığı besin maddelerine hiçbir koku ve tat değişikliği vermez. Başta β -karoten olmak üzere karotenoidler yiyecek, eczacılık ve kozmetik sanayinde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir (Ben-Amotz, 2004; Bosma ve diğ., 2003; Borowitzka, 1999).

Özellikle doğal β -karotene artan talep farklı doğal kaynaklardan yararlanmayı gündeme getirmiştir (Vega ve diğ., 1996). Sebzelerden ve meyve atıklarından β -karoten elde edilmeye çalışılmıştır (Favati ve diğ., 1998; Keat ve diğ., 1991; Sadler ve diğ., 1990; Spanos ve diğ., 1993; Vega ve diğ., 1996). Ancak şu ana kadar en yüksek β -karoten konsantrasyonu tuza dayanıklı bir mikroalg türü olan *D. salina*'da

bulunmuştur ve β -karotenin miktarı 100 g/kg kuru ağırlığa kadar çıkabilmektedir (Ben-Amotz, 1993).

2.6. *Dunaliella* Türlerinde β -karoten Üretimi

Dunaliella salina bilinen alg türleri arasında en yüksek β -karoten içeriğine sahip algdir. Karotenoid üretimi yüksek ışık, tuzluluk, sıcaklık ve besin tuzlarının sınırlandırıldığı şartlar altında olmaktadır (Leach ve diğ., 1998). *Dunaliella*'daki β -karoten kloroplastta yağ damlacıkları şeklinde birikir (Ben-Amotz, 2004). Doğal turuncu renkli pigmentlerden β -karoten bir antioksidan olan Vitamin A'nın öncüsüdür (Leach ve diğ., 1998). Toplam karotenoid konsantrasyonu algin kuru ağırlığının % 14'üne kadar ulaşabilmektedir (Ben-Amotz, 2004; Borowitzka ve Borowitzka, 1992). Yapılan çalışmalarda *Dunaliella*'daki β -karotenin başlıca iki stereoizomerden (all-*trans* ve 9-*cis*) oluştuğu belirlenmiştir. Ancak, 9-*cis* gibi cis izomerik formlar *D. salina*'da all-*trans*la eşit miktarda bulunmaktadır. Hayvan dokusunda etkili şekilde birikmekte ve yağda erimektedir (Leach ve diğ., 1998). *Dunaliella salina* kültürlerinde ışık yoğunluğu, sıcaklık, tuzluluk ve nutrient maddeler karotenoid üretimine en fazla etki eden faktörlerdir (Marin ve diğ., 1998). Bakır ve kurşunun ortamda yüksek olduğu durumlarda *D. salina*'daki karotenoid seviyesi artabilmektedir (Borowitzka ve Borowitzka, 1992).

Büyüme oranının düşük ve fizyolojik stresin yüksek olduğu şartlarda β -karoten üretimi en yüksek seviyede olmaktadır. Büyüme oranı ve karotenoid üretimi arasındaki ilişki tuzluluğun % 15'den % 25'e çıkarıldığı *D. salina* kültürlerinde saptanmıştır. Transferden sonra bölünme dururken hücrelerdeki toplam karotenoid içeriği 4 – 5 gün içerisinde doğrusal olarak yükselmiştir. Bu süre zarfında toplam karotenoid miktarı $< 10 \text{ mg L (hücre protein)}^{-1}$ ve toplam karotenoid içerisinde β -karoten oranı % 50'den % 90'a ulaşmıştır (Marin ve diğ., 1998).

Loeblich (1982) farklı ışık yoğunluklarında *D. salina* yetiştirmiş ve ışık yoğunluğunun artmasıyla toplam karotenoid içeriğinin doğrusal olarak arttığını göstermiştir. Toplam karotenoid, ışık yoğunluğunun 10'dan $396 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 'ye yükselmesiyle 4,5 kat artmıştır. Klorofil *a* ve *b* foton akış yoğunluğunun

yükselmesinden dolayı azalmıştır. Benzer sonuçlar Ben-Amotz ve Avron (1983 a,b) tarafından % 0,5 β -karoten içeren (kuru ağırlık) $^{-1}$ *D. bardawil* (= *salina*) 1×10^{-3} $\text{jcm}^{-2} \text{s}^{-1}$ de yetiştirildiğinde elde edilmiştir.

Birçok uzman yüksek ışık yoğunluğundaki ortamlarda yetişen bu algde β -karotenin yüksek ışık şiddetine karşı koruyucu özelliğe sahip olduğunu ileri sürmektedir. Bu sayede klorofil molekülünün yüksek ışık şiddeti altında zarar görmesi önlenmektedir. Foote ve diğ., (1970 a,b) 9-*cis*- β -karotenin tek oksijeni kimyasal olarak üreterek all-*trans*- β karotene dönüştürdüğünü bulmuşlardır.

2.7. Yetiştiricilik Çalışmaları

Dunaliella türlerini kültür koşullarının belirlenmesi üzerine yapılan çalışma sayısı oldukça fazladır. Ancak, çalışmaların büyük bir kısmı başlıca β -karoten kaynağı olan *D. salina* türü üzerine yoğunlaşmıştır.

Optimum fosfat konsantrasyonu *D. salina* ve *D. viridis* için yaklaşık 0,02 – 0,025 g L^{-1} K_2HPO_4 dir (Gibor, 1956) ve yüksek konsantrasyonlar ($> 5 \text{ g L}^{-1}$) büyümeyi sınırlamaktadır. Fosfat yerine gliserofosfatın kullanılması *D. tertiolecta*'nın büyümesini azaltmaktadır (McLachlan, 1964).

Büyüme ortamındaki pH algal büyüme ve metabolizmayla ilişkili fotosentez için CO_2 kullanımını ve iyonların alımını da kapsayan bir çok işleme etki etmektedir. *D. tertiolecta*'nın optimum büyümesi için pH 6 iken, halofilik *D. salina* ve *D. viridis* için pH 9'dur (McLachlan, 1964). Çelikli ve Dönmez (2006) farklı pH'larda gerçekleştirdikleri denemelerinde *Dunaliella* sp.'de en yüksek büyüme hızının pH 9'da olduğunu bildirmişlerdir.

Johnson ve diğ. (1968) *Dunaliella* kültürlerindeki optimum büyümenin 0,8 – 2 M tuzluluk arasında gerçekleştiğini bildirirken, Borowitzka ve diğ. (1977) ile Brown ve Borowitzka (1979) *Dunaliella viridis*'in optimum % 5,8 ile 8,9 arasında büyüdüğünü ve % 23,2 tuzluluğa kadar yaşamını sürdürdüğünü bildirmişlerdir. Sürekli kültürlerde ise tuzluluğun *D. viridis*'in (Jimenez ve diğ., 1990) veya *D. parva*

(Gimmler ve diğ., 1981)'nin büyüme oranı üzerinde daha az bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir.

Gibor (1956) hem *D. viridis* hem de *D. salina*'nın 8 – 35 °C sıcaklık aralığında yaşadığını ve optimum büyümenin 14 – 30 °C arasında gerçekleştiğini bildirirken, Van Auken ve McNulty (1973) Büyük Tuz Gölünden (A.B.D.) izole edilen *Dunaliella* sp. için optimum sıcaklığı 32 °C olarak saptamıştır. Loeblich (1982)'e göre *D. salina* için optimum sıcaklık 27 °C iken, Chang ve diğ. (1986)'e göre *D. euchlora* ve *D. salina*'nın optimum büyüme sıcaklığı 20 - 32 °C arasındadır (Jimenez ve Niell, 1990).

Loeblich (1982), Ginzburg ve Ginzburg (1981), Ben-Amotz ve diğ. (1982) ile Ben-Amotz ve Avron (1980) farklı kültür koşulları altında gerçekleştirdikleri denemelerde büyüme hızlarını 0,7 – 1,0 bölünme gün⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Dış ortam denemelerinde düşük tuzluluktaki *Dunaliella* kültürlerinin yüksek büyüme hızına sahip olduğu Borowitzka ve diğ. (1977), Brown ve Borowitzka (1979) tarafından saptanmıştır.

Ben-Amotz (1980), Ginzburg ve Ginzburg (1981, 1985) farklı *Dunaliella* türlerinin tuz konsantrasyonu, sıcaklık ve ışık şiddeti gibi ortam parametrelerine uyum sağlaması ile büyüme kapasitelerinin farklı olacağını bildirmişlerdir.

Jimenez ve Niell (1990)'in farklı tuzluluk, sıcaklık ve azot konsantrasyonlarıyla *D. viridis* üzerine yaptıkları çalışmada hücre sayılarının 3,5 – 18,5x10⁶ hücre ml⁻¹ arasında değişim gösterdiklerini saptamışlardır. Moulton ve Burford (1990) *D. viridis*'in yetiştiricilik çalışmalarında 1 - 3M tuz konsantrasyonları arasında hücre sayılarının istatistiksel yönde farklılık göstermediği bildirmişlerdir.

Yüksek tuzluluktaki hücrelerin düşük tuzlulukta bulunan hücelere oranla daha yüksek hücre hacmine sahip oldukları Ben-Amotz ve Avron (1980) ile Garcia ve diğ. (2007) tarafından bildirilirken, Jimenez ve Niell (1990) 1-3 M tuzluluk

aralıklarındaki *D. viridis* hücrelerinin hacimlerinde belirgin bir değişim olmadığını bildirmişlerdir.

Türler içindeki fizyolojik farklılıklar nedeniyle sıcaklık değişimlerinde toplam klorofil içeriklerinin de farklılıklar gösterebileceği Cifuentes ve diğ. (1992) tarafından bildirilirken, Garcia ve diğ. (2007) büyüme hızı düşük olan kültürlerin klorofil içeriklerinin yüksek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Gordillo ve diğ. (2001) *D. viridis* için en yüksek büyüme oranı olarak $250 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olduğunu, yüksek ışık yoğunluğundan hücrelerin klorofil içeriklerinin de etkileneceğini bildirmiştir. Kültürlerde sıcaklık değişimlerine bağlı olarak fotosentetik pigmentlerinde meydana gelen değişimlerin türlerin sıcaklığa uyum sağlayamaması olarak değerlendirilmektedir (Davis, 1990).

D. viridis'in toplam karotenoid içeriğinin $0,4 - 1,5 \text{ pg hücre}^{-1}$ arasında değişim gösterdiği Jimenez ve Niell (1990), Ben-Amotz ve Avron (1980) ile Johnson ve diğ. (1968) tarafından saptanmıştır. Moulton ve Buford (1990) dış ortamdaki havuzlarda *D. viridis* yetiştirdikleri çalışmada en yüksek karoten miktarının $1,8 \mu\text{g ml}^{-1}$ olduğunu bildirmişlerdir.

Dış ortamlardaki yetiştiricilik çalışmalarında predasyon kültür için sınırlayıcı bir faktördür (Garcia ve Niell, 1993; Borowitzka ve Borowitzka, 1992). Özellikle % 10 - 20 tuzluluk arasında siliatlardan *Fabrea salina*'nın çoğalarak *Dunaliella* popülasyonarını sınırladığı Post ve diğ. (1983), Padley ve Yeragi (1998) ile Yufera (1985) tarafından bildirilmiştir.

BÖLÜM 3

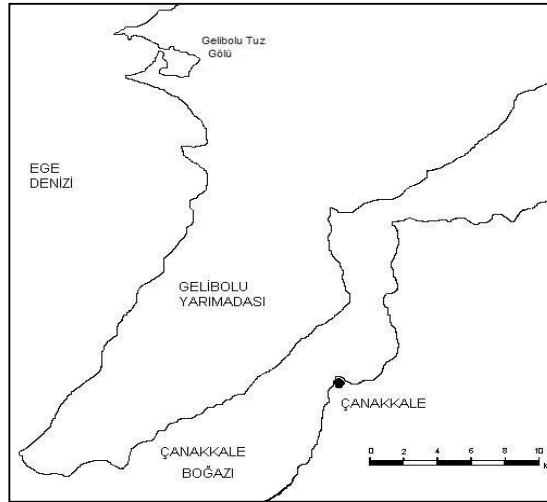
MATERYAL VE METOD

3.1. İstasyon Seçimi

Çalışma alanları olarak Gelibolu Tuz Gölü (Çanakkale), Dalyan Tuz Gölü (Çanakkale), Gökçeada Tuz Gölü (Çanakkale), Çamaltı Tuzlası (İzmir) ve Ayvalık Tuzlası (Balıkesir) seçilmiştir.

3.1.1. Gelibolu Suvla Gölü (Tuz Gölü)

Tuzla Gölü Çanakkale ili, Gelibolu ilçesi sınırları içerisinde, Gelibolu Tarihi Milli Parkı'nın kuzey kesiminde, Suvla koyu ile Büyük - Küçük Anafarta köyleri arasında yer almaktadır (40°17'47.06" N, 26°15'33.44" E). Yaklaşık bin hektar alan kaplayan gölün mevsimsel olarak denize doğrudan hidrolojik bağlantısı vardır. Gölün derinliği 50 cm ile 1 m arasında değişim göstermektedir. 1990'lı yılların ortalarına kadar gölden tuz üretimi yapılmıştır. Son on yılda tuz üretiminin durması ve rüzgarla organik madde taşınımı göl tabanının yükselmesine ve denizden göle su girişinin azalmasına neden olmuştur. Gölün zemini çamurlu ve yarı bataklıktır. Gölün kuzey kıyısında 20 m genişliğinde, denize doğrudan su alımı yapan kanal ve balık üretim havuzları bulunmaktadır. Milli park sınırları içerisinde yer alan Suvla (Tuz) gölü özellikle flamingo gibi su kuşlarının göç ederken konakladıkları yerlerden biridir (Erdoğan, 2005).



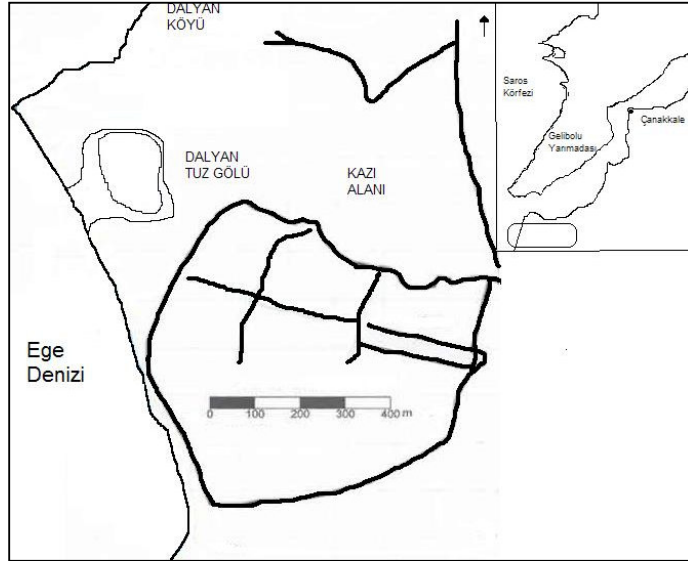
Şekil 3. Gelibolu Tuz Gölü



Şekil 4. Gelibolu Tuz gölünden bir görüntü (orijinal)

3.1.2. Dalyan (Alexander Troias) Tuz Gölü

Dalyan Tuz gölü Çanakkale ili, Ezine ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır (39°45'22.93" N, 26°08'31.80"E). M.Ö. 310 yılında kurulan Alexandria Troas kentinin limanı olarak inşa edilmiştir. Dalyan Tuz gölünün büyüklüğü yaklaşık olarak 1,6 hektardır. Göl yarı çamurlu ve tuzlu bir zemine sahiptir. Gölün kuzeyinde yerleşim alanları bulunmaktadır. Göldeki su derinliği 0,30 ile 1,00 m arasında değişim göstermektedir.



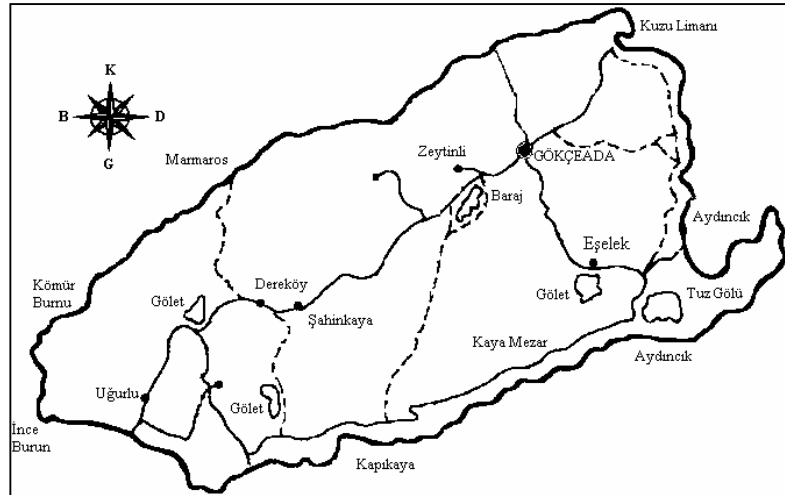
Şekil 5. Dalyan Tuz Gölü



Şekil 6. Dalyan Tuz gölünden bir görüntü (orijinal).

3.1.3.Gökçeada Tuz Gölü

Gökçeada'nın güney doğusunda bulunan Tuz gölü yaklaşık 1 km büyüklüğündedir (40°07'49.21"N, 25°C57'26.47" E). Tuz gölünde mevsimsel olarak deniz suyu giriş olmaktadır. Gölün su seviyesi 0,80 ile 1,20 m arasında değişim göstermektedir. Çamurlu bir zemin yapısına sahip olan tuz gölü su kuşlarının göç yolları üzerinde bulunmaktadır. Gölün civarında turistik tesisler bulunmaktadır. Göl çamuru romatizma, sedef ve kireçlenme gibi hastalıkların giderilmesinde kullanılmaktadır (Balık ve Ustaoglu, 1993) .



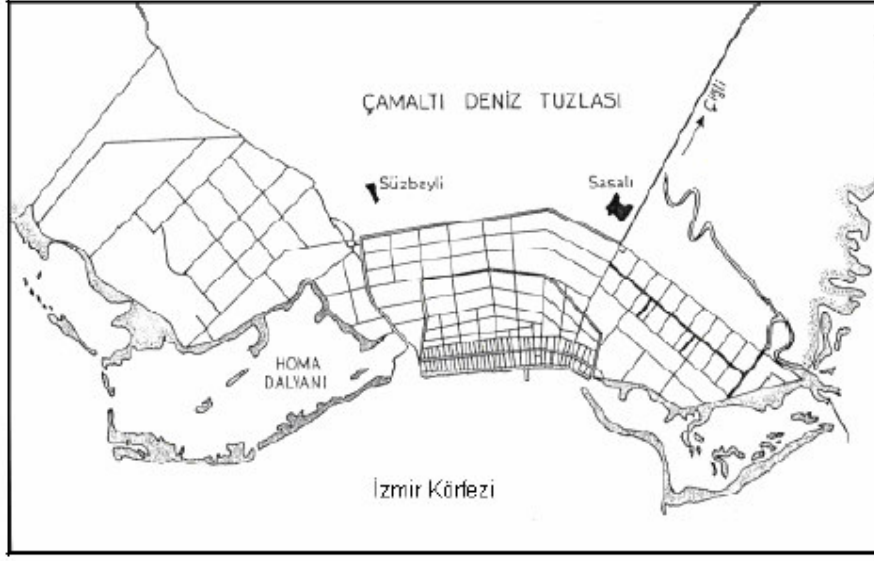
Şekil 7. Gökçeada Tuz Gölü



Şekil 8. Gökçeada Tuz gölünden bir görüntü (orijinal).

3.1.4. Çamaltı Tuz Üretim Tesisi

Ülkemizdeki önemli tuz üretim yerlerinden biri olan Çamaltı Tuzlası, İzmir iline 28 km uzaklıkta, Gediz nehri havzasına kurulmuş, Türkiye'nin deniz kaynaklı en büyük tuzlasıdır (38°29'28.32"N, 26°55'08.25" E). İlk kez 1863 tarihinde İtalyanlar tarafından düzenli tuz üretim havuzları ve tesisleri inşa edilmiştir. 1927 yılında T.C. Maliye Vekaleti'ne devredilmiştir. Bu tarihten sonra da tuzla işletmesi, Tekel Genel Müdürlüğü'ne bağlanmıştır. Çamaltı Tuzlası 24.161.000 m² alana yayılmış buharlaştırma havuzları ve 3.158.000 m² alanı kaplayan kristalizasyon havuzlarıyla önemli bir sulak alandır. Genel olarak I. ve II. tuzla, su depolama alanları, kristalizasyon havuzları olarak 4 ana kısma ayrılır (Şekil 9 -10). Su depolama havuzları ‰ 35 - 50, buharlaştırma havuzları ‰ 50-150, kristalizasyon havuzları ‰150 - 300 tuzluluktur. Tuz üretim parsellerinin ortalama derinliği 0.5-1.0 m olmakla beraber, 1.5 m derinlikteki tuz havuzlarıyla, su iletim kanalları da mevcuttur. Tuz parsellerinin zemini sıkıştırılmış olup, topraktır. Tuzlamanın denizle bağlantısını ana kanal üzerine kurulmuş olan pompalar sağlamaktadır. Böylece değişik boyutlardaki havuzlara verilen deniz suyu, kademeli olarak tuz kristalizasyon havuzlarına ve tüm alana dağıtılabilmektedir (Anonim, 1998; Koru ve Cirik, 2001; Koru, 2004).



Şekil 9. Çamaltı Tuzlası

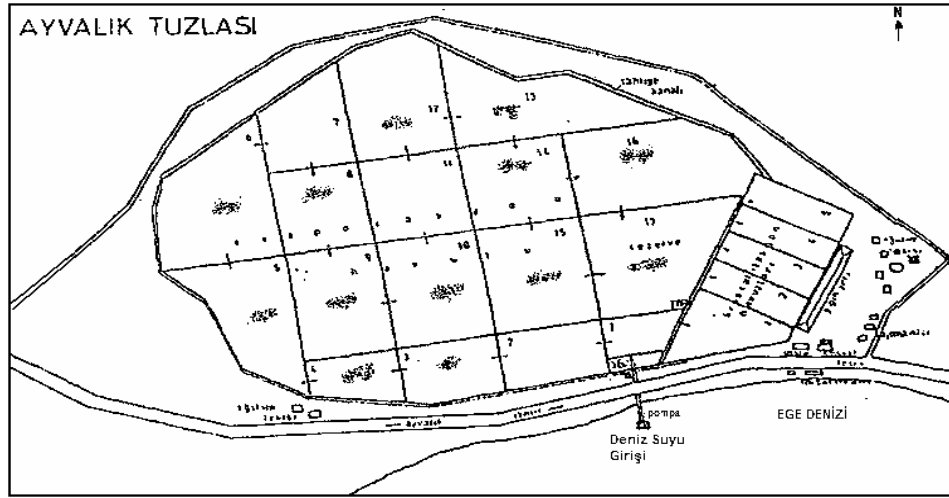


Şekil 10. Çamaltı Tuz Üretim tesisinden bir görüntü (orijinal).

3.1.5. Ayvalık Tuz Üretim Tesisi

Ayvalık tuzlası İzmir iline 150 km, Çanakkale'ye 200 km uzaklıktadır (39°15'51.97" N, 26°43'01.38" E). Ayvalık Deniz Tuzu İşletmesi 1986 yılından beri üretim yapılmakta olup, 938.000 m² alana yaygın 17 adet evaporasyon havuzu, 121.000 m² alana yaygın 6 adet kristalizasyon havuzu bulunmaktadır. İşletmede solar evaporasyon yöntemiyle tuz üretimi için yaklaşık 3 - 3,5 bome tuzluluk derecesinde

deniz suyu, pompalarla evaporasyon havuzlarına verilmektedir. Deniz suyu alma işlemine Mart ayında başlanır ve Ağustos ayına kadar devam etmektedir. Tuzlu su, havuzlarda dolaştırılarak bome yükseltilmektedir. 18 - 21 bome derecesinde rezerv havuzlarına alınarak, 25 - 26 bome derecesinde kristalizasyon havuzlarına aktarılarak çökertilmektedir.



Şekil 11. Ayvalık Tuz Üretim Tesisi

2001 yılında üretim, 20.000 ton olan hedefin üzerinde gerçekleşerek, 20.335 ton olarak elde edilmiş fakat 2002 yılında Çamaltı Tuzlasından çok daha olumsuz yağış koşullarından dolayı üretim miktarı azalmış ve 13.030 ton ham tuz üretimi yapılmıştır (Anonim,2002).



Şekil 12. Ayvalık Tuz üretim tesisinden bir görüntü (orijinal).

3.2. Örnekleme Yöntemleri

Araştırma alanlarından alg örneklerinin toplanması bölgelerin özel koşullarından, bataklık olmasından dolayı plankton çekimine müsait olmadığından 1 L'lik şişeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Arazi defterine de aynı bilgiler kayıt edilmiştir. Su örnekleriyle dolu şişelerin üzerine tarih ve örnek alınma yeri yazılmıştır. Analizler için alınan su örneklerine herhangi bir işlem yapılmamıştır. Su örnekleri laboratuara getirilinceye kadar karanlık ve soğuk bir yerde saklanmıştır. Göllerin ve tuzlaların sıcaklığı, civalı su termometresi ile ölçülerek örnek alım yerlerine ve zamanlarına göre araştırma defterine not edilmiştir.

3.3. Su Kalitesi Analizleri

Su sıcaklığı örnekleme yapılan bölgelerden *in situ* olarak 0,1 hassasiyetli termometre ile ölçülmüştür. Çok amaçlı prob (YSI) ile tuzluluk değerleri ve TDS (Suda çözülmüş toplam anyon ve katyon) saptanmıştır.

Toplam Azot Tayini için 10 ml analiz edilecek örnekten konularak, üzerine 5 ml oksidasyon solüsyonu eklenmiştir. Tüplerin ağızları kapatılarak 121 °C, 15 PSI basınçta 30 dakika otoklav edilmiştir. Örnekler oda sıcaklığına getirildikten sonra 10 ml örnek alınarak test tüpü içerisine konulmuştur. Test tüplerinin üzerine 12 µL 5 N NaOH eklenmiştir. 0,5 ml sülfanilamide/NNED karışımı eklenip hafifçe çalkalanmıştır. 10 dakika beklenip spektrofotometre ile 543 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Spektrofotometre ölçümlerinden elde edilen veriler 2,943 katsayısı ile çarpılarak µmol olarak toplam azot değeri saptanmıştır (Wetzel ve Likens, 1991).

Toplam fosfat tayini için 10 ml analiz edilecek örnekten konularak, üzerine 5 ml oksidasyon solüsyonu eklenmiştir. Tüplerin ağızları kapatılarak 121 °C, 15 PSI basınçta 30 dakika otoklav edilmiştir. Örnekler oda sıcaklığına getirildikten sonra 10 ml örnek alınarak test tüpü içerisine konulmuştur. Test tüplerinin üzerine 1 ml molibdat/askorbik asit solüsyonu eklenerek hafifçe çalkalanmıştır. 10 dakika bekleyip spektrofotometre ile 885 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Spektrofotometre

ölçümlerinden elde edilen veriler 1,800143 katsayısı ile çarpılarak µmol olarak toplam azot değeri saptanmıştır (Wetzel ve Likens, 1991).

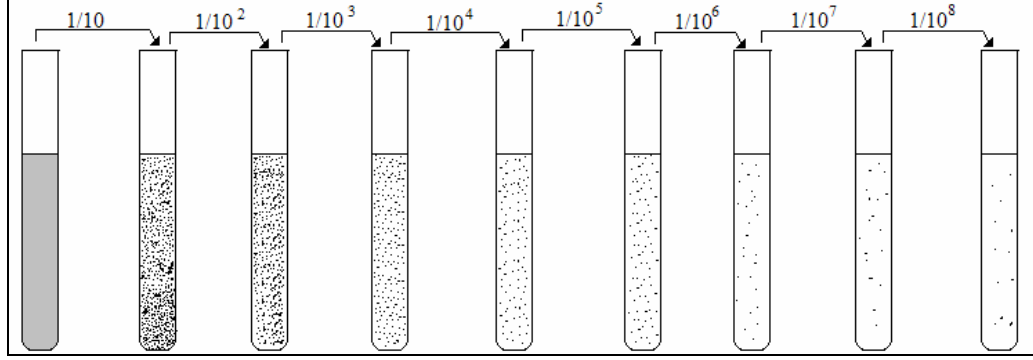
3.4. *Dunaliella* Türlerinin İzolasyonu

Plankton örnekleri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Plankton Stok Birimi laboratuvarında incelemeye alınmıştır. Canlı örnekler, 1 L'lik kaplara konulmuştur. Örneklerin karışımı hava motoru ile sağlanmış, aydınlanma 1.500 lux ışık yoğunluğunda, sürekli olarak floresan lambalar kullanılarak yapılmıştır. Sabitlenmiş örneklerin kalitatif incelemeleri Olympus marka ışık mikroskobu ile yapılmıştır. Tür tayini için yapılan ölçümlerde 40X büyütmeli mikrometrik okülerden faydalanılmıştır.

Mikroskopta yapılan incelemelerde, örnekleme yapılan alanların hepsinde *Dunaliella* türlerinin varlığı tespit edilmiştir. Alınan su örneklerine sonsuz seyreltme yöntemi uygulanarak izolasyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Belcher ve Swale, 1992). İzolasyon işleminde *Dunaliella* için önerilen ve en çok tercih edilen zenginleştirme ortamı olan Modifiye Edilmiş Johnson (MJ) ortamı kullanılmıştır (Johnson ve diğ., 1968). Modifiye Edilmiş Johnson ortamında kullanılan makro ve mikronutrientler ile vitaminler konsantrasyonları Tablo 1 - 3'te verilmiştir.

İlk önce 10 ml algli örnekten 1 ml alınarak 9 ml MJ ortamına ilave edilmiştir. Daha sonra 1/10 oranında sulandırılan ortamdaki 1 ml alınarak 9 ml MJ ortamı bulunan tüpe ekilmiştir. Böylece örnek 1/100 oranında sulandırılmıştır. Bu işleme örnek 1/10⁸ oranında sulandırılıncaya kadar devam edilmiştir (Şekil 13).

Aşılama işlemi yapılan steril tüpler üreme gözlemleninceye kadar 22 °C sabit sıcaklık ve 1500 lux sabit ışıkta (40 W Phillips day light) bekletilmiştir. Üreme görüldükten sonra sırasıyla 100 ve 250 ml'lik erlenlere geçilmiş ve daha sonra denemelerde kullanılmak üzere 1 L'lik cam kaplarda yetiştirilmeye başlanmıştır.



Şekil 13. İzolasyonda kullanılan sonsuz seyreltme yöntemi

Tablo 1. *Dunaliella* kültürlerinde kullanılan Modifiye Edilmiş Johnson (MJ) ortamının besleyici tuzları

MİKTAR	KİMYASAL MADDE	STOK ÇÖZELTİ	MOLAR KONSANTRASYON (FİNAL ORTAMI)
10 ml	NaNO ₃	150 g / L d H ₂ O	1,77 x 10 ⁻⁵ M
10 ml	KH ₂ PO ₄	150 g / L d H ₂ O	8,61 x 10 ⁻⁶ M
10 ml	KCl	20 g / L d H ₂ O	2,01 x 10 ⁻⁵ M
10 ml	CaCl ₂	150 g / L dH ₂ O	1,35 x 10 ⁻⁵ M
10 ml	NaHCO ₃	4,3 g / L dH ₂ O	1,78 x 10 ⁻⁵ M
10 ml	MgCl ₂	150 g / L dH ₂ O	1,58 x 10 ⁻⁵ M *
1 ml	MJ demir solüsyonu		-
1 ml	MJ A ₅ iz metal solüsyonu		-

940 ml otoklav edilmiş saf su eklenip, 1 litreye tamamlanır.

Tablo 2. Modifiye Edilmiş Johnson Ortamı Demir Solüsyonu

MİKTAR	KİMYASAL MADDE	STOK ÇÖZELTİ	MOLAR KONSANTRASYON (FİNAL ORTAMI)
189 mg/L	Na ₂ EDTA	-	1 x 10 ⁻⁵ M
224 mg/L	FeCl ₃	-	1 x 10 ⁻⁵ M

950 ml saf su eklenerek 1 litreye tamamlanır ve otoklav edilir.

Tablo 3. Modifiye Edilmiş Johnson Ortamında kullanılan A5 İz Metal Solüsyonu

MİKTAR	KİMYASAL MADDE	MOLAR KONSANTRASYON (FİNAL ORTAMI)**
2,860 g/l	H ₃ BO ₃	4,6 x 10 ⁻⁷ M
1,819 g/l	MnCl ₂ .4H ₂ O	9,2 x 10 ⁻⁸ M
0,222 g/l	ZnSO ₄ . 7H ₂ O	7,7 x 10 ⁻⁹ M
0,390 g/l	NaMoO ₄ .2H ₂ O	1,6 x 10 ⁻⁸ M
0,079 g/l	CuSO ₄ .5H ₂ O	3,2 x 10 ⁻⁹ M
49,400 mg/l	Co(NO ₃) ₃ .6H ₂ O	1,7 x 10 ⁻⁹ M

950 ml saf su eklenerek 1 litreye tamamlanır ve otoklav edilir.

3.5. *Dunaliella* Türlerinin Tayini

Su örneklerindeki *Dunaliella* türlerinin tayininde Masyuk (1966, 1969) adlı araştırmacının oluşturduğu tayin anahtarı ile Borowitzka ve Siva (2007)'nin *Dunaliella* türlerinin tayinini anlattığı makalelerden yararlanılmıştır.

Türlerin tayini; hücrelerin boyu, hacmi, stigma noktalarının varlığı gibi kriterler değerlendirilerek çizim tüpü kullanılarak yapıldığı gibi aşağıda belirtilen ekolojik özelliklerden de yararlanılmıştır.

D. viridis yeşil renkte olup genellikle tuzluluğun % 20'den daha fazla olduğu sularda baskındırlar. Davis (1990) *D. viridis*'in % 10 - 20 tuzlulukta tuz göllerinin başlıca plankton gruplarından biri olduğunu belirtmiştir. *D. viridis* derin su kolonunda ve sedimentin yüzeyinde bulunur. Borowitzka ve diğ. (1977) ile Brown ve Borowitzka (1979) *Dunaliella viridis*'in optimum % 5,8 ile 8,9 arasında büyüdüğünü ve % 23,2 tuzluluğa kadar yaşamını sürdürdüğünü bildirmişlerdir. Gibor (1956) hem *D. viridis* hem de *D. salina*'nın 8 – 35 °C sıcaklık aralığında yaşadığını ve optimum büyümenin 14 – 30 °C arasında gerçekleştiğini saptanmıştır. Jimenez ve Niell (1990)'in farklı tuzluluk, sıcaklık ve azot konsantrasyonlarıyla *D. viridis* üzerine yaptıkları çalışmada hücre sayılarının $3,5 - 18,5 \times 10^6$ hücre ml^{-1} arasında değişim gösterdiklerini saptamışlardır. Moulton ve Burford (1990) *D. viridis*'in yetiştiricilik çalışmalarında 1 - 3M tuz konsantrasyonları arasında hücre sayılarının istatistiksel yönden farklılık göstermediği bildirmişlerdir. Ayrıca, Gordillo ve diğ. (2001) *D. viridis* için en yüksek büyüme oranı olarak $250 \mu mol \text{ foton } m^{-2} s^{-1}$ olduğunu, yüksek ışık yoğunluğundan hücrelerin klorofil içeriklerinin de etkileneceğini bildirmiştir. *D. viridis*'in toplam karotenoid içeriğinin 0,4 – 1,5 pg hücre⁻¹ arasında değişim gösterdiği Jimenez ve Niell (1990), Ben-Amotz ve Avron (1980) ile Johnson ve diğ. (1968) tarafından saptanmıştır. Moulton ve Buford (1990) dış ortamdaki havuzlarda *D. viridis* yetiştirdikleri çalışmada en yüksek karoten miktarının $1,8 \mu g \text{ ml}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. *Dunaliella* türlerinin hacmi Hillebrand ve diğ. (1999)'e göre hesaplanmıştır.

3.6. Kùltür Koşullarını Belirlemek İçin Uygulanan Deneme Yöntemleri

Algin yeşil safhasının büyüdüğü en iyi tuzluluk ve sıcaklık konsantrasyonunu belirlemek amacıyla 1 M, 2M ve 3M tuz konsantrasyonları, 25 °C ve 28 °C sıcaklık değerleri ve 50 ile 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda laboratuvar koşullarındaki denemeler yapılmıştır.

Dış ortamda yapılan denemeler her suş için üç farklı tuzlulukta (1M, 2M ve 3M) gerçekleştirilmiş olup, günlük sıcaklık ve ışık yoğunluğunda meydana gelen değişimleri kayıt edilmiştir. Denemelere başlanmadan önce *Dunaliella* hücrelerinin farklı tuz konsantrasyonlarına adapte olması, ortamın tuzluluğunu günlük olarak 0,3 M arttırılarak veya azaltılarak sağlanmıştır.

Denemeler 1 L'lik cam şişelerde gerçekleştirilmiştir. Farklı tuz konsantrasyonları ve sıcaklıklarda yetiştirilen suşlar laboratuvar koşullarında 50 ve 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluklarında kùltür edilmiştir. Yaz döneminde ise güneş ışığına maruz bırakılarak β -karoten konsantrasyonunda meydana gelen değişimler izlenmiştir.

Denemeler süresince klorofil *a* ve *b*, toplam karotenoid, β -karoten, Abs 490 nm, spesifik büyüme hızı, ikilenme zamanı ve hücre sayıları günlük olarak ölçülmüştür.

Klorofil *a*, *b* ve toplam karotenoid % 90 aseton ile Scor-Unesco (1966)'ya göre, β -karoten miktarı ise Ben-Amotz ve Avron (1983a)'a göre tespit edilmiştir. Kùltürlerdeki canlı hücre sayısını spektrofotometrik ölçümlerden belirlemek amacıyla 490 nm dalga boyunda absorbans (Abs_{490}) değerleri de kullanılmıştır (Capasso ve diğ., 2003). Hücre sayımları 3 tekrarlı olarak Neubauer sayma kamarasında gerçekleştirilmiştir (Cirik ve Gökpınar, 1992).

Spesifik büyüme hızı (μ) ve ikilenme zamanları (d.t.) hücre sayılarındaki artışa göre logaritmik büyümenin en fazla olduğu günlerde ölçülerek, aşağıdaki formüller uygulanarak hesaplanmıştır.

$$\mu = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1} \quad \text{d.t.} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}$$

Formülde X_2 ve X_1 sırasıyla t_2 ve t_1 zamanlarındaki hücre sayılarını belirtmektedir.

3.7. İstatistiksel Analizler

Büyümeye ait hücre sayıları, toplam klorofil ve toplam karotenoide ait veriler SPSS programı deneme sürümünde bulunan Student-t ve ANOVA prosedürü kullanılarak analiz edilmiş ve yanılma olasılığı $p \leq 0,05$ olarak kabul edilmiştir. Parametrik test varsayımlarını yerine getirebilmek için bazı durumlarda log veya karekök dönüşümü yapılmıştır. Hücre sayıları ve Abs_{490} değeri arasındaki ilişkilerde Microsoft Excel'de doğrusal regresyon analizi ile yapılmıştır.

BÖLÜM 4

BULGULAR

4.1. Araştırma Alanlarının Su Kalitesi Değerleri

Plankton örneklerinin alındığı tuz gölleri ve tuzlalardan 2005 yaz mevsiminden başlayarak dört mevsim boyunca alınan su örnekleri alınıp analizleri yapılmıştır.

4.1.1. Gelibolu Tuz Gölü

Su örneklerinin alındığı 2005 yaz ile 2006 ilkbahar periyotları arasında Gelibolu tuz gölünün su derinliğinin 15 – 100 cm arasında değiştiği saptanmıştır. Gölün dip yapısı çamurludur. Göl suyu sıcaklığının 10,2 ile 28,4 °C arasında değişim gösterdiği bulunmuştur.

Tuz gölünün Saros körfezine bakan kısmından deniz suyu girişi olduğu gözlenmiştir. Bu durum gölün tuzluluğunu etkilemektedir. Yağış miktarındaki artış nedeniyle kış mevsiminde tuzluluk ‰ 17,33 olarak saptanmıştır. En yüksek tuzluluk ise sonbahar mevsiminde ‰ 53,55 olarak belirlenmiştir. Dört mevsim için yapılan su kalitesi analizleri Tablo 4’de verilmiştir.

Yapılan analizlerde toplam azot miktarının kış mevsiminde 0,61 µmol ile en yüksek değere, yaz mevsiminde ise 0,04 µmol ile en düşük değere ulaştığı tespit edilmiştir.

Toplam fosfat miktarının ise mevsimlere göre değişim göstermediği gözlenmiştir. Kış mevsiminde 0,02 µmol olarak ölçülen fosfat, yaz, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde 0,01 µmol olarak belirlenmiştir.

TDS (toplam çözünmüş anyon ve katyon) en yüksek 50,23 g L⁻¹ ile tuzluluğun en yüksek olduğu sonbahar mevsiminde, en düşük ise 18,39 g L⁻¹ olarak kış mevsiminde tespit edilmiştir.

Tablo 4. Gelibolu Tuz gölünün su kalitesinde meydana gelen değişimleri

	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	TN (µmol)	TP (µmol)	TDS (g L ⁻¹)
Yaz - 05	28,4	46,71	0,04	0,01	44,59
Sonbahar - 05	16,4	53,55	0,49	0,01	50,23
Kış - 06	10,2	17,33	0,61	0,02	18,39
İlkbahar - 06	15,6	43,92	0,49	0,01	40,89

4.1.2. Dalyan Tuz Gölü

Eski bir antik kentin limanı olan Dalyan tuz gölünün derinliğinin örnekleme periyodu boyunca 20 – 100 cm arasında değişim gösterdiği ve gölün dip yapısının çamurlu olduğu saptanmıştır. Tablo 5’de gölün su kalitesinde mevsimlere göre meydana gelen değişimler belirtilmiştir. Yapılan ölçümlerde en yüksek su sıcaklığı yaz mevsiminde 31,12 °C olarak belirlenirken, en düşük su sıcaklığı kış mevsiminde 8,40 °C olarak ölçülmüştür.

Göle su girişinin sadece yağmur suyu ile olduğu gözlenmiştir. Gölün tuzluluğu en yüksek sonbahar mevsiminde ‰ 161,03 olarak ölçülürken, en düşük tuzluluk kış mevsiminde ‰ 124,52 olarak saptanmıştır.

Dalyan Tuz gölünde toplam azot 1,34 µmol ile en yüksek yaz mevsiminde ölçülürken, 0,49 µmol ile en düşük kış mevsiminde saptanmıştır. Toplam azot miktarında meydana gelen değişimler Tablo 5’te gösterilmiştir.

Su kalitesi analizleri sonucunda, göl suyundaki fosfat konsantrasyonlu yaz mevsiminde 0,03 µmol, sonbahar mevsiminde 0,06 µmol, kış mevsiminde 0,09 µmol ve ilkbahar mevsiminde 0,05 µmol olarak belirlenmiştir.

Mevsimlere göre TDS miktarları incelendiğinde en yüksek TDS değeri sonbahar mevsiminde 146,1 g L⁻¹, en düşük miktar ise 100,8 g L⁻¹ olarak kış mevsiminde ölçülmüştür.

Tablo 5. Dalayan Tuz gölünün su kalitesinde meydana gelen değişimleri

	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	TN (µmol)	TP (µmol)	TDS (g L ⁻¹)
Yaz - 05	31,12	161,03	1,34	0,03	122,3
Sonbahar - 05	15,2	205,95	0,86	0,06	146,1
Kış - 06	8,4	124,52	0,49	0,09	100,8
İlkbahar - 06	14,2	128,03	1,27	0,05	102,8

4.1.3. Gökçeada Tuz Gölü

Gökçeada'nın güney doğusunda yer alan tuz gölünün derinliğinin 50 – 150 cm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş ve gölün dip yapısının çamurlu olduğu gözlenmiştir. Örnekleme periyodu süresince suyu sıcaklığı 29,2 °C ile 7,6 °C arasında değişmiştir.

Gökçeada tuz gölüne özellikle kış aylarında denizden su girişi olduğu saptanmış olup, gölde tuzluluk en yüksek sonbahar mevsiminde ‰ 206,61 olarak ölçülürken, en düşük kış mevsiminde ‰ 49,55 olarak belirlenmiştir (Tablo 6).

Göl suyunun toplam azot miktarı en yüksek sonbahar ayında 4,22 µmol olarak ölçülürken, en düşük 0,60 µmol olarak yaz mevsiminde alınan örneklerde saptanmıştır.

Yapılan su kalitesi analizleri sonucunda göldeki toplam fosfat miktarı 0,16 µmol ile kış mevsimde en yüksek değerde bulunurken, en düşük fosfat konsantrasyonu 0,04 µmol ile sonbahar mevsiminden elde edilmiştir.

TDS en yüksek 146,6 g L⁻¹ ile sonbahar mevsiminde, en düşük ise 20,56 g L⁻¹ ile kış mevsiminde tespit edilmiştir.

Tablo 6. Gökçeada tuz gölünün su kalitesinde meydana gelen değişimleri

	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	TN (µmol)	TP (µmol)	TDS (g L ⁻¹)
Yaz - 05	29,2	197,86	0,60	0,05	144,2
Sonbahar - 05	14,2	206,61	0,78	0,04	146,6
Kış - 06	7,6	49,55	4,22	0,16	20,56
İlkbahar - 06	13,4	51,29	3,56	0,05	48,37

4.1.4. Çamaltı Tuz Üretim Tesisi

Örnekleme periyodu boyunca buharlaştırma havuzlarından su örnekleri alınmıştır. Su sıcaklığı en yüksek 27,2 °C ile yaz mevsiminde saptanırken, en düşük 12,2 °C ile kış mevsiminde ölçülmüştür (Tablo 7).

Kış aylarında buharlaştırma havuzlarına deniz suyu girişi olması nedeniyle tuzluluğun ‰ 32,17 ye düştüğü saptanmıştır. Yaz aylarında tuz üretiminin artmasıyla tuzluluğun ‰ 238,41'e kadar yükseldiği gözlemlenmiştir. Havuzlardaki ortalama tuzluluk ‰ 135,51 olarak hesaplanmıştır.

Toplam azot miktarı en yüksek 3,08 µmol ile kış mevsiminde, en düşük 0,08 µmol ile yaz mevsiminde bulunmuştur.

Buharlaştırma havuzlarındaki toplam fosfat miktarı mevsimlere göre değişim göstermiştir. Kış aylarında 0,08 µmol ile en yüksek değerine ulaşırken, yaz aylarında 0,01 µmol'e düştüğü bulunmuştur.

Çamaltı tuzlasından alınan su örnekleri incelendiğinde, TDS miktarı 147,1 g L⁻¹ ile en yüksek sonbahar mevsiminde bulunurken, en düşük 32,13 g L⁻¹ ile kış mevsiminde ölçülmüştür.

Tablo 7. Çamaltı tuzlasının su kalitesinde meydana gelen değişimleri

	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	TN (µmol)	TP (µmol)	TDS (g L ⁻¹)
Yaz - 05	27,2	196,93	0,08	0,01	141,6
Sonbahar - 05	15,8	238,41	0,67	0,05	147,1
Kış - 06	12,2	32,17	3,08	0,08	32,13
İlkbahar - 06	16,6	55,54	0,44	0,02	51,81

4.1.5. Ayvalık Tuz Üretim Tesisi

Buharlaştırma havuzlarından mevsimsel olarak alınan örneklerde en yüksek su sıcaklığı yaz mevsiminde 28,3 °C olarak ölçülürken, en düşük su sıcaklığı 13,4 °C ile kış mevsiminde belirlenmiştir.

Kış ve ilkbahar mevsimlerinde buharlaştırma havuzlarına deniz suyu girişi olmaktadır. Yaz aylarında tuzluluk ‰ 199,01'e kadar yükselirken, kış aylarında ‰ 81,48'e düştüğü gözlenmiştir.

Toplam azot miktarında mevsimlere göre değişimler olduğu su kalitesi analizlerinde saptanmıştır. Bu analizlere göre, toplama azot 1,23 µmol ile en yüksek kış mevsiminde ölçülürken, en düşük 0,28 µmol ile yaz mevsiminde saptanmıştır.

Yapılan analizlerde buharlaştırma havuzlarındaki toplam fosfat miktarının oldukça az olduğu görülmüştür. Fosfat kış ayında 0,11 µmol olarak ölçülürken yaz ve ilkbahar aylarında 0,01 µmol olarak saptanmıştır.

Ayvalık tuzlasının TDS miktarının mevsimlere göre 71,66 ile 159,7 g L⁻¹ arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Ayvalık tuzlasının su kalitesi verileri Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Ayvalık tuzlasının su kalitesinde meydana gelen değişimleri

	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	TN (µmol)	TP (µmol)	TDS (g L ⁻¹)
Yaz-05	28,3	199,01	0,28	0,01	159,7
Sonbahar-05	18,4	97,16	0,41	0,04	82,78
Kış-06	13,4	81,48	1,23	0,11	71,66
İlkbahar-06	15,6	193,24	0,50	0,01	142,7

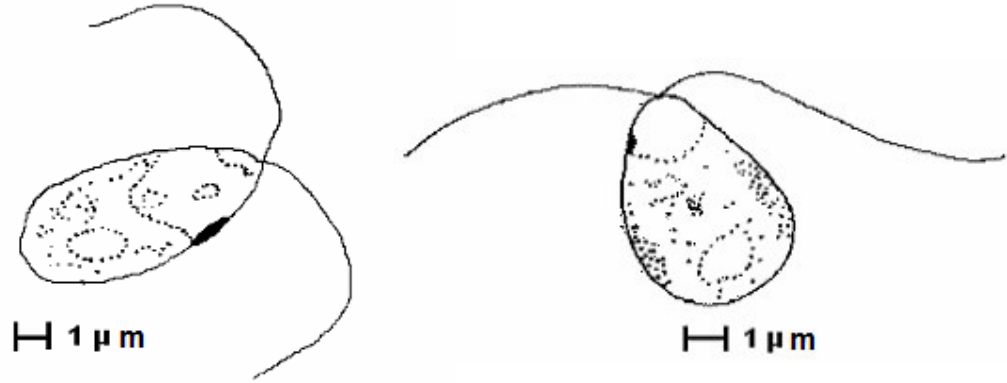
4.2. İzole Edilen Türlerin Özellikleri

Çanakkale ili Gelibolu, Gökçeada ve Dalyan tuz göllerinden, Balıkesir ili Ayvalık TEKEL tuz üretim tesisi ile İzmir ili Çamaltı TEKEL tuz üretim tesislerinden örnekleme yapılarak görülen *Dunaliella* türleri ışık mikroskopuyla incelenerek, Masyuk (1966, 1969) adlı araştırmacının oluşturduğu tayin anahtarı ile Borowitzka ve Siva (2007)'nin *Dunaliella* türlerinin tayinini anlattığı makalelere göre tayinleri yapılmıştır.

4.2.1. *Dunaliella viridis* Gelibolu Suşu

Gelibolu tuz gölünden izole edilen *Dunaliella* suşu ışığa karşı pozitif fototaksi özellik gösterdiği saptanmıştır. Tüm deneme grupları için hücre uzunlukları 6,2 – 12,5 µm arasında değişim göstermiş ve ortalama hücre uzunlukları $8,5 \pm 1,2$ µm olarak ölçülmüştür. Hücre genişliklerinin 3,65 – 10,1 µm arasında değişerek ortalama hücre genişliği $5,5 \pm 1,4$ µm olarak hesaplanmıştır. Tüm deneme gruplarının ortalama hacimleri ise $165,9 \pm 25,01$ µm³ olarak bulunmuştur. Genel hücre yapısı elipsoid olup yaşam döngülerinde kamçılı safhanın baskın olduğu saptanmıştır.

Bu materyalin bütün biyolojik ve ekolojik özellikleri dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucu, Gelibolu Tuz gölünden izole edilen *Dunaliella* türünün, *Dunaliella viridis* olduğu sonucuna ulaşılmıştır. *D. viridis* Gelibolu suşuna ait çizim tüpüyle 40x büyütmede yapılmış orijinal çizimleri Şekil 14’de verilmiştir.



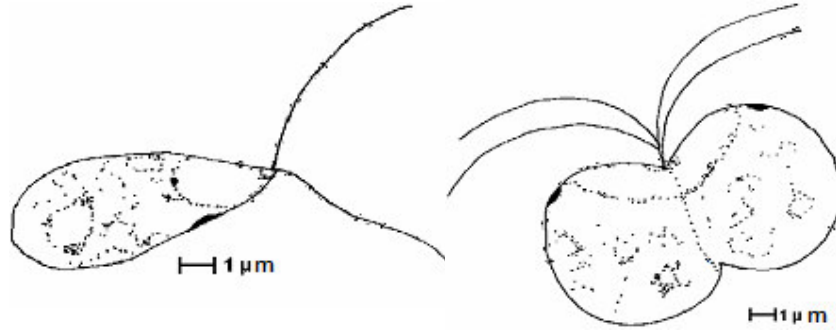
Şekil 14. Gelibolu Tuz gölünden izole edilen *D. viridis*'in genel görünümü (orijinal).

4.2.2. *Dunaliella viridis* Dalyan Suşu

Dalyan tuz gölünden izole edilen *Dunaliella* suşlarının elipsoid yapıda oldukları saptanmıştır. Tüm deneme gruplarında hücrelerin boyları 6,4 – 15,1 µm arasında değişmiştir. Ortalama hücre boyları $9,30 \pm 2,4$ µm olarak hesaplanmıştır. Hücre genişlikleri 3,3 – 12,0 µm arasında bulunmuştur. Ortalama hücre genişlikleri $6,01 \pm 2,1$ µm olarak ölçülmüştür. Hücre hacimleri tuz konsantrasyonlarına göre

farklılık göstermiş olsa da ortalama hücre hacimleri $179 \pm 32,43 \mu\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. *D. viridis*'in hücre hacminin $200 \mu\text{m}^3$ den fazla olmadığını Borowitzka ve Siva (2007) hazırladıkları tayin anahtarında belirtmişlerdir. Yaşam döngülerinde kamçılı safhanın baskın olduğu gözlenmiştir.

Dalyan tuz gölünden izole edilen suşta yukarıdaki özellikleri nedeniyle *Dunaliella viridis* olarak belirlenmiştir. Şekil 15'de *D. viridis* Dalyan suşuna ait çizim tüpüyle 40x büyütmede yapılan orijinal çizimler görülmektedir.

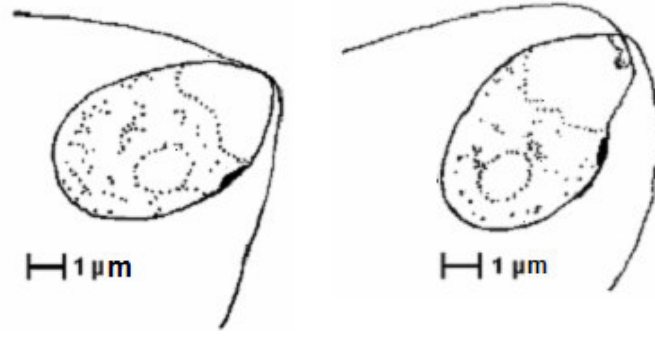


Şekil 15. Dalyan gölünden izole edilen *D. viridis*'in genel görünümü (orijinal).

4.2.3. *Dunaliella viridis* Gökçeada Suşu

Gökçeada tuz gölünde izole edilen *Dunaliella* sp. ışığa karşı pozitif fototaksi özelliği göstermiştir. *Dunaliella* hücrelerinin radyal simetrik yapıda olduğu mikroskop incelemelerinde saptanmıştır. Tüm tuzluluk, sıcaklık ve ışık yoğunluklarında hücre boyları $6,5 - 12,9 \mu\text{m}$ arasında değişmiş olup, ortalama hücre boyu $9,35 \pm 2,4 \mu\text{m}$ olarak hesaplanmıştır. Hücrelerin genişlikleri ise $3,2 - 10,98 \pm 3,8 \mu\text{m}$ arasında ölçülmüştür. Ortalama hücre genişliği $6,1 \mu\text{m}$ bulunmuştur. Tüm deneme gruplarının ortalama hacimleri ise $146,44 \pm 34,55 \mu\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Yaşam döngülerinde kamçılı safhanın baskın olduğu gözlemlenmiştir.

Gökçeada Tuz gölünden izole edilen türde diğerlerinde olduğu gibi *Dunaliella viridis* olarak tayin edilmiştir. Gökçeada suşuna ait çizim tüpüyle 40x büyütmede yapılan orijinal çizimler Şekil 16'de verilmiştir.

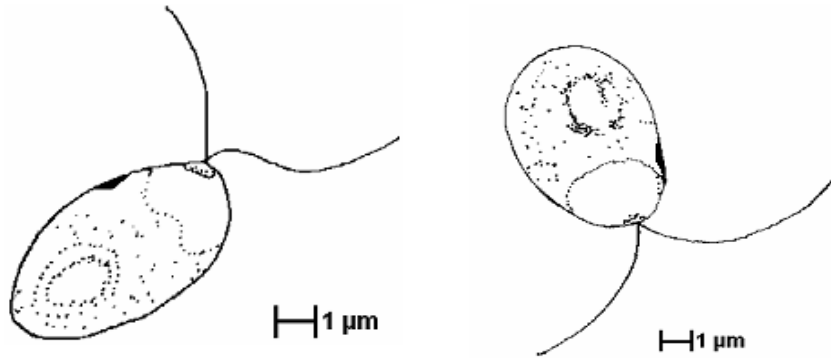


Şekil 16. Gökçeada Tuz gölünden izole edilen *D. viridis*'in genel görünümüleri (orijinal).

4.2.4. *Dunaliella viridis* Çamaltı Suşu

Çamaltı tuzlasından izole edilen *Dunaliella* suşunun elipsoid ve radyal görünümde olduğu ve hücrelerin ışığa karşı pozitif fototaksi özellik gösterdikleri gözlenmiştir. Tüm deneme gruplarında hücre boylarının 7,16 - 16,0 µm arasında değiştiği ve ortalama hücre boyunun $9,6 \pm 3,41$ µm olduğu hesaplanmıştır. Hücre genişlikleri 3,64 - 9,57 µm arasında değişmiş olup, ortalama hücre genişlikleri $6,0 \pm 2,31$ µm olarak saptanmıştır. Hücre duvarlarının olmaması nedeniyle farklı tuzluluk konsantrasyonlarında hacimleri değişmektedir. Hücrelerin ortalama hacimleri $203,48 \pm 36,78$ µm³ olarak hesaplanmıştır.

Çamaltı tuzlasından izole edilen tür diğer tuz göllerinden izole edilen türler ile benzerlik göstermesi nedeniyle *Dunaliella viridis* olarak tayin edilmiştir. Çamaltı suşunun çizim tüpüyle 40x büyütmede yapılan orijinal çizimleri Şekil 17'de gösterilmiştir.

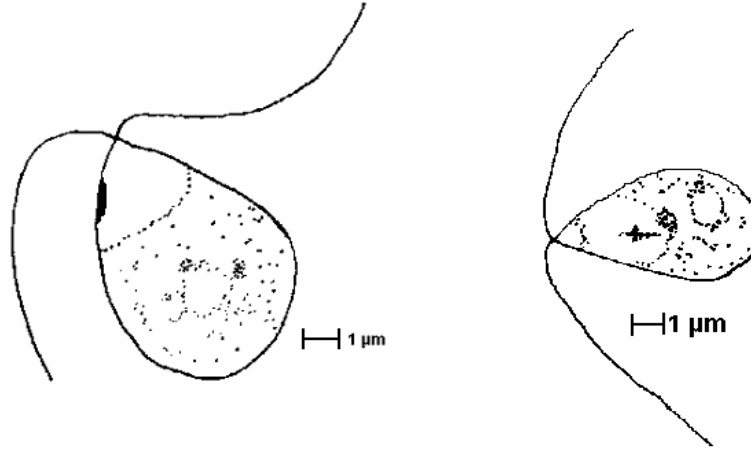


Şekil 17. Çamaltı tuzlasından izole edilen *D. viridis*'in genel görünümüleri (orijinal).

4.2.5. *Dunaliella viridis* Ayvalık Suşu

Ayvalık tuzlasından izole edilen *Dunaliella* suşunun elipsoid görünümlü olduğu gözlemlenmiştir. Hücreler ışığa karşı pozitif fototaksi özelliği göstermektedir. Tüm deneme gruplarında, hücrelerin boyları 4,11 - 10,15 μm arasında değişmiş olup, ortalama hücre uzunlukları $9,50 \pm 3,55 \mu\text{m}$ olarak tespit edilmiştir. Hücrelerin genişlikleri 6,69 - 13,75 μm arasında değişim göstermiş ve ortalama hücre genişlikleri $5,60 \pm 3,61 \mu\text{m}$ olarak hesaplanmıştır. Farklı tuz konsantrasyonlarında farklı hücre hacimlerine sahip olan hücrelerin ortalama hacimleri $164,01 \pm 33,78 \mu\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

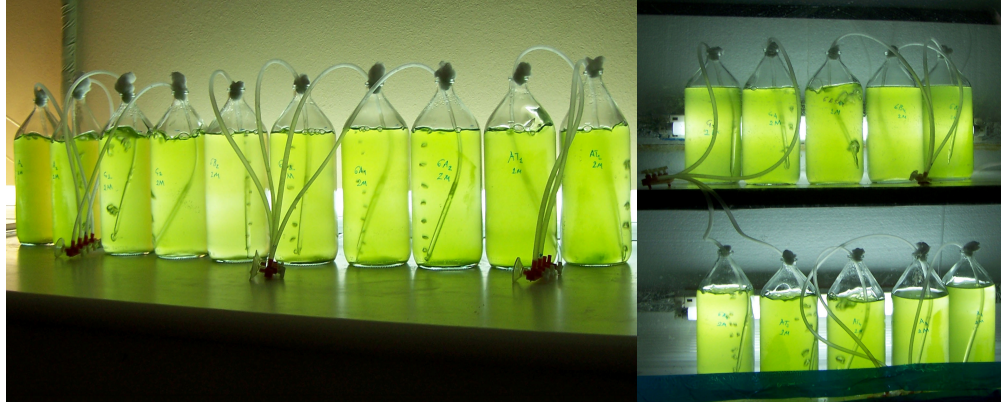
Hücre hacimlerinin $200 \mu\text{m}^3$ 'den küçük olması ve stigmalarının belirgin olması nedeniyle Ayvalık tuzlasından izole edilen tür *Dunaliella viridis* olarak belirlenmiştir. Şekil 18'de Ayvalık suşuna ait çizim tüpüyle 40x büyütmede yapılan orijinal çizimleri görülmektedir.



Şekil 18. Ayvalık tuzlasından izole edilen *D. viridis*'in genel görünümleri (orijinal).

4.3. Alglerin Laboratuvar Koşullarında Üretimi

Beş farklı *Dunaliella* suşunun laboratuvar şartlarında büyümesini incelemek amacıyla iki farklı ışık (50 ve $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$), iki farklı sıcaklık (25°C ve 28°C) ve üç farklı tuzluluk (1M, 2M ve 3M) konsantrasyonu uygulanmış olup deneme düzeneği Şekil 19'da gösterilmiştir.



Şekil 19. Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen deneme düzeneği (orijinal).

4.3.1. *Dunaliella viridis* Gelibolu Suşu

4.3.1.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları

İki farklı ışık şiddeti, iki farklı sıcaklık ve üç farklı tuzluluğun uygulandığı Gelibolu *D. viridis* suşunda üssel büyüme safhasının 8 gün sürdüğü belirlenmiştir. Deneme grupları arasında en yüksek spesifik büyüme hızı $0,59$ bölünme gün^{-1} ve $1,18$ gün ikilenme zamanı olarak $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen deneme grubundan elde edilmiştir. En düşük büyüme hızı ise $0,20$ bölünme gün^{-1} ve $3,42$ gün ikilenme zamanı ile $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 1M tuzluluktaki deneme grubunda saptanmıştır. Gelibolu suşunun deneme gruplarına ait en yüksek spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları Tablo 9'da gösterilmiştir.

4.3.1.2. Hücre Sayıları

Deneme grupları arasında en yüksek hücre sayısına $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 3M tuzluluktaki kültürlerde ($8,91 \times 10^6$ hücre ml^{-1}) ulaşılmıştır. En düşük hücre yoğunluğu ise $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 3M tuzluluktaki kültürlerde $5,08 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak elde edilmiştir. En yüksek hücre hacimleri tüm deneme gruplarında 3M tuzluluktaki kültürlerde

gözlemlenmiştir. Hücre sayıları ve hacimlerdeki değişimler Tablo 10’da görülmektedir.

Yapılan Student-t testleri ve varyans analizlerine göre farklı ışık şiddeti, sıcaklık ve tuz konsantrasyonlarındaki kültürlerin hücre sayılarının istatistiksel yönden önemli farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

Tablo 9. Gelibolu Tuz Gölü *D. viridis* suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Işık ($\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün^{-1})	İkilenme zamanı (gün)
50	25	1M	0,24	2,85
		2M	0,59	1,18
		3M	0,44	1,56
	28	1M	0,31	2,24
		2M	0,42	1,64
		3M	0,21	3,33
75	25	1M	0,36	1,95
		2M	0,39	1,77
		3M	0,45	1,53
	28	1M	0,20	3,42
		2M	0,36	1,91
		3M	0,56	1,24

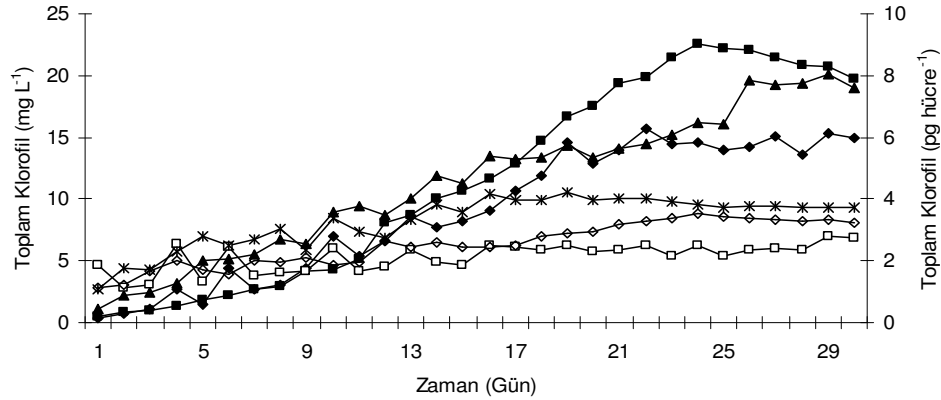
4.3.1.3. Klorofil İçerikleri

Farklı tuzluluk, ışık ve sıcaklığın uygulandığı Gelibolu suşunda en yüksek klorofil içeriği $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25°C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kesikli kültürlerde $22,84 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı $2,84 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 ve 28°C sıcaklığın uygulandığı 2M tuzluluktaki kültürlerde belirlenmiştir. Deneme grupları arasında en düşük klorofil içeriği $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25°C sıcaklık ve 1M tuzluluktaki kültürlerde $8,14 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunurken, hücre başına düşen en düşük klorofil miktarı, aynı kültürde $1,22 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Gelibolu suşunun toplam klorofil miktarlarında meydana gelen değişimler Şekil 20 – 23’te gösterilmiştir.

Tablo 10. Gelibolu suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

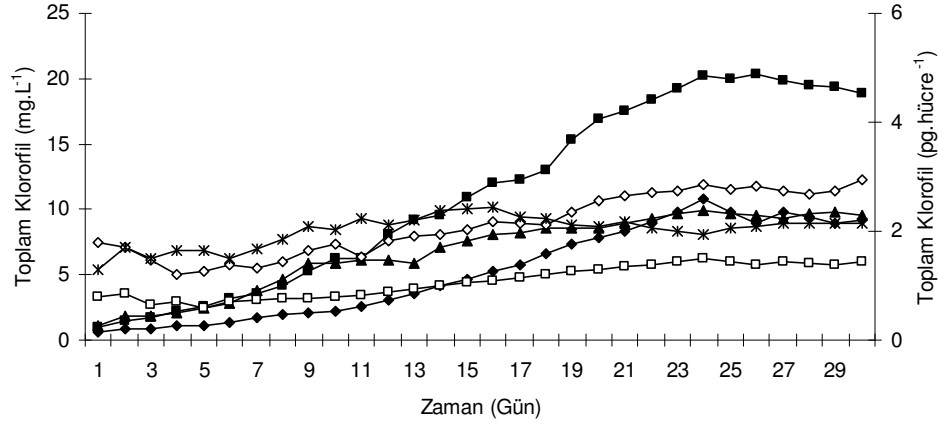
Işık ($\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
50	25	1M	6,45	29. gün	72,392
		2M	7,56	26. gün	103,11
		3M	5,30	24. gün	130,83
	28	1M	7,15	24. gün	83,44
		2M	7,29	28. gün	112,33
		3M	5,08	24. gün	154,67
75	25	1M	6,65	24. gün	68,94
		2M	6,79	19. gün	83,72
		3M	8,91	26. gün	115,26
	28	1M	4,00	27. gün	93,28
		2M	6,75	25. gün	112,75
		3M	6,16	27. gün	141,75

50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve üç farklı tuzlulukta yapılan denemede en yüksek klorofil değeri 1M tuzluluktaki kültürler için 11,43 mg L^{-1} , 2M tuzluluktaki kültürler için 22,84 mg L^{-1} ve 3M tuzluluktaki kültürler için 13,21 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir. Hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarları sırasıyla 1,6, 2,84 ve 2,53 pg hücre^{-1} olarak saptanmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

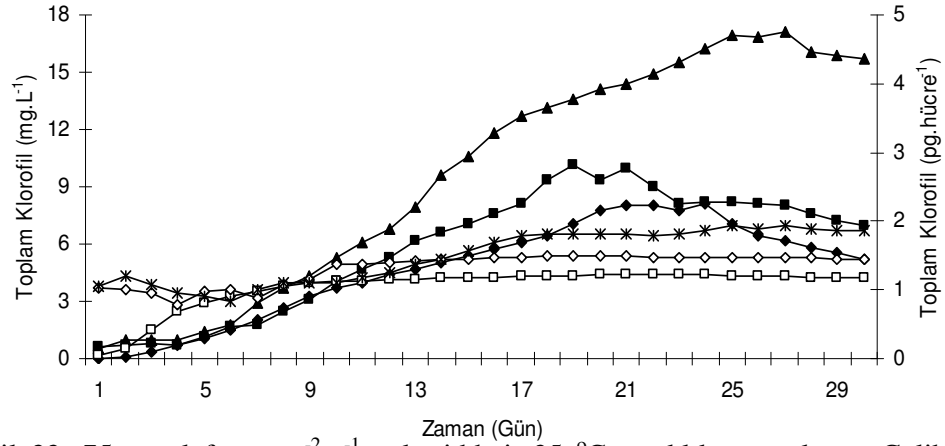
Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklık uygulanan denemelerde en yüksek klorofil değerleri 2,34 mg L⁻¹ ve 2,84 pg hücre⁻¹ olarak 2M tuzluluktaki kesikli kültürlerden elde edilmiştir. En düşük klorofil miktarı 9,92 mg L⁻¹ olarak 3M tuzlulukta ve hücre başına düşen en düşük klorofil değeri 1M tuzlulukta 1,50 pg hücre⁻¹ olarak gözlemlenmiştir (Şekil 21).



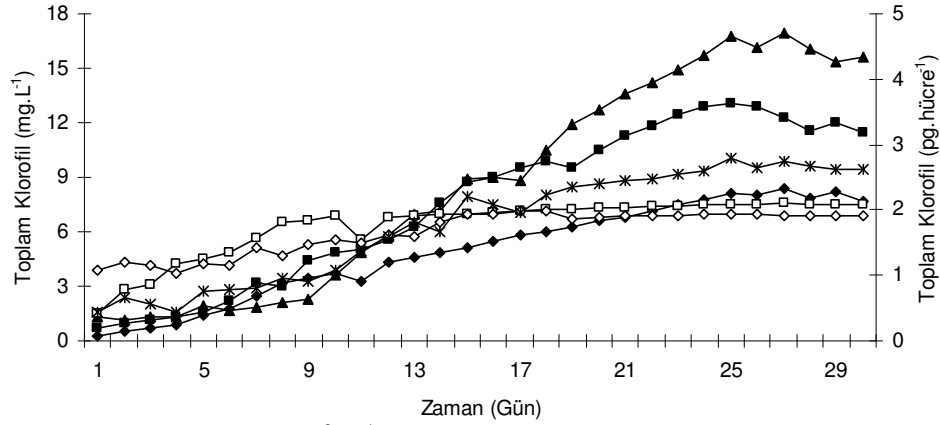
Şekil 21. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ve 25°C µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen denemelerde en yüksek klorofil içeriği 3M tuzluluktaki kültürlerde 17,08 mg L⁻¹ ve 1,93 pg hücre⁻¹ olarak bulunmuştur. 1M tuzluluktaki deneme grubunun en düşük klorofil içeriğine (8,14 mg L⁻¹ ve 1,22 pg hücre⁻¹) sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 22).

Aynı ışık şiddetinde sıcaklık 28 °C'ye yükseltildiğinde tüm tuzluluk konsantrasyonlarının en yüksek klorofil miktarları 1M, 2M ve 3M tuzluluk değerleri için sırasıyla 8,40, 13,02 ve 16,93 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarları 3M tuzluluktaki kültürlerde 2,79 pg hücre⁻¹ olarak belirlenirken en düşük klorofil değeri ise 1,92 pg hücre⁻¹ olarak 2M tuzluluktaki kültürlerde saptanmıştır (Şekil 23).



Şekil 22. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).



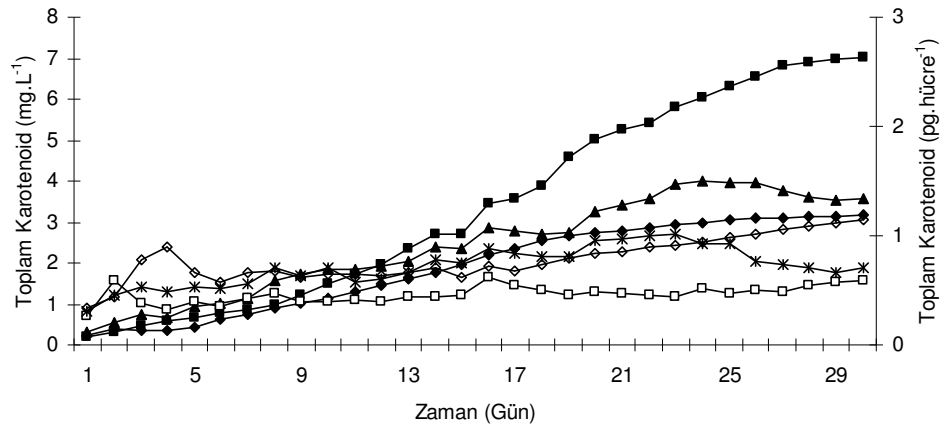
Şekil 23. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre üç farklı tuzluluktaki deneme gruplarının klorofil içerikleri önemli derecede farklılıklar göstermektedir ($p < 0,05$). Student t testlerine göre ise iki farklı sıcaklıkta yetiştirilen deneme grupları arasında istatistiksel olarak bir fark saptanamazken ($p > 0,05$) farklı ışık şiddetlerinin uygulandığı deneme grupları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar bulunduğu ($p \leq 0,05$) gözlenmiştir.

4.3.1.4. Toplam Karotenoid İçerikleri

Gelibolu suşunda en yüksek karotenoid miktarı $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25°C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kesikli kültürlerden $7,21 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunurken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı aynı kültürde $1,12 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. En düşük karotenoid miktarı $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28°C sıcaklık ve 1M tuzluluktaki kültürlerden $2,85 \text{ mg L}^{-1}$ ve $0,61 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Şekil 24 - 27).

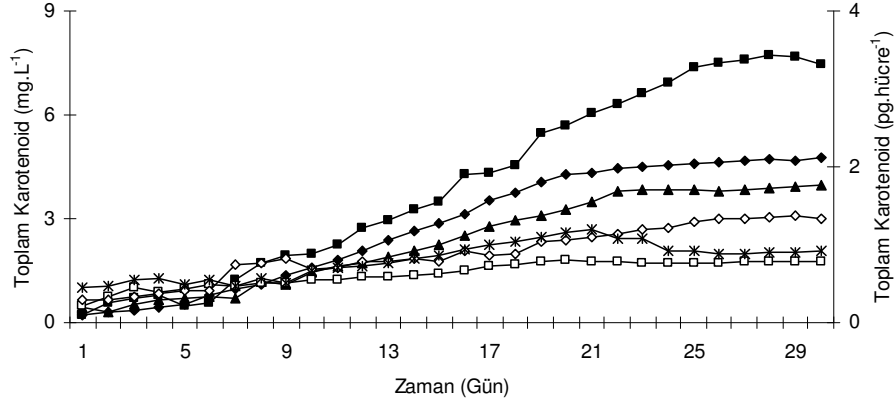
$50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 25°C 'de gerçekleştirilen denemede en yüksek karotenoid miktarı 2M tuzluluktaki kültürde $7,03 \text{ mg L}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Ancak, hücre başına düşen karotenoid miktarları incelendiğinde 2M tuzluluktaki kültür ($1,15 \text{ pg hücre}^{-1}$) ile 3M tuzluluktaki kültürün ($1,02 \text{ pg hücre}^{-1}$) birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. En düşük karotenoid konsantrasyonu 1M tuzluluktaki kültürlerde $3,18 \text{ mg L}^{-1}$ ve $0,61 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Şekil 24).



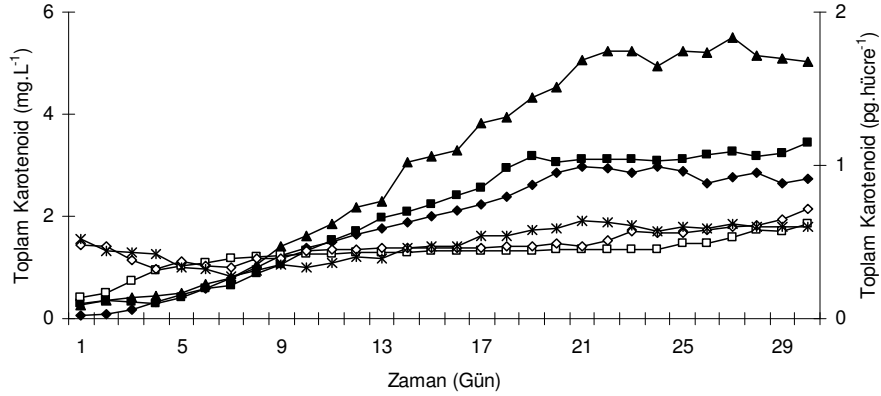
Şekil 24. $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25°C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).

Işık şiddetini değiştirmeyip sıcaklığın 28°C 'ye çıkarıldığı deneme gruplarında en yüksek karotenoid birikimi 3M tuzluluktaki kültürlerde $5,49 \text{ mg L}^{-1}$ olarak hesaplanırken, hücre başına düşen karotenoid miktarının 3M tuzluluktaki kültürlerle aynı olduğu ($0,61 \text{ pg hücre}^{-1}$) gözlemlenmiştir (Şekil 25).

75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklık uygulanan kültürlerin karotenoid içerikleri 1M, 2M ve 3M tuz konsantrasyonundaki deneme grupları için sırasıyla 5,78, 7,21 ve 3,33 mg L^{-1} olduğu bulunmuştur. Hücre başına düşen toplam karotenoid miktarları ise 0,83, 1,12 ve 0,73 pg hücre^{-1} olarak hesaplanmıştır (Şekil 26).



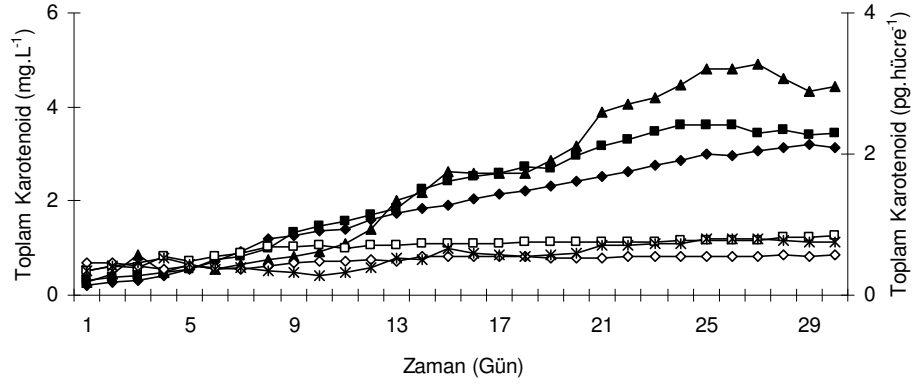
Şekil 25. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).



Şekil 26. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).

Aynı ışık şiddeti ve 28°C sıcaklıkta gerçekleştirilen denemelerde en yüksek karotenoid miktarı 3M tuzluluktaki kültürlerde 4,90 mg L^{-1} ve 0,89 pg hücre^{-1} olarak

saptanmıştır. En düşük karotenoid içeriği 1M tuzluluktaki kültürlerde $3,20 \text{ mg L}^{-1}$ ve $0,58 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 27).



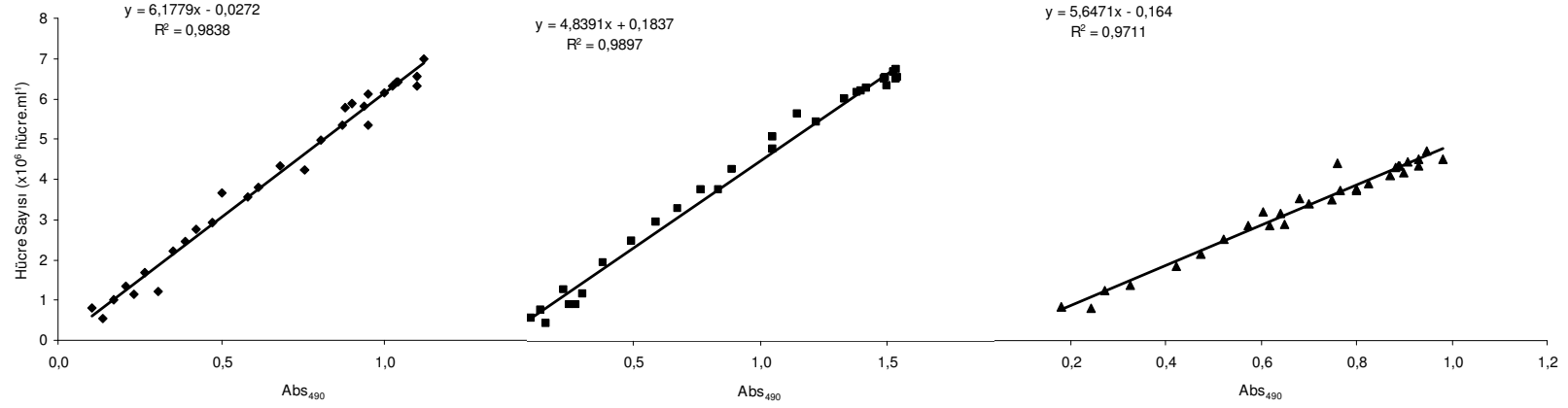
Şekil 27. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (\square), 2M (\diamond), 3M (\ast) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).

Tek yönlü varyans analizi ile üç farklı tuz konsantrasyonundaki deneme gruplarının karotenoid içerikleri incelendiğinde, deneme grupları arasında istatistiksel olarak önemli derece farklılık bulunmuştur ($p \leq 0,05$). İki farklı ışık şiddetinin kullanıldığı deneme grupları arasında yapılan Student t testlerine göre istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıkların olduğu saptanırken ($p \leq 0,05$), iki farklı sıcaklık için istatistiksel olarak farklılık olmadığı saptanmıştır ($p > 0,05$).

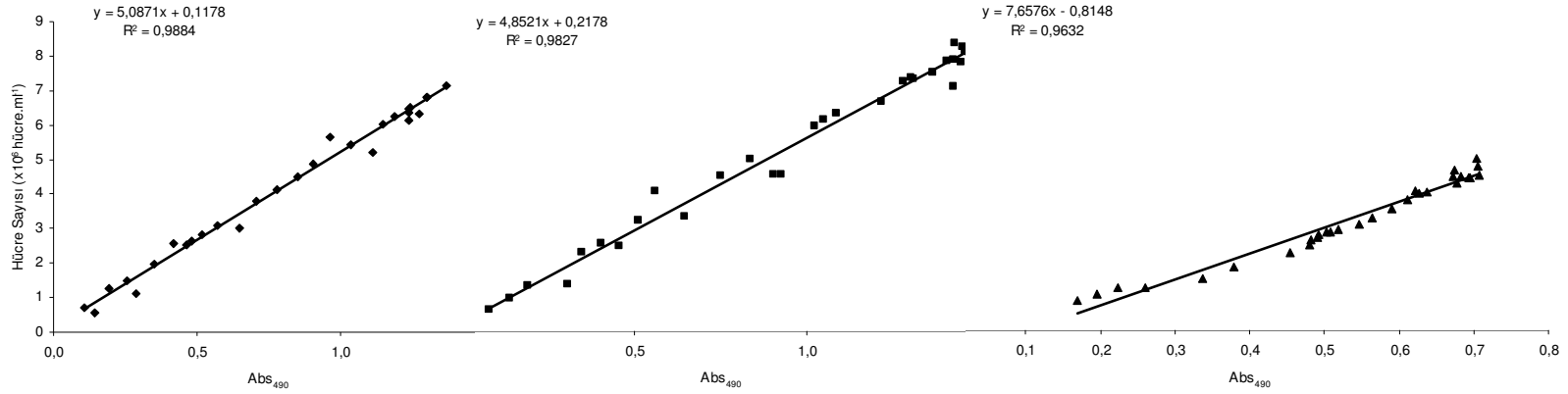
Deneme grupları arasında $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerin en iyi gelişim gösterdiği ve en yüksek karotenoid içeriğine $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerde ulaştığı tespit edilmiştir.

4.3.1.5. Hücre Sayıları ve Abs_{490} Arasındaki İlişkiler

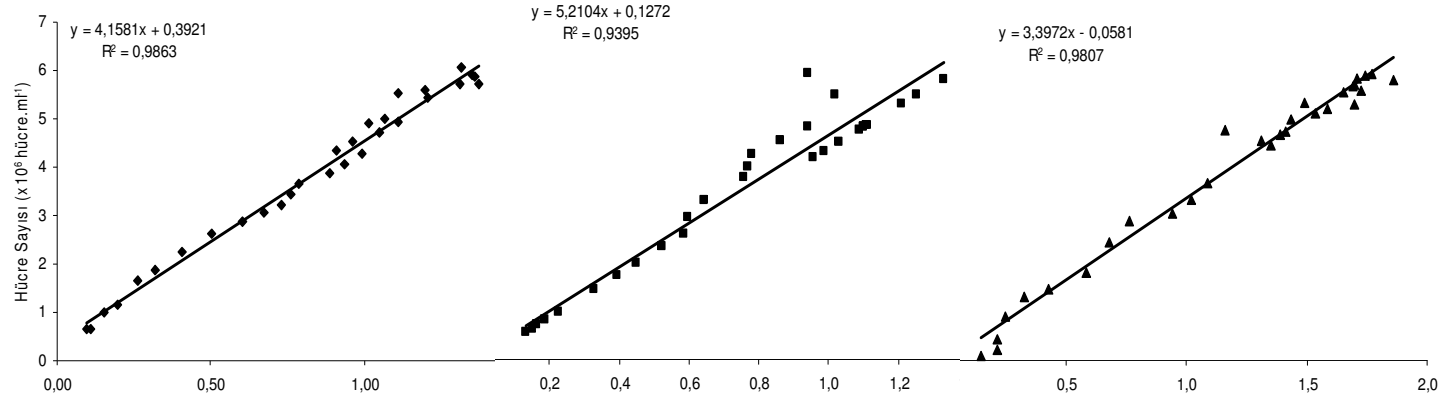
Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Buna göre spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 28 -31).



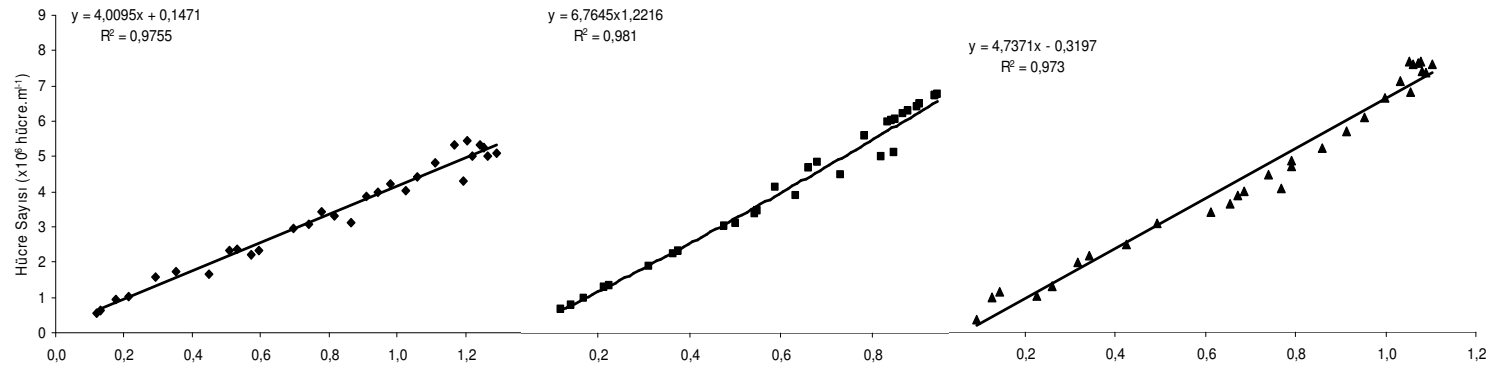
Şekil 28. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki



Şekil 29. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 30. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 31. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.3.2. *Dunaliella viridis* Dalyan Suşu

Antik bir liman olan Dalyan Tuz gölünden alınan su örneklerinden izole edilen *Dunaliella viridis*'in büyümesi üzerine farklı ışık, sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin etkisi araştırılmıştır.

4.3.2.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları

D. viridis Dalyan suşunun bütün deneme gruplarında üssel büyüme safhasının ilk 10 gün boyunca sürdüğü gözlenmiştir. Laboratuvar koşullarında yapılan kesikli kültürlerinde en yüksek spesifik büyüme hızı 25 °C sıcaklık ve 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde ve 2M tuzlulukta yetiştirilen kültürlerde 1,11 bölünme gün^{-1} olarak hesaplanırken, ikilenme hızı 0,62 gün olarak bulunmuştur. Tüm deneme grupları arasında en yüksek büyüme hızı $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde ve 2M tuzlulukta kültürlerde olduğu belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Dalyan Tuz Gölü *D. viridis* suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Işık ($\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün^{-1})	İklenme Zamanı (gün)
50	25	1M	0,55	1,26
		2M	1,11	0,62
		3M	0,47	1,48
	28	1M	0,59	1,18
		2M	1,00	0,69
		3M	0,64	1,08
75	25	1M	0,46	1,51
		2M	0,40	1,72
		3M	0,46	1,51
	28	1M	0,60	1,16
		2M	0,32	2,18
		3M	0,75	0,93

4.3.2.2. Hücre Sayıları

Bütün deneme grupları arasında en yüksek hücre yoğunluğu $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde ve $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerde $6,38 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak hesaplanmıştır. En düşük hücre sayısı $3,88 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak aynı ışık şiddeti ve $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 1M tuzluluktaki kültürlerde saptanmıştır. Yapılan Student-t testleri ve tek yönlü varyans analizi sonucunda farklı tuzluluk, ışık ve sıcaklıktaki deneme gruplarında hücre sayıları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,05$). Tablo 12’de *Dunaliella* sp. Dalyan suşunun deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayısı ve hücre hacimleri görülmektedir. Tüm deneme grupları arasında en yüksek hücre hacmine sahip hücrelerin 3M tuzluluktaki kültürlerde olduğu belirlenirken tuzluluğun artmasıyla hücre hacimlerinde de arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 12. Dalyan suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri.

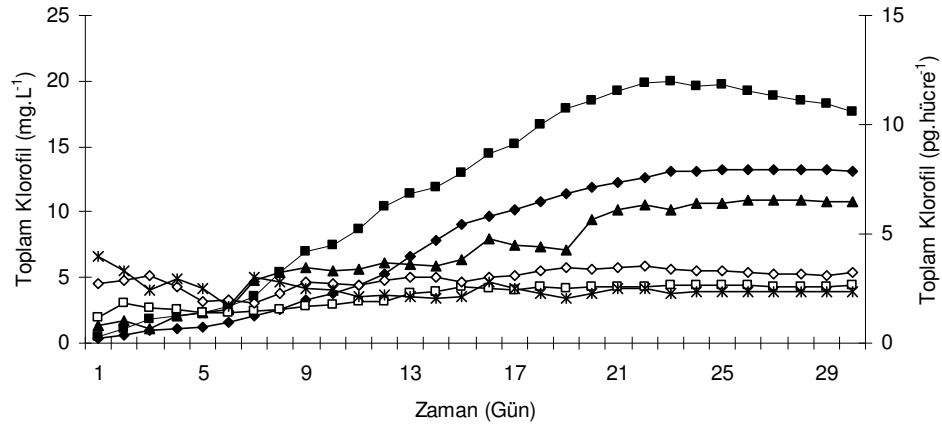
Işık ($\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
50	25	1M	5,12	28. gün	67,55
		2M	5,97	25.gün	114,13
		3M	4,66	27.gün	198,74
	28	1M	6,09	29.gün	103,80
		2M	5,71	25.gün	112,64
		3M	4,32	28.gün	192,56
75	25	1M	5,12	17.gün	127,56
		2M	6,38	18.gün	140,65
		3M	5,61	26.gün	198,25
	28	1M	3,88	18.gün	98,76
		2M	5,41	22.gün	127,14
		3M	5,81	28.gün	197,32

4.3.2.3. Klorofil İçerikleri

Deneme süresince farklı ışık, sıcaklık ve tuzluluk değerlerinde yetiştirilen Dalyan suşunda en yüksek klorofil miktarı $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen kültürde $23,33 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen en düşük klorofil miktarı aynı kültürde $4,09 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. En

düşük klorofil içeriği ise $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 1M tuzluluktaki kesikli kültürlerde $10,59 \text{ mg L}^{-1}$ ve hücre başına düşen en düşük klorofil miktarı $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerde $2,02 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Dalyan suşuna ait klorofil miktarlarını gösteren grafikler Şekil 32 ile 35 arasında gösterilmiştir.

$50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan üç farklı deneme grubunda en yüksek klorofil içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde $19,98 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken hücre başına düşen en yüksek klorofil içeriği $3,47 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır. En düşük klorofil miktarı $10,94 \text{ mg L}^{-1}$ olarak 3M tuzluluktaki kültürlerden elde edilirken hücre başına düşen en düşük klorofil içeriği $2,63 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak 1M tuzluluktaki kültürlerde gözlemlenmiştir (Şekil 32).

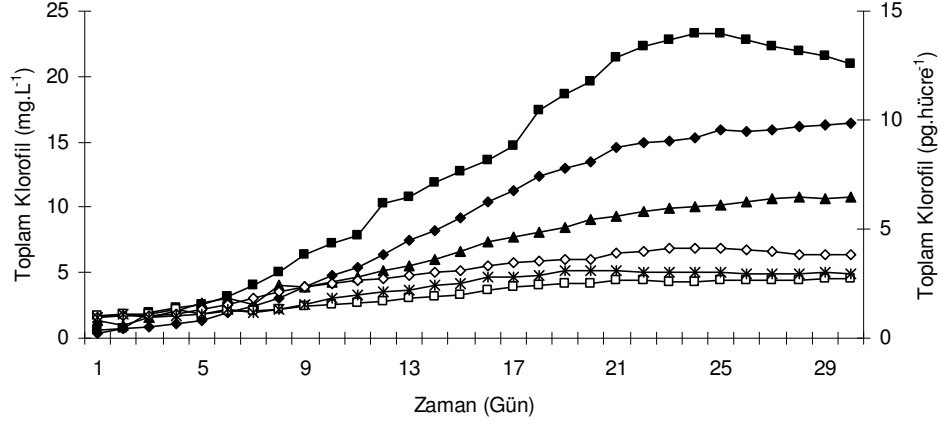


Şekil 32. $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

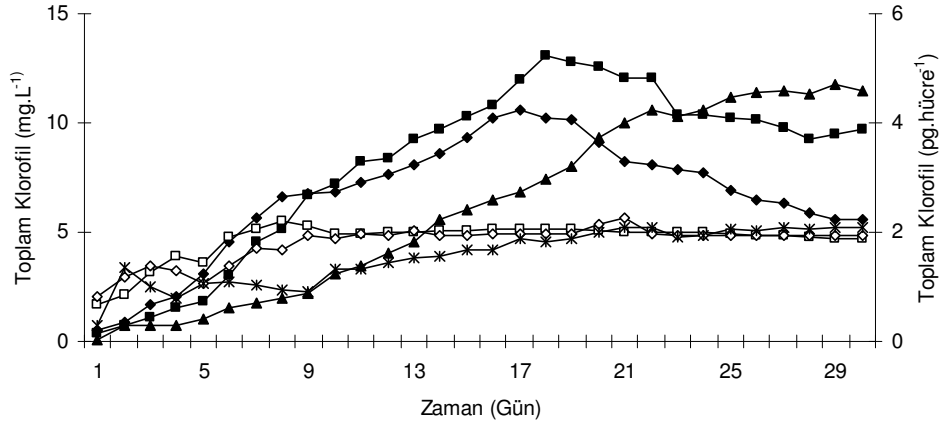
Aynı ışık şiddeti ve 28°C sıcaklığın uygulandığı deneme gruplarında en yüksek klorofil miktarları 1M , 2M ve 3M tuzluluk değerleri için sırasıyla $16,30$, $23,33$ ve $10,83 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen en yüksek klorofil içeriği ise sırasıyla $2,69$, $4,09$ ve $3,06 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 33).

$75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta yapılan denemelerde en yüksek klorofil içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde $13,0 \text{ mg L}^{-1}$, en düşük klorofil miktarı ise

10,59 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Her üç tuzluluktaki kültürlerin hücre başına düşen klorofil miktarları sırasıyla 2,07, 2,02 ve 2,09 pg hücre⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 34).



Şekil 33. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

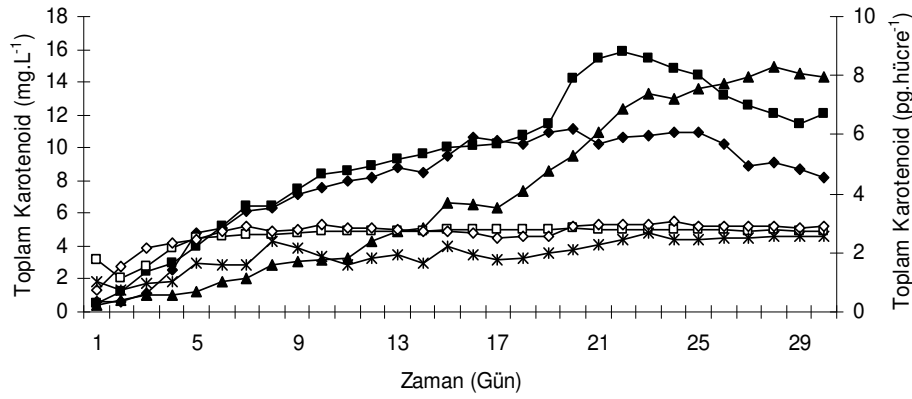


Şekil 34. 75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklıkta yetiştirilen deneme gruplarının en yüksek klorofil içerikleri sırasıyla 11,11, 15,90 ve 14,90 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür. Üç farklı

tuzlulukta yetiştirilen tüm deneme gruplarının hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarları sırasıyla 2,80, 2,92 ve 2,68 pg hücre⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 35).

Tek yönlü varyans analizi ile üç farklı tuzluluktaki yetiştirilen deneme gruplarının klorofil miktarları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, deneme grupları arasında önemli derecede farklılıklar bulunmuştur ($p \leq 0,05$). Aynı şekilde yapılan student t testlerinde iki farklı ışık şiddetinde yetiştirilen deneme grupları arasında istatistiksel olarak farklılıklar bulunurken ($p \leq 0,05$) iki farklı sıcaklığın uygulandığı kültürler arasında istatistiksel olarak farklılık saptanamamıştır ($p \geq 0,05$).

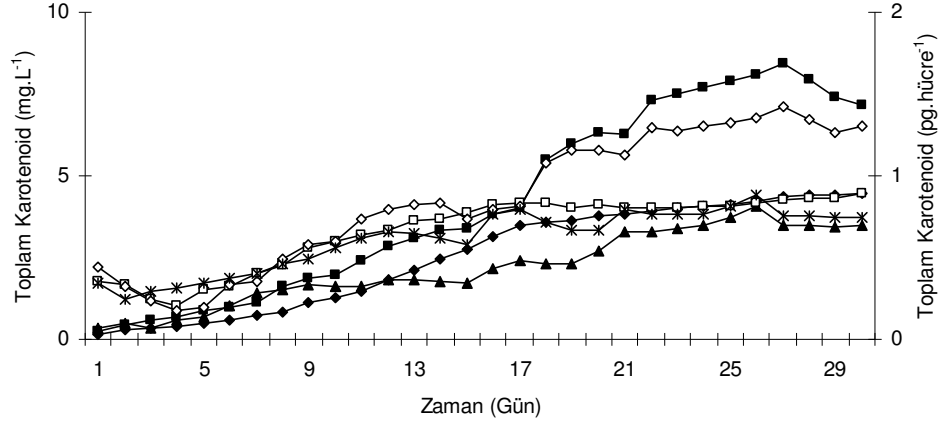


Şekil 35. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

4.3.2.4. Toplam Karotenoid İçerikleri

Dalyan suşunun tüm deneme gruplarında en yüksek karotenoid miktarı 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerde 8,42 mg L^{-1} olarak belirlenirken hücre başına düşen en yüksek karotenoid içeriği 1,47 pg hücre^{-1} olarak belirlenmiştir. Deneme grupları arasında en düşük karotenoid miktarı ise 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık ve 3M tuzluluktaki deneme grubunda 3,92 mg L^{-1} ve 0,78 pg hücre^{-1} olarak ölçülmüştür (Şekil 36 -39).

50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklıkta yapılan denemelerde, en yüksek karotenoid içeriği 8,42 mg L^{-1} ve hücre başına düşen karotenoid miktarı 1,47 pg hücre^{-1} olarak belirlenmiştir. En düşük karotenoid içeriği ise 1M ve 3M tuzluluktaki kültürlerde 4,47 ve 4,09 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür. Hücre başına düşen karotenoid miktarı 0,89 ve 0,88 pg hücre^{-1} olarak gözlemlenmiştir (Şekil 36).



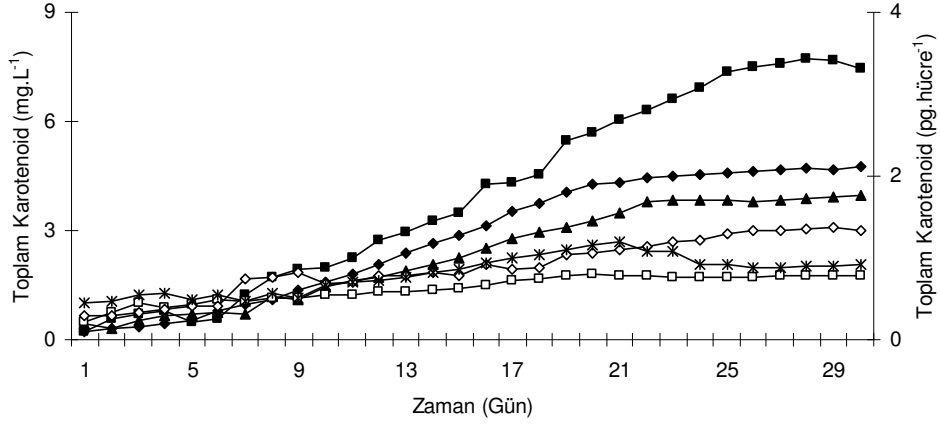
Şekil 36. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklıktaki kültürlerde en yüksek karotenoid içeriği 2M tuzluluktaki grupta 7,70 mg L^{-1} ve 1,37 pg hücre^{-1} olarak belirlenirken, en düşük karotenoid içeriği 3M tuzluluktaki kültürlerde 3,95 mg L^{-1} olarak bulunmuştur. Hücre başına düşen en düşük karotenoid içeriği 0,80 pg hücre^{-1} olarak 1M tuzluluktaki kültürlerden elde edilmiştir (Şekil 37).

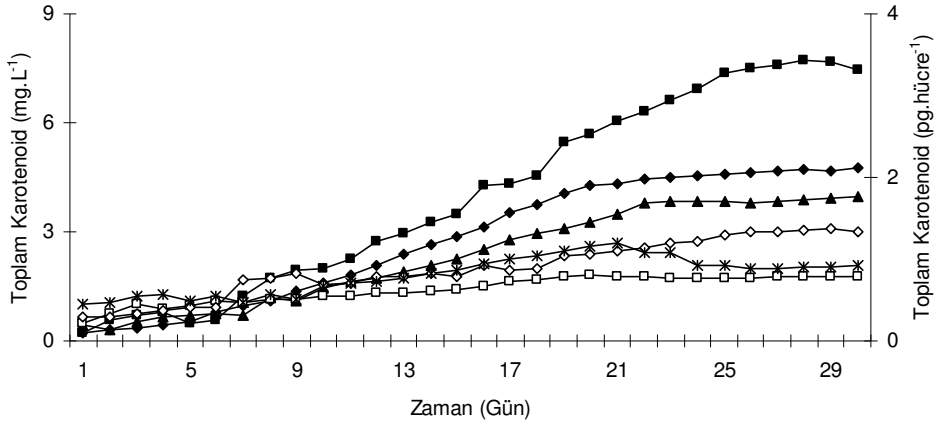
75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklıkta sürdürülen denemelerde en yüksek karotenoid içeriği 8,42 mg L^{-1} olarak 2M tuzluluktaki kültürlerden elde edilmiştir. 1M ve 3M tuzluluklardaki kültürlerin karotenoid miktarları sırasıyla 3,76 ve 3,71 mg L^{-1} olarak hesaplanmıştır (Şekil 38).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen denemelerde üç farklı tuzluluk için saptanan karotenoid miktarları sırasıyla 3,69, 4,85 ve 3,92 mg L^{-1} dir.

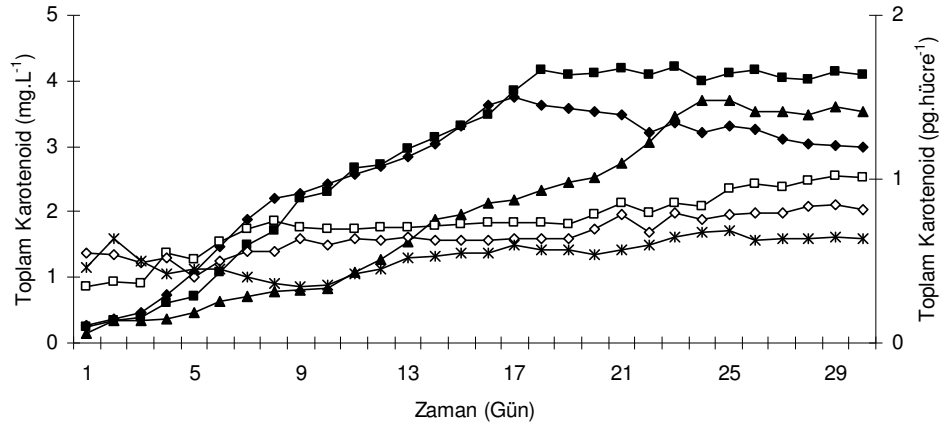
Hücre başına düşen karotenoid miktarları ise 0,93, 1,14 ve 0,70 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 39).



Şekil 37. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (●), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1})



Şekil 38. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (●), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).



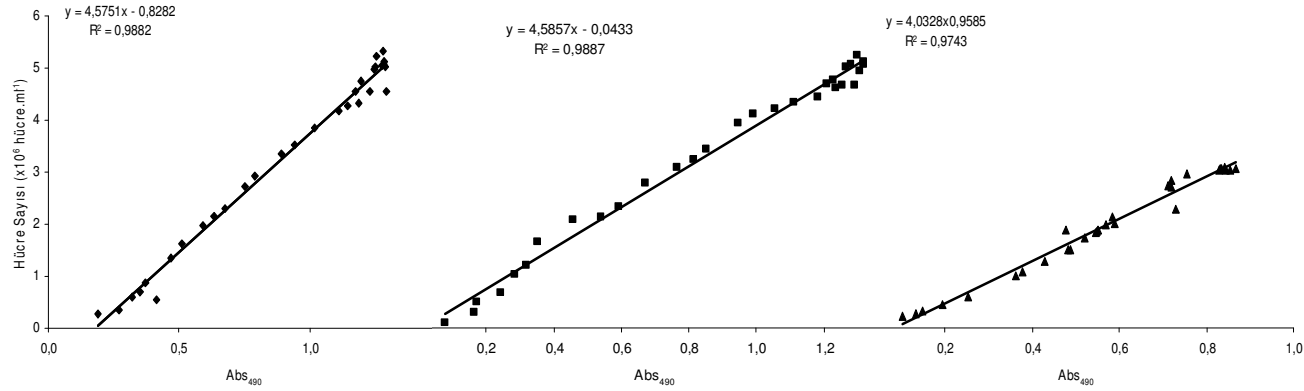
Şekil 39. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda farklı tuzluluktaki kültürlerin karotenoid içeriklerinin istatistiksel olarak önemli derecede farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$). Student t testleri sonucunda iki farklı sıcaklıkta yetiştirilen deneme grupları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmazken ($p > 0,05$) iki farklı ışık şiddetinde yetiştirilen deneme grupları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

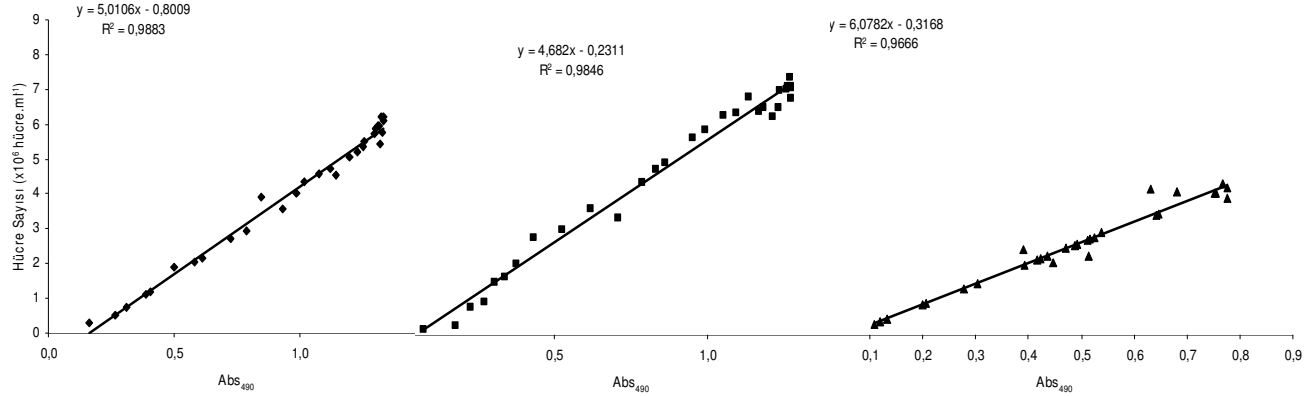
Dalyan suşuna ait tüm deneme grupları arasında 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzluluk uygulanan kültürlerde en iyi gelişimin olduğu belirlenirken, yüksek karotenoid birikiminin 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzluluk uygulanan kültürlerde 8,42 mg L^{-1} ve 1,47 pg hücre^{-1} olduğu bulunmuştur.

4.3.2.5. Hücre Sayıları ve Abs_{490} Arasındaki İlişki

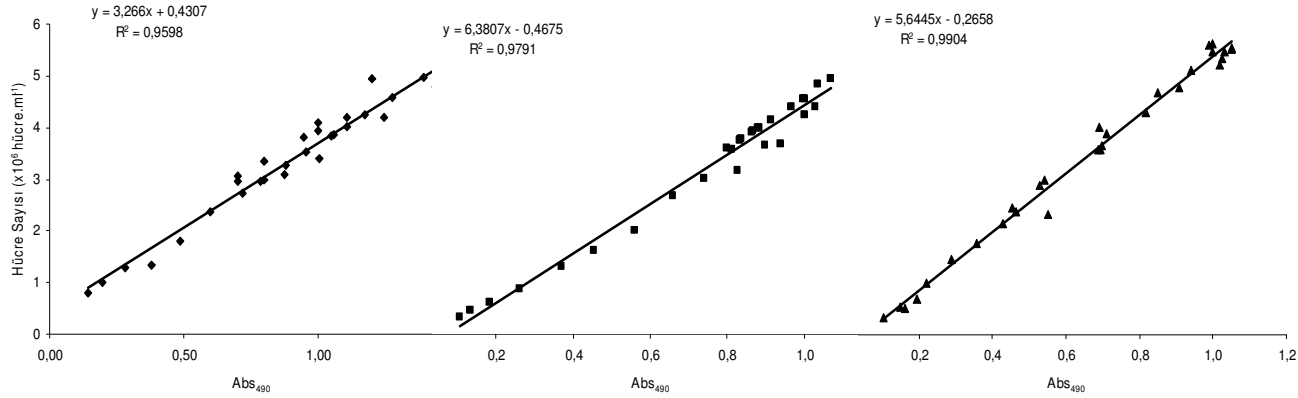
Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda önemli bir ilişki olduğu saptanarak Şekil 40 - 43 arasında gösterilmiştir.



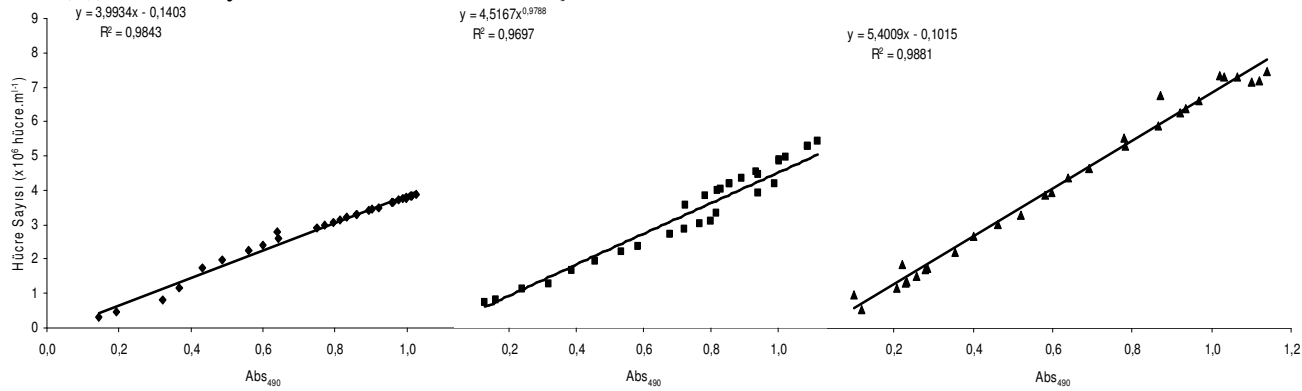
Şekil 40. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis*. Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 41. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 42. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 43. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.3.3. *Dunaliella viridis* Gökçeada Suşu

4.3.3.1. Büyüme ve İkilenme Zamanları

Üç farklı tuzluluk, iki farklı ışık şiddeti ve sıcaklığın uygulandığı Gökçeada *Dunaliella* suşuna ait en yüksek spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları Tablo 8'de gösterilmiştir. En yüksek spesifik büyüme hızı $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 1M tuzluluktaki deneme grubunda $1,21 \text{ bölünme gün}^{-1}$ ve $0,57 \text{ gün}$ ikilenme zamanı olarak bulunmuştur. $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluk uygulanan kültürde $0,30 \text{ bölünme gün}^{-1}$ ve $2,34 \text{ gün}$ ikilenme zamanı deneme grupları arasında en düşük spesifik büyüme hızı ve ikilenme zamanı değerleri olarak saptanmıştır (Tablo 13).

Tablo 13. Gökçeada Tuz Gölü *D. viridis* suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Işık ($\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün^{-1})	İkilenme zamanı (gün)
50	25	1M	1,21	0,57
		2M	0,87	0,79
		3M	0,26	2,69
	28	1M	0,47	1,48
		2M	0,30	2,34
		3M	0,52	1,34
75	25	1M	0,72	0,96
		2M	0,52	1,33
		3M	0,62	1,12
	28	1M	0,43	1,62
		2M	0,40	1,72
		3M	0,54	1,29

4.3.3.2. Hücre Sayıları

Üç farklı tuz konsantrasyonu, iki farklı ışık ve sıcaklık değerlerini uygulandığı denemede en yüksek hücre sayısına $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 1M tuzluluktaki kültürlerde $6,90 \times 10^6$ hücre ml^{-1} 'ye ulaşılmıştır. Aynı ışık şiddeti ile $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık, 3M tuzluluktaki kültürler ise en düşük hücre sayısı olan $3,14 \times 10^6$

hücre ml⁻¹'ye ulaşmışlardır. Tablo 14'de Gökçeada suşuna ait denem gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri gösterilmiştir.

Deneme gruplarının hücre sayılarını karşılaştırmak amacıyla yapılan student t ve varyans analizine göre farklı sıcaklık ve tuzlulukta yetiştirilen Gökçeada suşunun hücre sayıları arasında istatistiksel bakımdan önemli derecede farklılık olduğu (p≤0,05) saptanırken farklı ışık şiddetlerinde yetiştirilen suşun hücre sayılarında istatistiksel açıdan fark bulunamamıştır (p≥0,05).

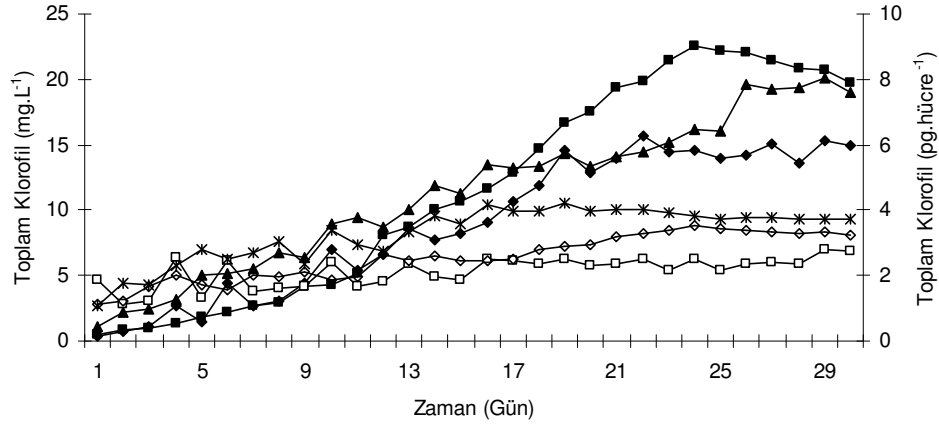
Tablo 14. Gökçeada suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Işık ($\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml ⁻¹)	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
50	25	1M	6,76	23. gün	136,40
		2M	6,49	26. gün	151,98
		3M	5,38	29. gün	184,92
	28	1M	5,19	19. gün	95,73
		2M	6,19	28. gün	124,76
		3M	4,77	29. gün	199,79
75	25	1M	6,90	22. gün	81,83
		2M	6,24	20. gün	131,57
		3M	4,65	26. gün	173,94
	28	1M	5,78	26. gün	124,32
		2M	6,23	25. gün	159,43
		3M	3,14	25. gün	192,56

4.3.3.3. Klorofil İçerikleri

Gökçeada suşunda yapılan denemeler sonucunda tüm gruplar arasında en yüksek klorofil içeriği $50\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen kültürlerde $22,53 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanırken, hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı aynı ışık şiddeti ve sıcaklık uygulanan 3M tuzluluktaki kültürlerden $4,16 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28°C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerde en düşük klorofil içeriği $7,33 \text{ mg L}^{-1}$ ve $1,26 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak gözlemlenmiştir. Gökçeada suşunun klorofil miktarında meydana gelen değişimler Şekil 44 – 47'de gösterilmiştir.

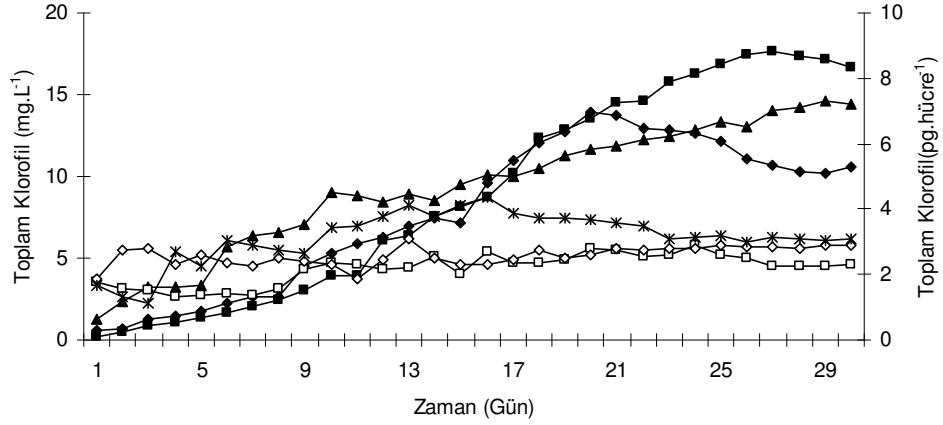
50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklıkta sürdürülen denemelerde en yüksek klorofil miktarı 22,53 mg L^{-1} olarak 2M tuzluluktaki kültürlerden elde edilirken, hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı 4,16 pg hücre^{-1} olarak 3M tuzluluktaki kültürlerde saptanmıştır. En düşük klorofil miktarı 15,74 mg L^{-1} ve 2,81 pg hücre^{-1} olarak 1M tuzluluktaki kültürlerde bulunmuştur (Şekil 44).



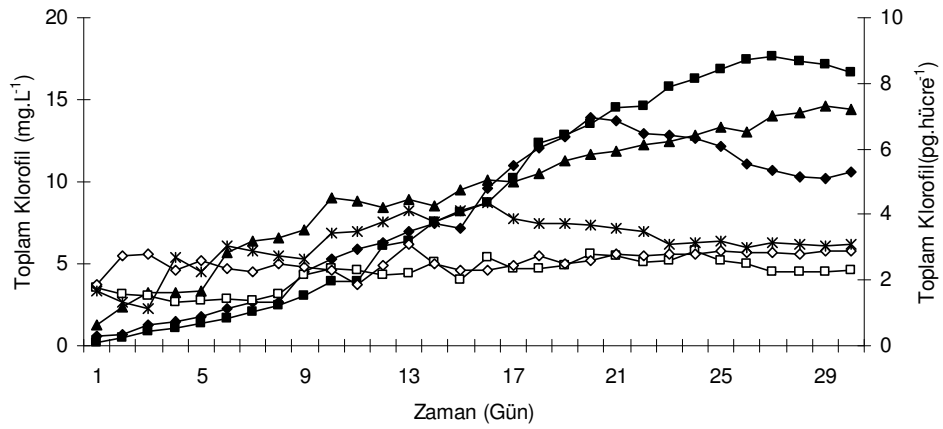
Şekil 44. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklık uygulanan denemede 2M tuzluluktaki kültürlerde en yüksek klorofil içeriği 17,69 mg L^{-1} olarak gözlenirken, hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı 4,36 mg L^{-1} olarak 3M tuzluluktaki kültürlerden elde edilmiştir. En düşük klorofil içeriği 1M tuzluluktaki deneme gruplarında 13,96 mg L^{-1} tespit edilirken, hücre başına düşen klorofil miktarı 1M ve 2M tuzluluklarda 2,88 pg hücre^{-1} olarak belirlenmiştir (Şekil 45).

75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklık uygulanan denemelerde en yüksek klorofil miktarı 9,78 mg L^{-1} ve 1,68 pg hücre^{-1} olarak 1M tuzluluktaki kültürlerden elde edilmiştir. En düşük klorofil miktarı 3,37 mg L^{-1} ve 0,96 pg hücre^{-1} olarak 3M tuzluluktaki kültürlerde gözlenmiştir (Şekil 46).



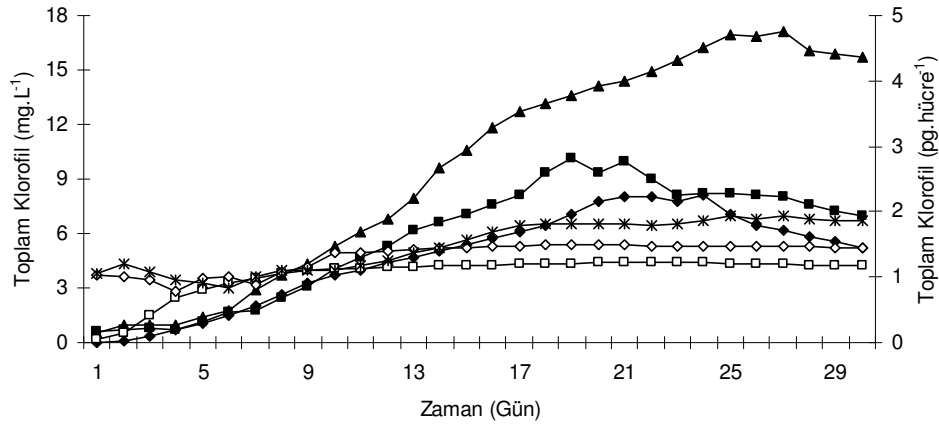
Şekil 45. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).



Şekil 46. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklık uygulanan denemelerde en yüksek klorofil miktarı 1M tuzluluktaki kültürlerde 8,63 mg L^{-1} olarak belirlenirken 2M ve 3M tuzluluklar için sırasıyla 7,33 ve 5,59 mg L^{-1} olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı 3M tuzluluktaki kültürlerde 2,30 pg hücre^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 47).

Yapılan Student-t testleri ve varyans analizlerine göre farklı tuzluluk ve ışık değerleri için klorofil istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar saptanırken ($p \leq 0,05$), sıcaklık değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık saptanamamıştır ($p \geq 0,05$).



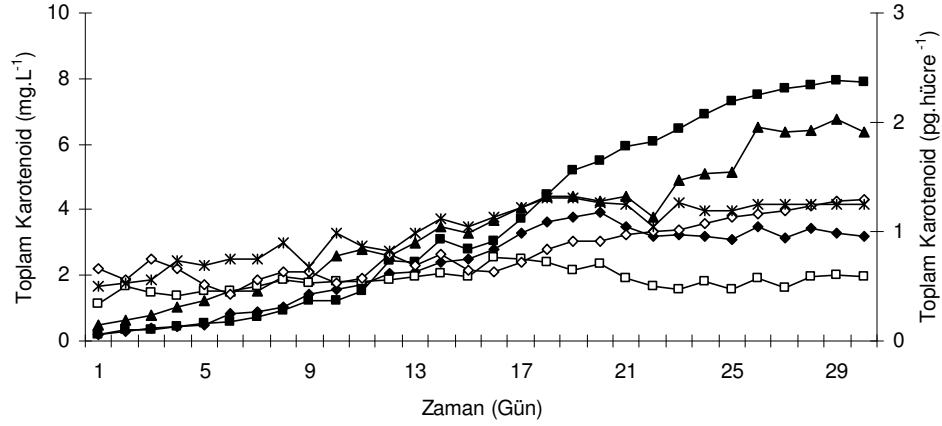
Şekil 47. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

4.3.3.4. Toplam Karotenoid İçerikleri

Deneme grupları arasında en yüksek karotenoid içeriği 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen deneme gruplarından 7,93 mg L^{-1} ve 1,35 pg hücre^{-1} olarak elde edilmiştir. En düşük karotenoid içeriği 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğu, 28 °C sıcaklık ve 3M tuzluluktaki kültürlerden 1,62 mg L^{-1} olarak elde edilirken hücre başına düşen minimum karotenoid miktarı 0,44 pg hücre^{-1} olarak aynı sıcaklık ve tuzluluktaki kültürler arasında 2M tuzluluktaki deneme grubunda hesaplanmıştır.

50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklıkta yapılan denemelerde en yüksek karotenoid miktarı 2M tuzluluktaki kültürlerde litrede 7,93 mg olarak hesaplanırken, hücre başına düşen karotenoid miktarı en yüksek 3M tuzluluktaki kültürlerde 1,31 pg hücre^{-1} olarak bulunmuştur. 1M tuzluluktaki kültürlerde 3,958

mg L⁻¹ ve 0,76 pg hücre⁻¹ olarak en düşük karotenoid içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 48).

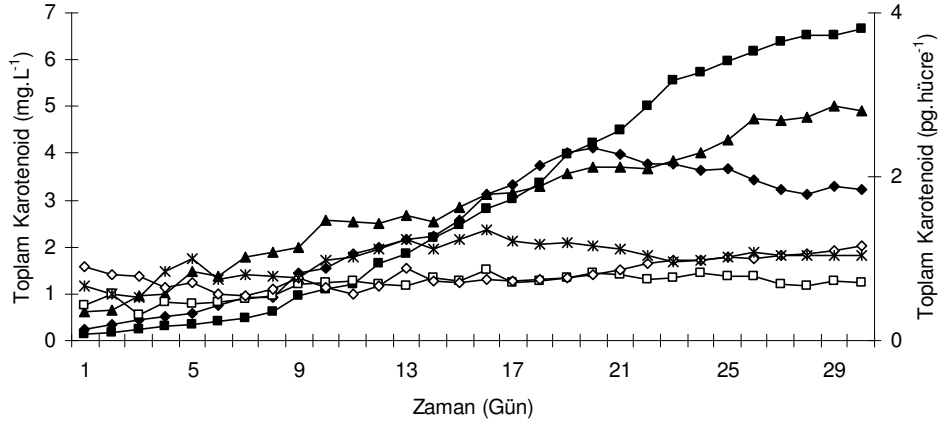


Şekil 48. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre⁻¹).

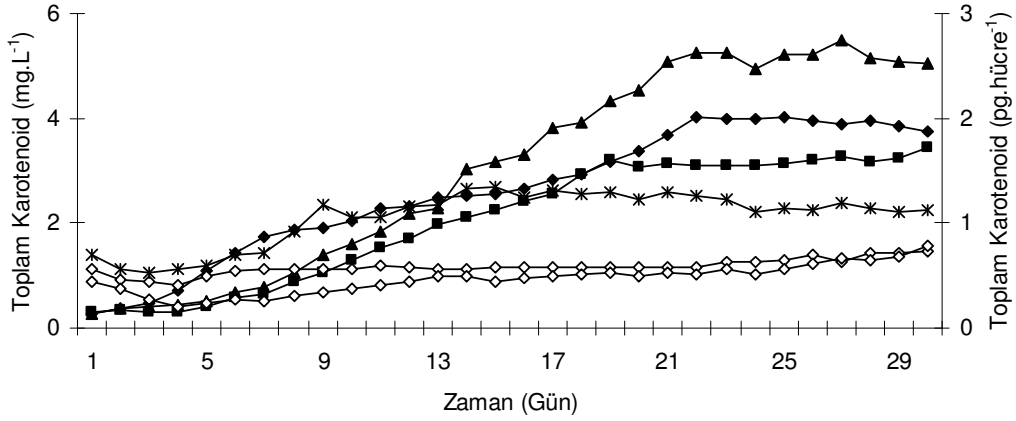
Sıcaklığın 3 °C arttırılıp, ışık şiddetinin değiştirilmediği deneme gruplarında en yüksek karotenoid içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde 6,66 mg L⁻¹ olarak tespit edilirken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı 1,35 pg hücre⁻¹ olarak 3M tuzluluktaki kültürlerde saptanmıştır (Şekil 49).

75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen denemelerde en yüksek karotenoid miktarı 5,49 mg L⁻¹ ve 1,34 pg hücre⁻¹ olarak 3M tuzluluktaki kültürlerde gözlemlenmiştir. En düşük karotenoid içeriği 1M tuzluluktaki kültürlerde 3,45 mg L⁻¹ ve 0,73 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 50).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklıkta yapılan denemede en yüksek karotenoid miktarı 1M tuzluluktaki kültürlerden 3,26 mg L⁻¹ olarak elde edilirken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı 3M tuzluluktaki kültürlerde 0,94 pg hücre⁻¹ olarak hesaplanmıştır. En düşük karotenoid miktarı 3M tuzluluktaki kültürlerde 1,62 mg L⁻¹ olarak belirlenirken hücre başına düşen karotenoid içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde 0,44 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 51).



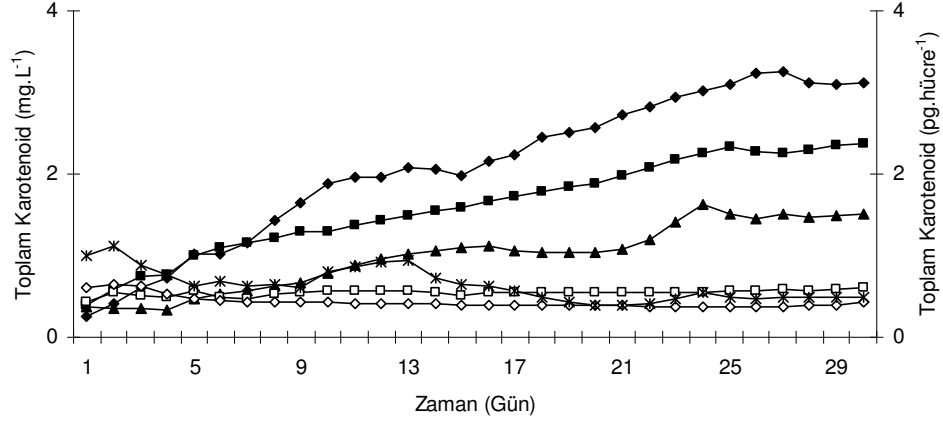
Şekil 49. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).



Şekil 50. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).

Yapılan Student-t testleri ve varyans analizi sonucunda farklı tuzluluk, ışık ve sıcaklık değerleri için karotenoid miktarları istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar içerdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

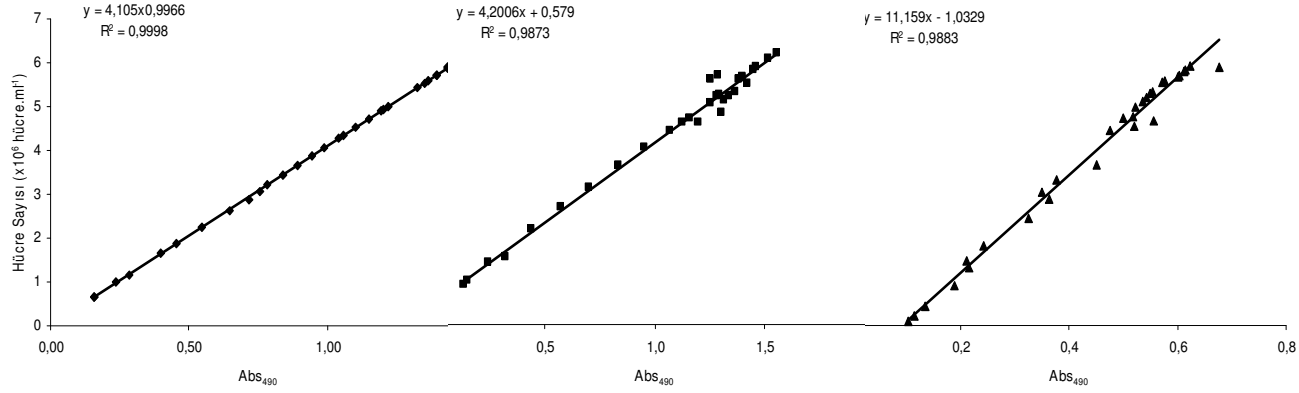
Deneme grupları arasında en iyi büyüme ve en yüksek karotenoid içeren gösteren deneme grubu $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerin olduğu bulunmuştur.



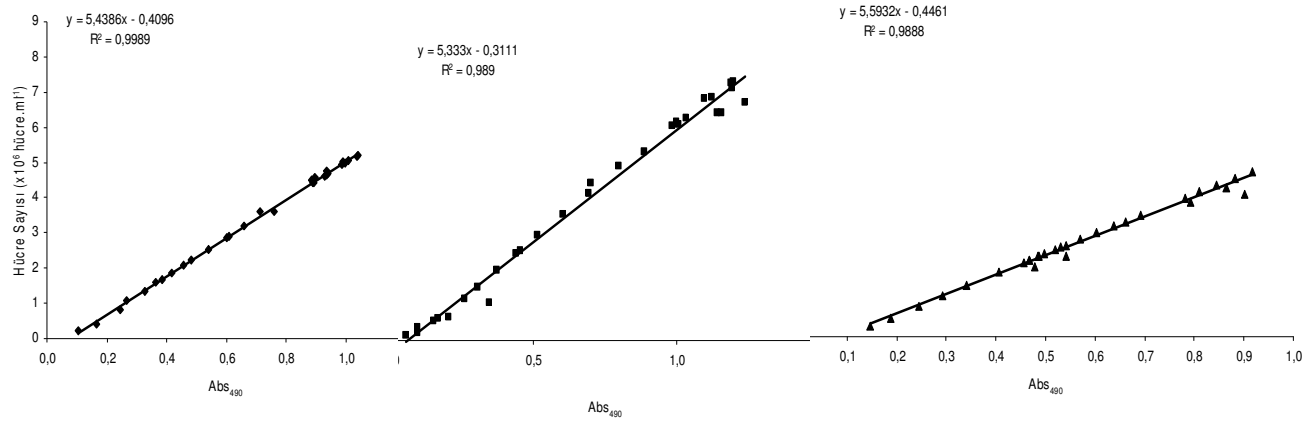
Şekil 51. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Gökçeada süşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değışimler. 1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen karotenoid miktarı (pg hücre^{-1}).

4.3.3.5. Hücre Sayıları ve Abs_{490} Arasındaki İlişki

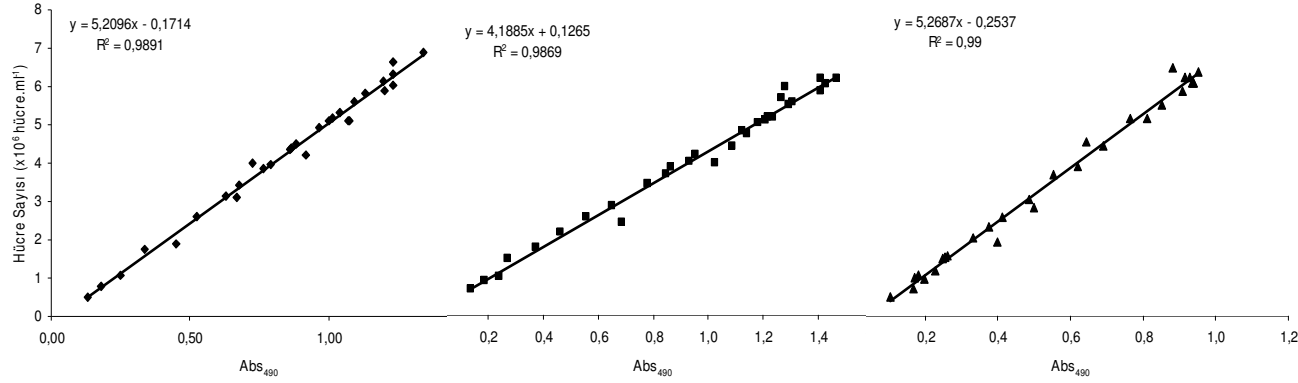
Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 52 - 55 arasında gösterilmiştir.



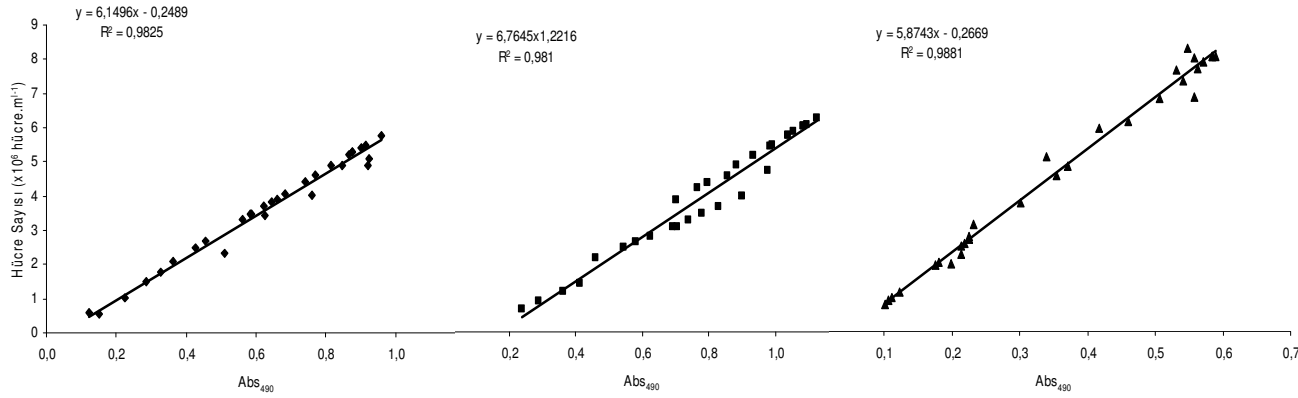
Şekil 52. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 53. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 54 . 75 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki



Şekil 55. 75 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.3.4. *Dunaliella viridis* Çamaltı Suşu

Çamaltı Tuz üretim tesislerinin buharlaştırma havuzlarından alınan su örneklerinden izole edilen *Dunaliella viridis*'in büyümesi üzerine farklı ışık, sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin etkisinin incelenmiştir.

4.3.4.1. Büyüme ve İkilenme Zamanları

Dunaliella viridis Çamaltı suşunun bütün deneme grupları için üssel büyüme safhasının ilk 8 gün boyunca sürdüğü saptanmıştır. Kesikli kültürler şeklinde sürdürülen denemelerde en yüksek büyüme hızlarının 0,31 ile 1,08 bölünme gün⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Kültürler arasındaki en yüksek büyüme hızı 1,08 bölünme gün⁻¹ olarak 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklık uygulanan 2M tuzluluktaki deneme grubunda saptanırken, en düşük büyüme hızı 0,31 bölünme gün⁻¹ olarak aynı ışık şiddeti ve sıcaklık uygulanan 1M tuzluluktaki deneme gruplarında ölçülmüştür. Bu iki grubun ikilenme zamanları sırasıyla 0,64 ve 2,25 gün olarak hesaplanmıştır. Deneme gruplarına ait spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları Tablo 15'de gösterilmektedir.

Tablo 15. Çamaltı *D. viridis* suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Işık (µmol foton m ⁻² s ⁻¹)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkilenme zamanı (gün)
50	25	1M	0,77	0,90
		2M	0,72	0,94
		3M	0,58	1,18
	28	1M	0,31	2,25
		2M	1,08	0,64
		3M	0,56	1,23
75	25	1M	0,44	1,56
		2M	0,35	2,00
		3M	0,72	0,96
	28	1M	0,40	1,74
		2M	0,37	1,88
		3M	0,97	0,72

4.3.4.2. Hücre Sayıları

Dunaliella viridis Çamaltı suşunda denemeler süresince ulaşılan en yüksek hücre sayılarının 4,92 ile 8,56 x10⁶ hücre ml⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen *Dunaliella viridis*'in en yüksek hücre yoğunluğu olan 8,56 x10⁶ hücre ml⁻¹'ye 26. günde ulaştığı tespit edilmiştir. En düşük hücre yoğunluğu ise 4,92 x 10⁶ hücre ml⁻¹ olarak aynı sıcaklık ve ışık yoğunluğunda yetiştirilen 3M tuzluluktaki deneme grubundan elde edilmiştir. Tablo 16'da Çamaltı Tuzlası suşunda ulaşılan en yüksek hücre sayısı ve hücre hacimleri görülmektedir. Tüm deneme grupları arasında en yüksek hücre hacmine sahip hücrelerin 3M tuzluluktaki kültürlerde olduğu belirlenirken tuzluluğun azalmasıyla hücre hacimlerinde de azaldığı saptanmıştır.

Deneme gruplarından en yüksek hücre yoğunluklarına 2M tuzluluktaki kesikli kültürlerin ulaştığı saptanmıştır. En düşük hücre yoğunlukları 3M tuzluluktaki kültürlerde gözlenmiştir. Yapılan student t ve tek yönlü varyans analizlerinde hücre sayıları üzerine tuzluluk ve sıcaklığın etkilediği bulunmuştur (p≤0,05). Işık yoğunluğunun ise hücre sayısı üzerinde etkisi olmadığı tespit edilmiştir (p≥0,05).

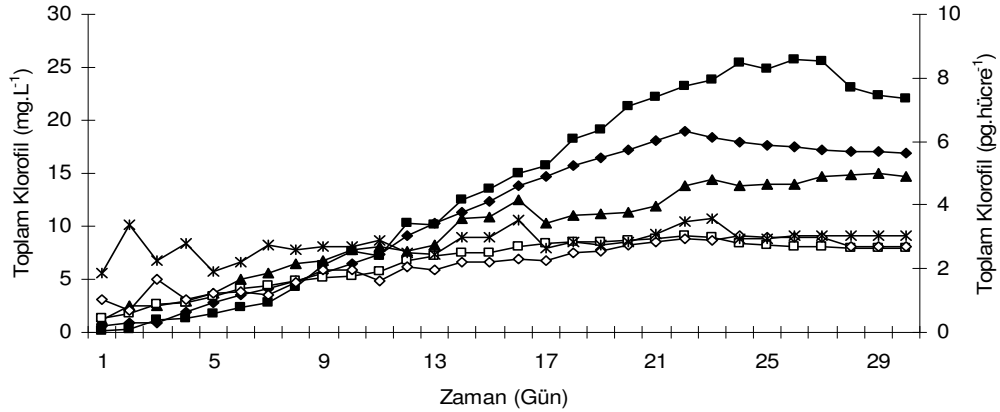
Tablo 16. Çamaltı suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Işık (µmol foton m ⁻² s ⁻¹)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10 ⁶ hücre ml ⁻¹)	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (µm ³)
50	25	1M	6,46	25.gün	104,67
		2M	8,56	26.gün	146,91
		3M	4,92	29.gün	192,75
	28	1M	7,76	28.gün	191,26
		2M	6,50	28.gün	172,54
		3M	5,74	29.gün	183,92
75	25	1M	6,07	20.gün	103,24
		2M	7,14	25.gün	128,48
		3M	5,93	27.gün	181,21
	28	1M	5,31	23.gün	111,07
		2M	6,21	26.gün	151,72
		3M	5,12	28.gün	172,25

4.3.4.3. Klorofil İçerikleri

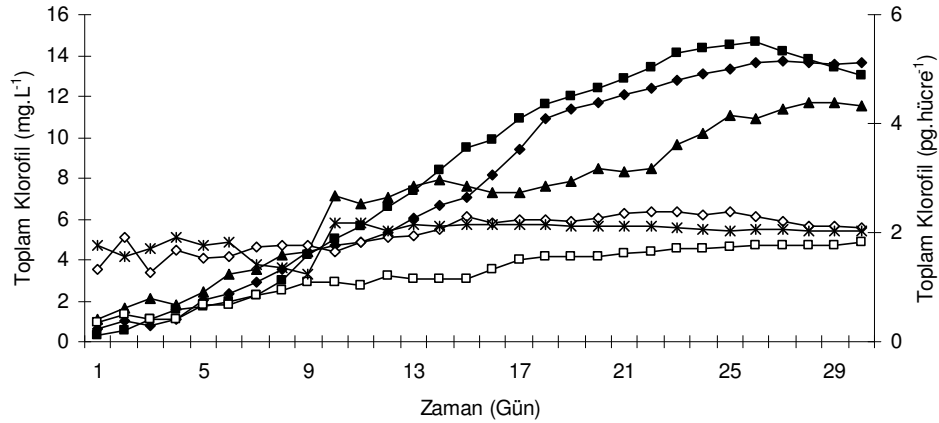
Farklı tuzluluk, ışık ve sıcaklık kombinasyonlarında yetiştirilen Çamaltı suşunun toplam klorofil içeriği $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen suшта maksimum $25,74 \text{ mg L}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı aynı sıcaklık ve ışık şiddetinde yetiştirilen 1M tuzlulukta kültürlerde $3,06 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Deneme grupları arasındaki en düşük klorofil içeriği $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 3M tuzlulukta $6,36 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Hücre başına düşen en düşük klorofil miktarı $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğu, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 1M tuzlulukta kültürlerde $1,29 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

$50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan denemede en yüksek toplam klorofil miktarı $25,74 \text{ mg L}^{-1}$ olarak 2M tuzlulukta kültürlerden elde edilirken, en düşük klorofil değeri 3M tuzlulukta kültürlerde $15,02 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen klorofil miktarları, bütün tuzluluk değerleri için sırasıyla $3,06$, $3,05$ ve $3,04 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Her üç tuzluluk konsantrasyonu için hücre başına düşen toplam klorofil miktarlarının birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir (Şekil 56).



Şekil 56. $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarı ve hücre başına düşen toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (\square), 2M (\diamond), 3M ($*$) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklık uygulanan üç farklı tuzluluktaki deneme grupları içerisinde en yüksek klorofil miktarı 14,64 mg L⁻¹ olarak 2M tuzluluktaki kültürde saptanmıştır. 1M ve 3M tuzluluktaki kültürlerin ulaştığı en yüksek toplam klorofil miktarları sırasıyla 13,69 ve 11,68 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Hücre başına düşen klorofil miktarı 2,40 pg hücre⁻¹ olarak 2M tuzluluktaki kültürde ölçülürken, en düşük klorofil miktarı 1M tuzluluktaki kültürlerde 1,86 pg hücre⁻¹ olarak bulunmuştur (Şekil 57).

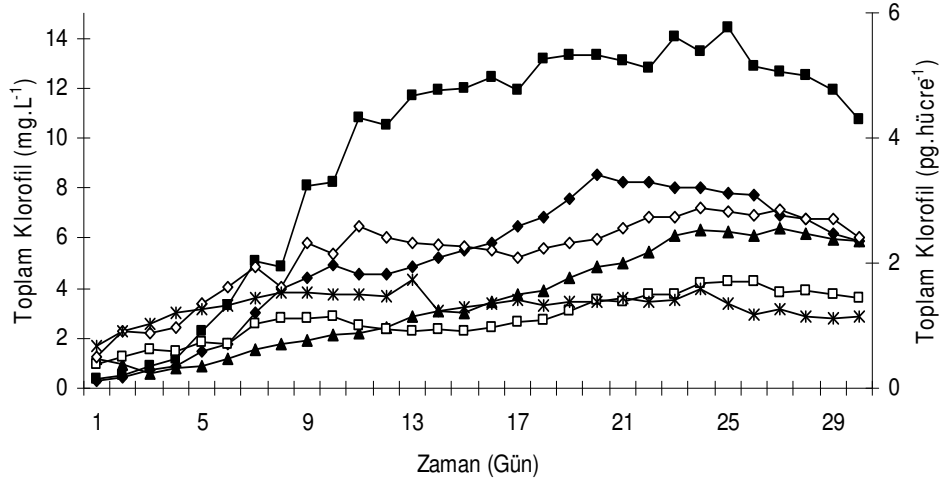


Şekil 57. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarı ve hücre başına düşen toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

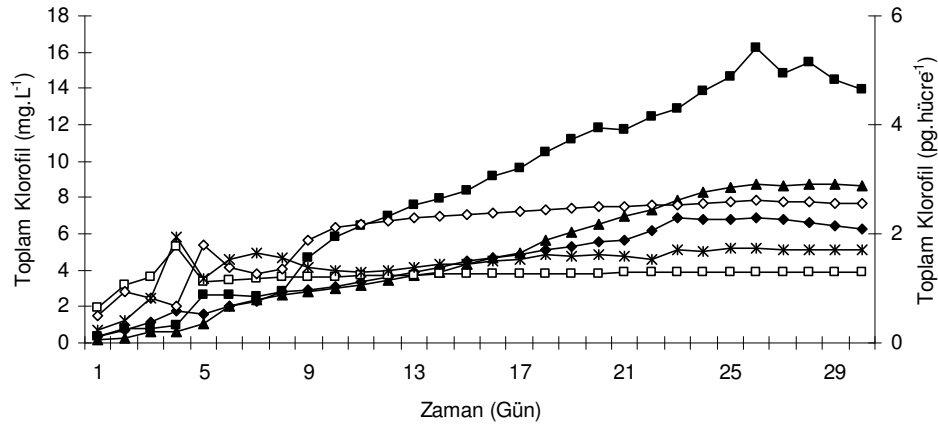
75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklıkta yapılan deneme grupları içinde en yüksek toplam klorofil miktarı 14,42 mg L⁻¹ olarak 2M tuzluluktaki kültürlerden elde edilmiştir. Bu tuzluluk konsantrasyonu için hücre başına düşen klorofil 2,81 pg olarak belirlenmiştir. En düşük klorofil miktarı 3M tuzluluktaki kültürlerde litrede 6,91 mg olarak ölçülmüştür. 1M ve 3M tuzluluktaki deneme gruplarında hücre başına düşen klorofil miktarları sırasıyla 1,69 ve 1,59 pg hücre⁻¹ olduğu saptanmış ve bu değerlerin birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 58).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklıkta yapılan denemelerde, 2M tuz konsantrasyonundaki kültürlerin litrede 16,20 mg klorofil içerdiği belirlenmiştir. 1M ve 3M tuzluluktaki kültürler için ise bu değerler sırasıyla 6,36 ve 8,75 mg.L⁻¹ olarak

bulunmuştur. Hücre başına düşen klorofil miktarları her üç tuzluluk için sırasıyla 1,29, 2,61 ve 1,72 pg hücre⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Şekil 59).

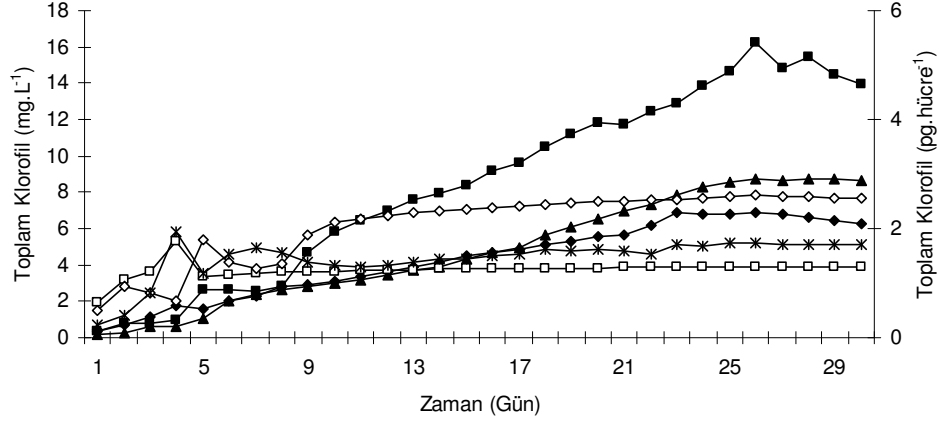


Şekil 58. 75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).



Şekil 59. 75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

Yapılan Student-t testleri ve varyans analizlerinde farklı ışık şiddeti, sıcaklık ve tuz konsantrasyonlarının klorofil miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklara neden olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,05$).



Şekil 60. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

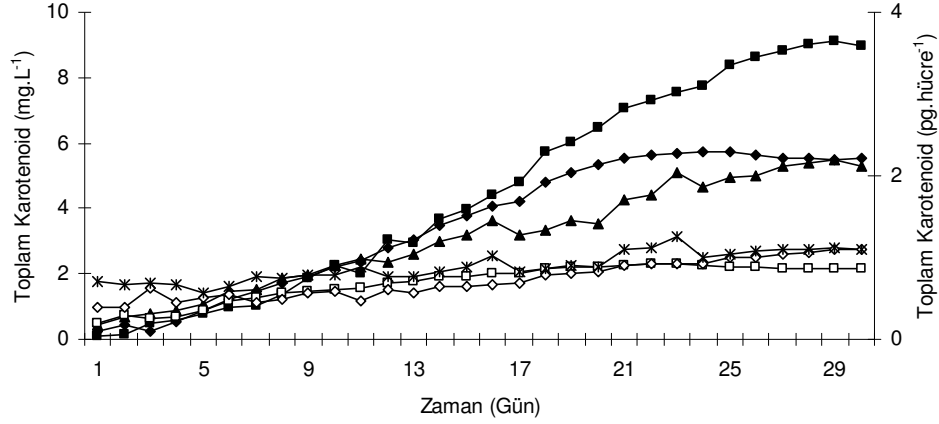
4.3.4.4. Toplam Karotenoid İçerikleri

Kültürler arasında en yüksek karotenoid içeriği 9,14 mg L^{-1} olarak 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürden elde edilmiştir. Hücre başına düşen en yüksek karotenoid ise 3M tuzluluktaki kültürlerden 0,50 pg hücre^{-1} olarak ölçülmüştür. Bu kültürün toplam karotenoid içeriği ise 2,40 mg L^{-1} olarak saptanmıştır.

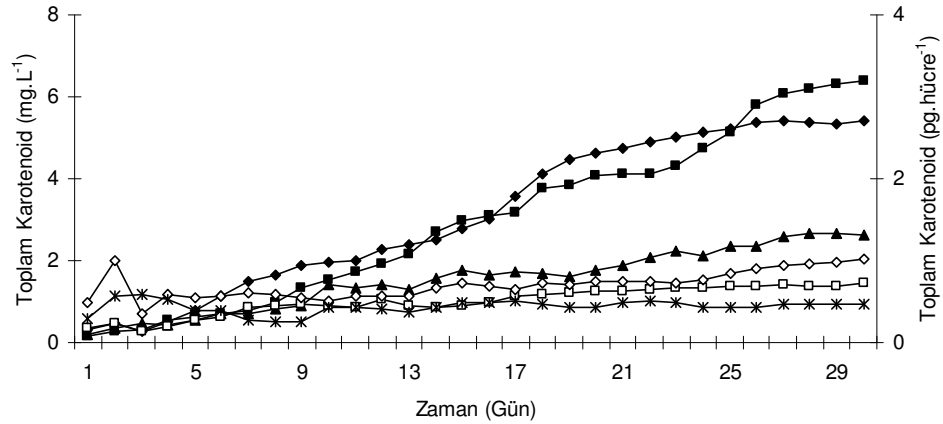
50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklıkta yapılan denemelerde, en yüksek karotenoid içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerden 9,14 mg L^{-1} olarak saptanırken, en düşük karotenoid miktarı 5,47 mg L^{-1} olarak 3M tuzluluktaki kültürden elde edilmiştir. Ancak hücre başına düşen en yüksek karotenoid içeriği 1,1 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür (Şekil 61).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklıktaki deneme gruplarının toplam karotenoid içeriği 25 °C sıcaklıktaki deneme gruplarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Deneme grupları arasındaki en yüksek karotenoid içeriği 2M tuzlulukta kültürlerde $6,39 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanırken, hücre başına düşen karotenoid miktarı $1,0 \text{ pg}$ olarak hesaplanmıştır. En düşük karotenoid içeriği 3M tuzlulukta kültürlerde $2,06 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Ancak hücre başına düşen karotenoid içeriğinin $0,52 \text{ pg}$ 'de kaldığı görülmüştür (Şekil 62).

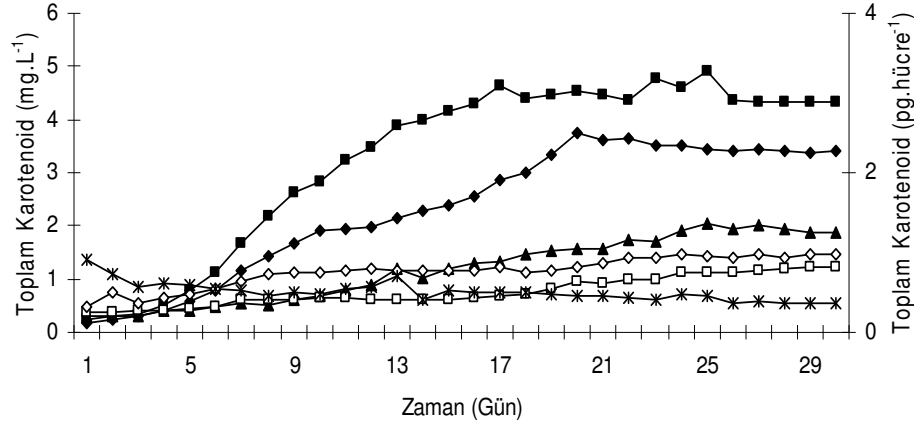


Şekil 61. $50 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (\square), 2M (\diamond), 3M ($*$) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).



Şekil 62. $50 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (\square), 2M (\diamond), 3M ($*$) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklıkta en yüksek karotenoid içeriği 4,91 mg L^{-1} olarak 2M tuzluluktaki kültürlerde saptanmıştır. En düşük karotenoid içeriği ise 3M tuzluluktaki kültürde 2,07 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir. Her üç tuzluluk için hücre başına düşen en yüksek karotenoid içerikleri sırasıyla 0,83, 0,99 ve 0,71 pg hücre^{-1} olarak bulunmuştur (Şekil 63).

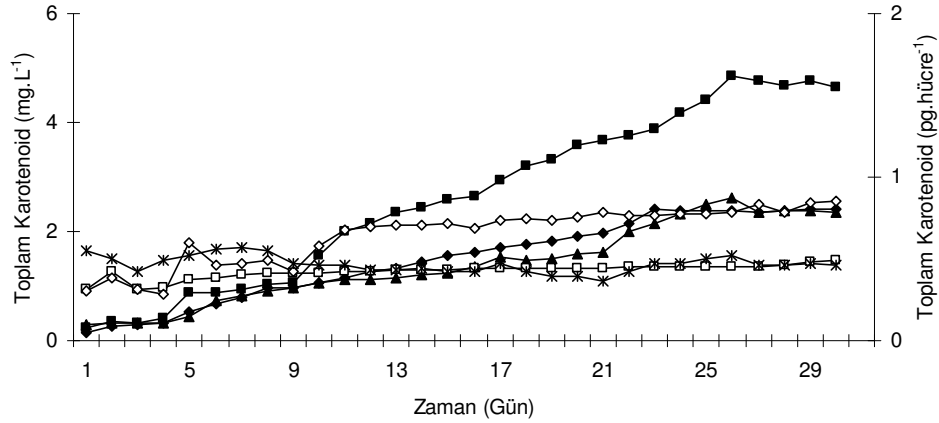


Şekil 63. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (\square), 2M (\diamond), 3M ($*$) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Aynı ışık şiddeti ve 28°C sıcaklıkta yapılan denemelerde en yüksek toplam karotenoid içeriği 2M tuzlulukta belirlenmiştir. Çamaltı suşunun laboratuvar denemelerindeki en düşük karotenoid içerikleri bu deneme grubunda saptanmıştır. 1M, 2M ve 3M tuz konsantrasyonundaki kültürlerin toplam karotenoid içerikleri sırasıyla 2,40 , 4,77 ve 2,50 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir. 1M ve 3M tuzluluktaki kültürlerin toplam karotenoid içeriklerinin birbirine yakın olduğu bulunmuştur. Hücre başına düşen karotenoid içerikleri ise sırasıyla 0,50 , 0,85 ve 0,52 pg hücre^{-1} olarak hesaplanmıştır (Şekil 64).

Yapılan Student-t testleri ve tek yönlü varyans analizinde her üç faktöründe istatistiksel olarak toplam karotenoid miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

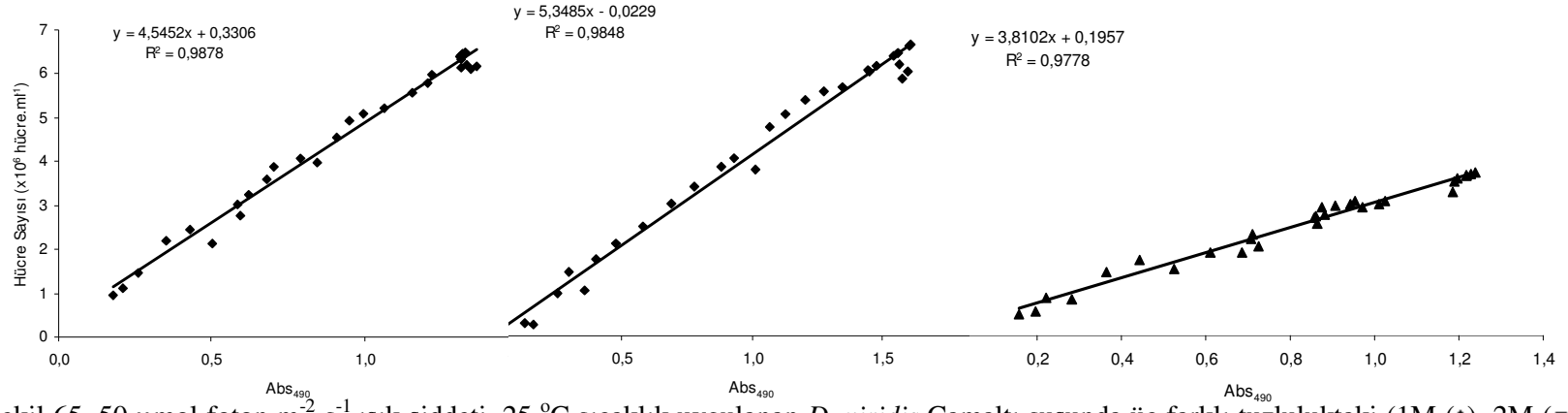
Tüm deneme grupları arasında $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürlerin en iyi gelişten ve en yüksek karotenoid içeriğine sahip olan deneme grubunu olduğu tespit edilmiştir.



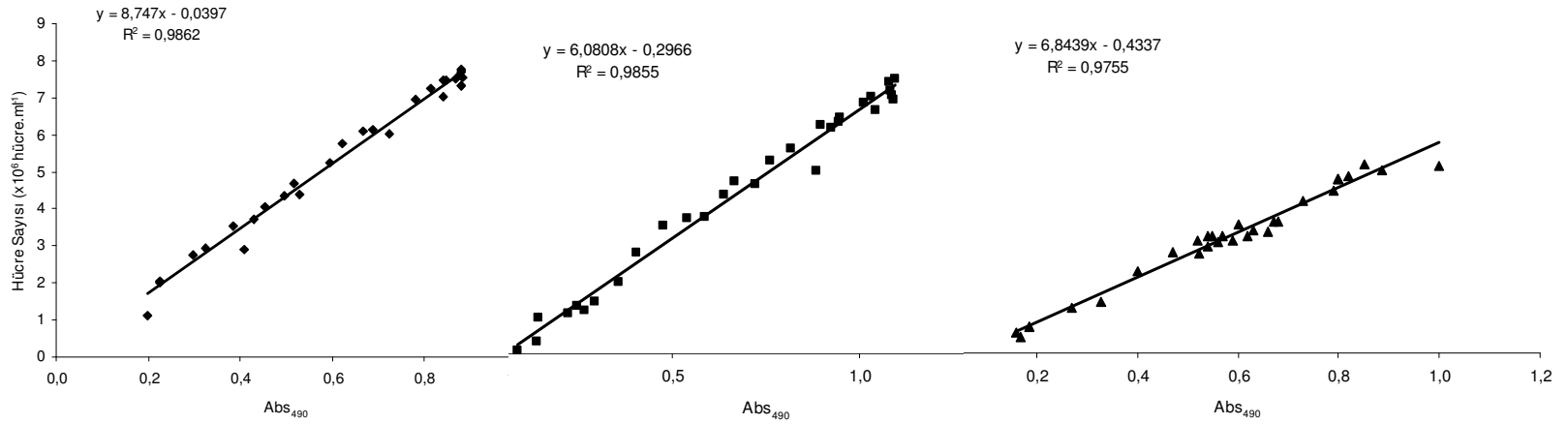
Şekil 64. $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

4.3.4.5. Hücre Sayıları ve Abs_{490} Arasındaki İlişki

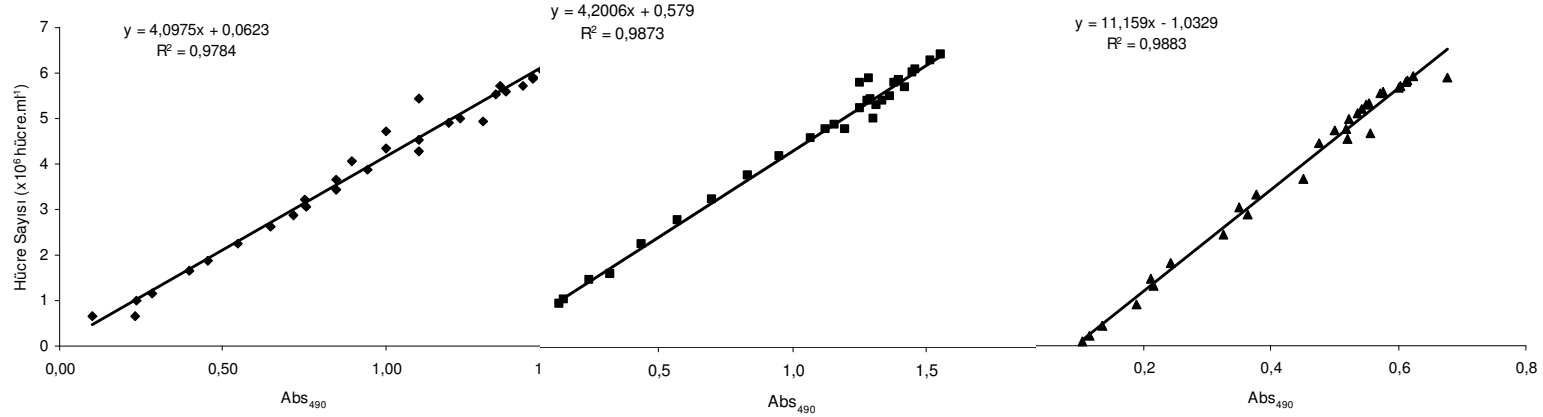
Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Buna göre spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 65 - 68 arasında gösterilmiştir.



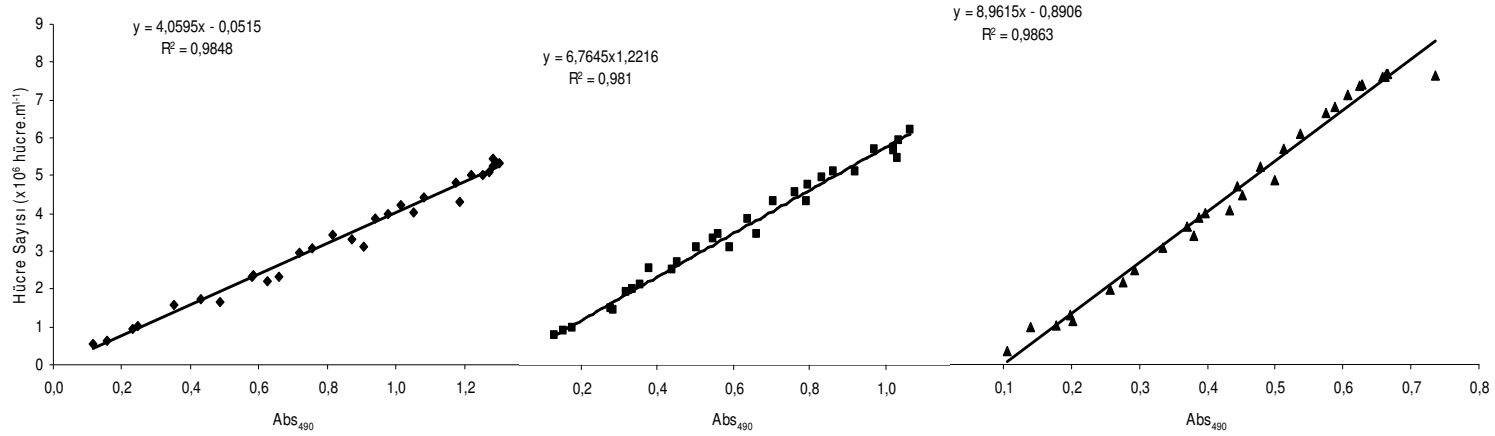
Şekil 65. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 66. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki



Şekil 67. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 68. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.3.5. *Dunaliella viridis* Ayvalık Suşu

Ayvalık tuzlasından izole edilen *Dunaliella viridis*'in kesikli kültürlerinde üç farklı tuzluluk, iki farklı sıcaklık ve iki farklı ışık şiddetinin büyüme üzerine etkileri araştırılmıştır.

4.3.5. 1. Büyüme ve İkilenme Zamanları

Bütün kültürlerin üssel büyüme safhasını ilk 9 gün boyunca sürdürdüğü belirlenmiştir. Denemeler süresince *Dunaliella viridis*'in maksimum spesifik büyüme hızları 0,20 ile 0,40 bölünme gün⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En düşük spesifik büyüme hızı 75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ve 25°C sıcaklık uygulanan 3M tuzluluktaki kültürlerde 0,20 bölünme.gün⁻¹, ikilenme zamanı 3,48 gün olarak saptanırken, en yüksek spesifik büyüme hızı ise 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C ve 28 °C sıcaklıklar uygulanan 2M tuzluluktaki kültürlerde 0,40 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanları sırasıyla 1,75 gün, 1,72 gün olarak hesaplanmıştır (Tablo 17) .

Tablo 17. Ayvalık suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Işık (µmol foton m ⁻² s ⁻¹)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkilenme Zamanı (gün)
50	25	1M	0,28	2,46
		2M	0,40	1,75
		3M	0,27	2,55
	28	1M	0,34	2,05
		2M	0,40	1,72
		3M	0,25	2,72
75	25	1M	0,34	2,02
		2M	0,32	2,14
		3M	0,20	3,48
	28	1M	0,23	2,98
		2M	0,37	1,87
		3M	0,39	1,78

4.3.5.2. Hücre Sayıları

Denemeler süresince hücre sayıları 4,17 x 10⁶ hücre ml⁻¹ ile 8,06 x 10⁶ hücre ml⁻¹ arasında ölçülmüştür. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık yoğunluğunun uygulandığı 25

°C sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen *Dunaliella* sp.'nin en fazla hücre yoğunluğu olan $8,06 \times 10^6$ hücre ml^{-1} 'ye 28.günde ulaştığı belirlenmiştir. Deneme grupları arasında en düşük hücre yoğunluğu ise $4,17 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak 28.günde, 50 μmol foton $m^{-2} s^{-1}$ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklık uygulanan 3M tuzlulukta saptanmıştır. Hücre hacmi arttıkça kültürde ulaşılan maksimum hücre sayısının azaldığı Tablo 13'de görülmektedir. Tuzluluk arttıkça hücre hacimlerimde de artış olduğu saptanmıştır. Deneme grupları arasında en yüksek hücre hacimleri 3M tuzlulukta kültürlerde rastlanılmıştır (Tablo 18).

Tablo 18. Ayvalık suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

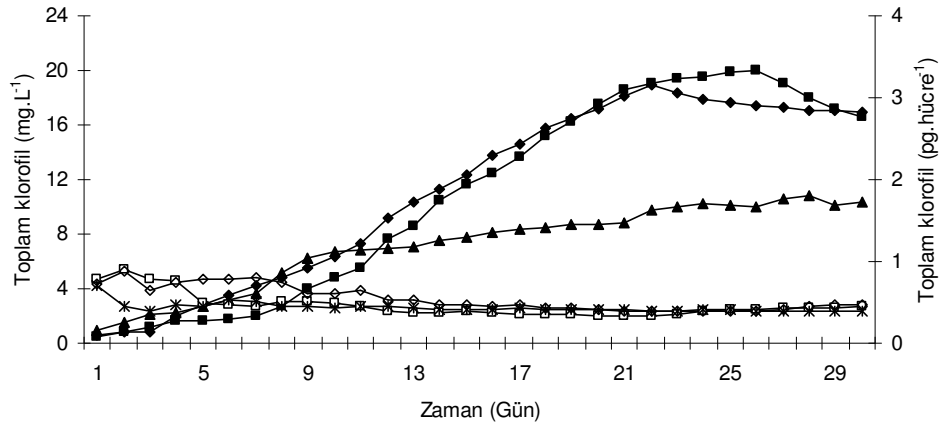
Işık (μmol foton $m^{-2} s^{-1}$)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
50	25	1M	7,51	27.gün	125,69
		2M	8,06	28.gün	152,83
		3M	4,17	28.gün	172,64
	28	1M	4,96	29.gün	145,32
		2M	7,14	28.gün	168,56
		3M	4,22	28.gün	184,25
75	25	1M	6,07	20.gün	130,50
		2M	7,14	25.gün	142,25
		3M	5,93	27.gün	189,26
	28	1M	7,06	22.gün	98,10
		2M	6,67	21.gün	112,83
		3M	6,79	26.gün	192,72

Her iki sıcaklık ve ışık şiddeti için en fazla hücre sayısı 2M tuzlulukta kültürlerden elde edilmiştir. En düşük hücre sayısı ise 3M tuzlulukta kültürlerde gözlemlenmiştir. Tek yönlü varyans analizinde 1M ve 2M tuzlulukta gerçekleştirilen kesikli kültürlerin arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken ($p \geq 0,05$) 3M tuzlulukta hücre sayıları diğer iki kültüre göre istatistiksel olarak farklı olduğu ($p \leq 0,05$) belirlenmiştir. Student-t testleri sonucunda iki sıcaklık değeri için hücre sayıları açısından istatistiksel olarak bir fark görülmezken ($p \geq 0,05$) iki farklı ışık şiddeti için hücre sayılarının istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu bulunmuştur ($p \leq 0,05$).

4.3.5.3. Klorofil İçerikleri

Farklı tuzluluk, ışık ve sıcaklık kombinasyonlarında yetiştirilen Ayvalık suşunun toplam klorofil içeriği 25 °C sıcaklık, 50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğu ve 2M tuzlulukta yetiştirilen suşta maksimum 20,05 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür. Işık şiddeti 75 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'e yükseltildiğinde ise 3M tuzluktaki kültürlerde, toplam klorofil içeriğinin 7,77 mg L^{-1} 'ye düştüğü saptanmıştır. Ayvalık tuzlasından izole edilen *Dunaliella viridis* Ayvalık suşuna ait toplam klorofil içerikleri ve hücre başına düşen klorofil miktarı grafikleri Şekil 69- 72'de verilmiştir.

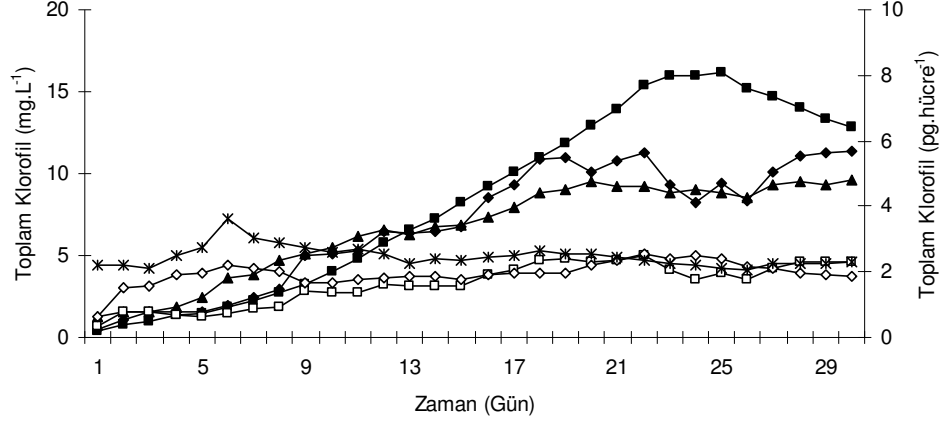
50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklık uygulanan denemede en yüksek toplam klorofil değeri 20,05 mg L^{-1} olarak 2M tuzluktaki kültürlerden elde edilirken, en düşük klorofil değeri 3M tuzluktaki kültürlerde litrede 10,81 mg olarak saptanmıştır. 1M tuzluktaki kültürün toplam klorofil değeri 19,00 mg L^{-1} olarak ölçülerek 2M tuzluktaki toplam klorofil değerine yakın olduğu bulunmuştur. 1M, 2M ve 3M tuzluktaki kültürlerde hücre başına düşen en yüksek klorofil değerlerinin sırasıyla 1,51, 1,81 ve 1,53 pg hücre^{-1} 'a ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 69).



Şekil 69. 50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Aynı ışık şiddetinde, 28°C sıcaklık uygulanan denemelerde ise en yüksek toplam klorofil değeri 16,20 mg L^{-1} olarak 2M tuzluktaki kültürlerde belirlenmiştir. 1M ve 3M tuzluktaki kültürlerin toplam klorofil değerleri birbirlerine yakın

bulunmuş ve sırasıyla 11,31 ve 9,46 mg L⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Hücre başına düşen klorofil miktarı 1M, 2M ve 3M tuzluluklar için sırasıyla 2,51, 2,56 ve 3,65 pg hücre⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 70).

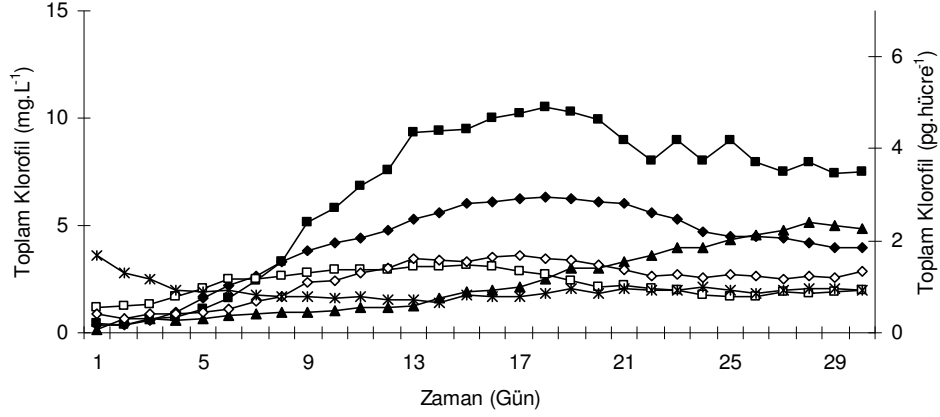


Şekil 70. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

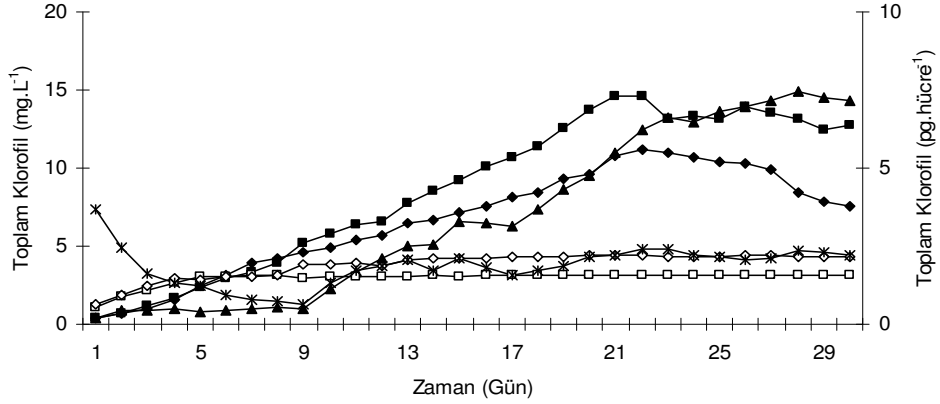
75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklıkta yapılan deneme grupları içinde en yüksek toplam klorofil miktarı 13,88 mg L⁻¹ olarak 2M tuzluluktaki kültürlerden elde edilmiştir. En düşük klorofil miktarı ise 3M tuzluluktaki kültürlerde 5,13 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. 1M tuzluluktaki kültürün toplam klorofil miktarı en yüksek 7,77 mg L⁻¹ olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen klorofil miktarları 1M, 2M ve 3M tuzluluktaki kültürler için sırasıyla 1,49, 1,60 ve 1,32 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 71).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C sıcaklık uygulanan deneme gruplarında, en yüksek toplam klorofil değeri 2M tuzluluktaki kültürlerde 14,63 mg L⁻¹ olarak saptanırken en düşük toplam klorofil 1M tuzluluktaki kültürlerde litrede 11,13 mg olarak tespit edilmiştir. 3M tuzluluktaki deneme grubunda ise en yüksek toplam klorofil miktarı 14,34 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Hücre başına düşen klorofil miktarı en yüksek 3M tuzluluktaki kültürden 2,34 pg hücre⁻¹ olarak saptanırken hücre içeriğindeki en düşük

klorofil miktarı 1M tuzluluktaki kültürlerde $1,57 \text{ mg L}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. 2M tuzluluktaki kültürlerde ise $2,19 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Şekil 72).



Şekil 71. $75 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).



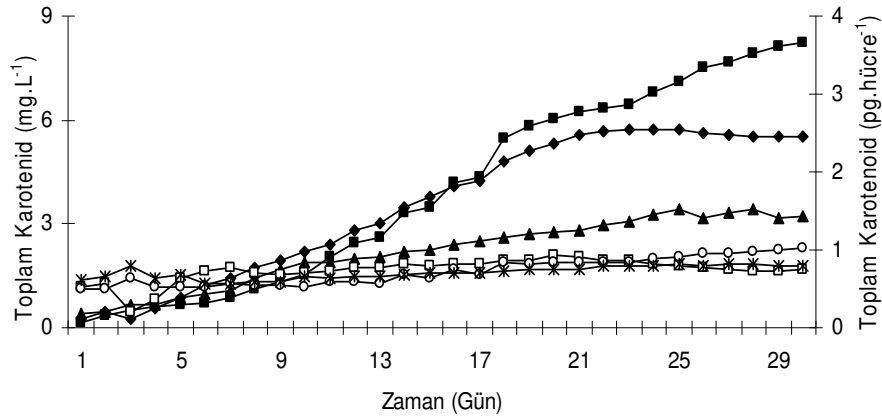
Şekil 72. $75 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Yapılan Student-t testleri ve varyans analizlerine göre farklı sıcaklık, ışık ve tuz konsantrasyonlarındaki grupların klorofil miktarı istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

4.3.5.4. Toplam Karotenoid İçerikleri

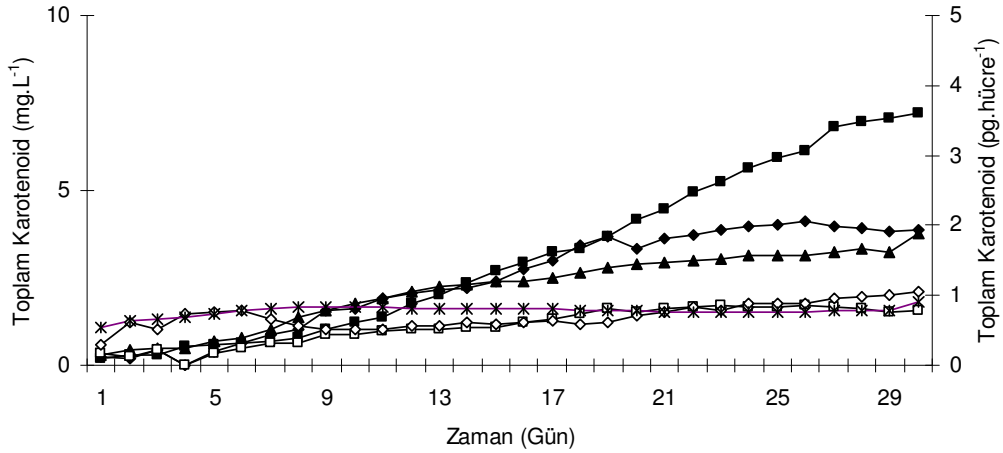
Deneme grupları arasında en yüksek karotenoid içeriği 25 °C sıcaklık, 50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 2M tuzluluktaki *Dunaliella viridis* kültüründe litrede 8,22 mg olarak ölçülürken, en düşük karotenoid miktarı 25 °C, 75 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti ve 3M tuzluluktaki kültürde 2,03 mg L^{-1} olarak saptanmıştır. Şekil 5,6,7 ve 8'de *Dunaliella viridis* Ayvalık suşunun toplam karotenoid içeriği ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarının zamana bağlı değişimleri görülmektedir.

25 °C sıcaklık ve 50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti uygulanan denemede, en yüksek toplam karotenoid içeriği 8,22 mg L^{-1} olarak 2M tuzlulukta belirlenmiştir. En düşük karotenoid içeriği ise 3M tuzlulukta 3,43 mg L^{-1} olarak bulunmuştur. 1M tuzlulukta ise toplam karotenoid içeri en yüksek 5,72 mg L^{-1} olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarları sırasıyla 0,92, 1,0, 0,82 pg hücre $^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 73).



Şekil 73. 50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre $^{-1}$).

Aynı ışık şiddeti ve 28 °C uygulanan kesikli kültürlerde en yüksek karotenoid içeriği 7,21 mg L⁻¹ olarak 2M tuzluluktaki denemede saptanmıştır. En düşük karotenoid içeriği 2,03 mg L⁻¹ olarak 3M tuzluluktaki kültürlerde ölçülürken, 1M tuzluluktaki kütlülerin ulaştığı maksimum karotenoid miktarı litrede 3,22 mg olarak bulunmuştur. Hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı 2M tuzlulukta 1,05 pg hücre⁻¹ olarak belirlenirken 1M ve 3M tuzluluktaki kültürlerde sırasıyla 0,87 ve 0,90 pg hücre⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 74).

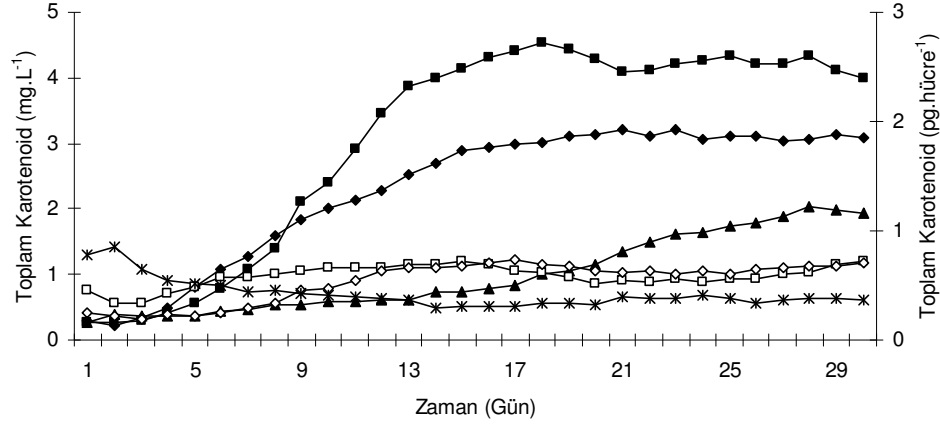


Şekil 74. 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

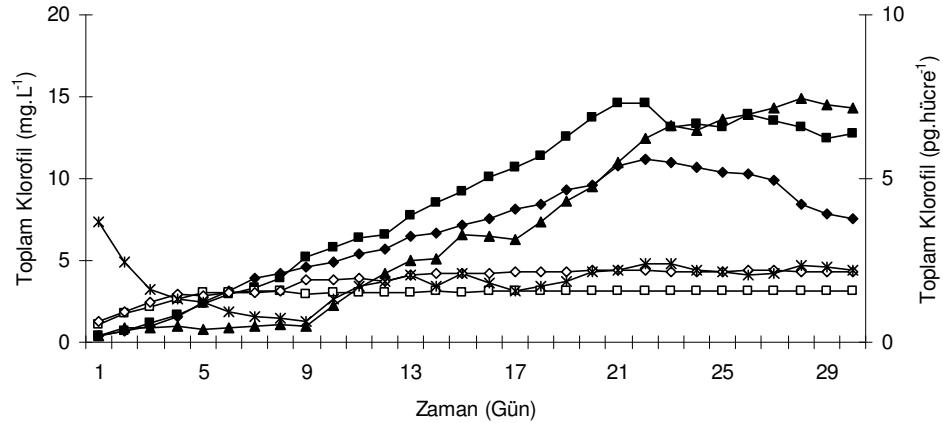
75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti ve 25 °C sıcaklıkta yetiştirilen deneme gruplarında, en yüksek karotenoid içeri 4,53 mg L⁻¹ olarak bulunurken, en düşük karotenoid içeriği 2,03 mg L⁻¹ olarak 3M tuzluluktaki kültürde saptanmıştır. 1M tuzlulukta ise toplam karotenoid en yüksek litrede 3,22 mg olarak belirlenmiştir. Hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı 1M ve 2M tuzluluktaki kültürlerde 0,71 pg hücre⁻¹ olarak ölçülürken, 3M tuzluluktaki kültürlerde 0,41 pg hücre⁻¹ olarak bulunmuştur (Şekil 75).

Işık şiddeti değiştirilmeksizin 28 °C'de yapılan deneme gruplarında, 1M ve 2M tuzluluktaki kültürleri en yüksek karotenoid miktarlarının birbirine yakın olduğu bulunmuştur. Bu değerler sırasıyla 4,38 mg L⁻¹ ve 4,73 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir.

3M tuzluluktaki kültürde ise $3,92 \text{ mg L}^{-1}$ 'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Hücre başına düşen en yüksek karotenoid içeriği 1M tuzlulukta $0,85 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanırken, 2M ve 3M tuzluluktaki kültürler için sırasıyla $0,71$ ve $0,59 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 76)



Şekil 75. $75 \text{ µmol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).



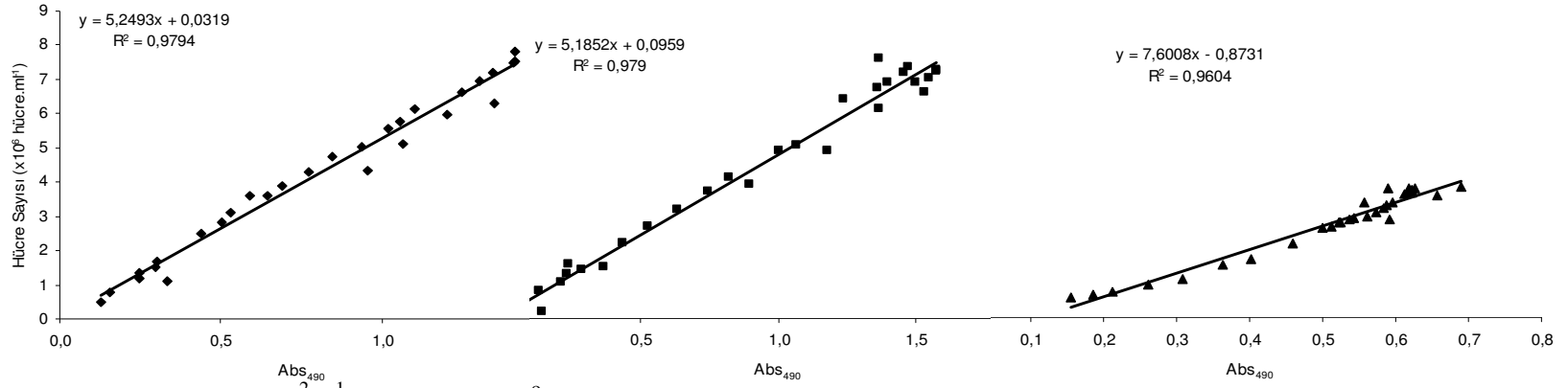
Şekil 76. $75 \text{ µmol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler. 1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲) toplam karotenoid miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

Yapılan Student-t testleri ve varyans analizleri sonucunda farklı tuzluluk, sıcaklık ve ışık şiddetine sahip grupların klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

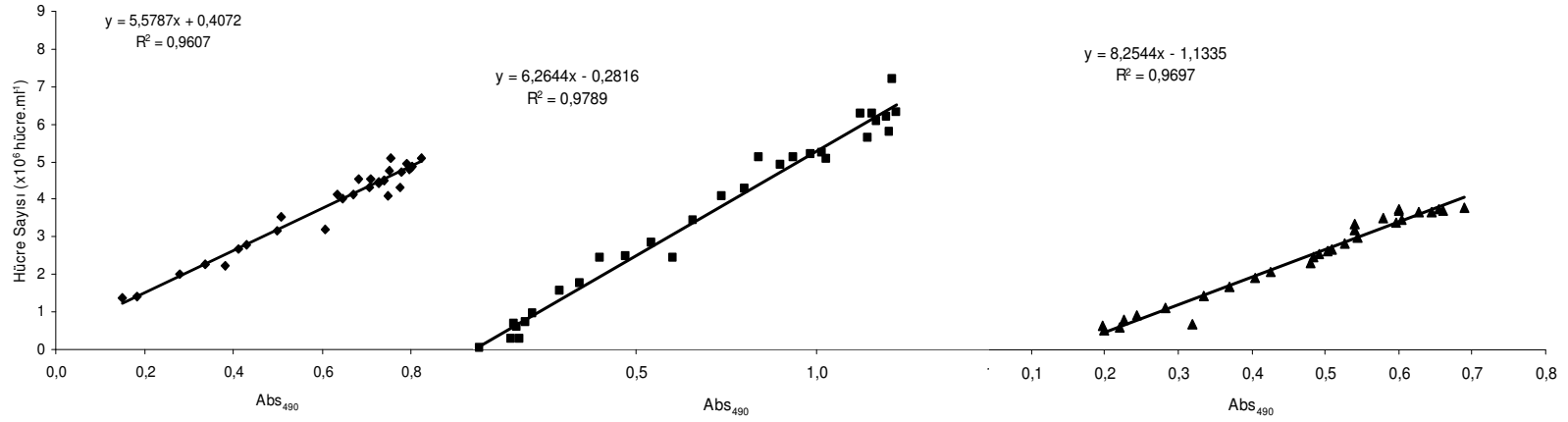
Tüm deneme grupları içerisinde en iyi gelişen ve en yüksek karotenoid içeriğine sahip deneme grubunun $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluk uygulanan kültürlerin olduğu bulunmuştur.

4.3.5.5. Hücre Sayıları ve Abs₄₉₀ Arasındaki İlişki

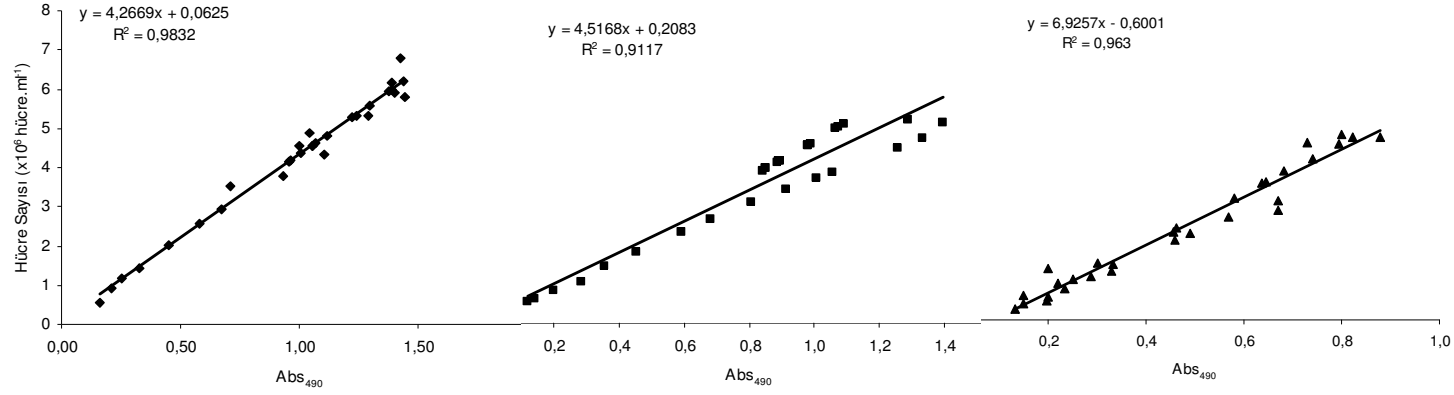
Rutin bir kültür sırasında zaman alıcı işlemlerden en önemlileri arasında hücre sayımı bulunmaktadır. Bu tip işlemlerde pratiklik sağlanması ve yaklaşık değerlerin tahmin edilmesinde spektrofotometrik yöntem denenmiştir. Bu yöntem sayesinde alg örneklerinin sadece spektrofotometrede okutulmasıyla yaklaşık sonuç tahmin edilebilecektir. Bu nedenle örneklerin her gün 490 nm'de absorbans değerleri okunarak hücre sayıları arasındaki ilişki saptanmaya çalışılmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 77 – 80'de gösterilmiştir. Buna göre spektrofotometrede okunan Abs₄₉₀ değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır.



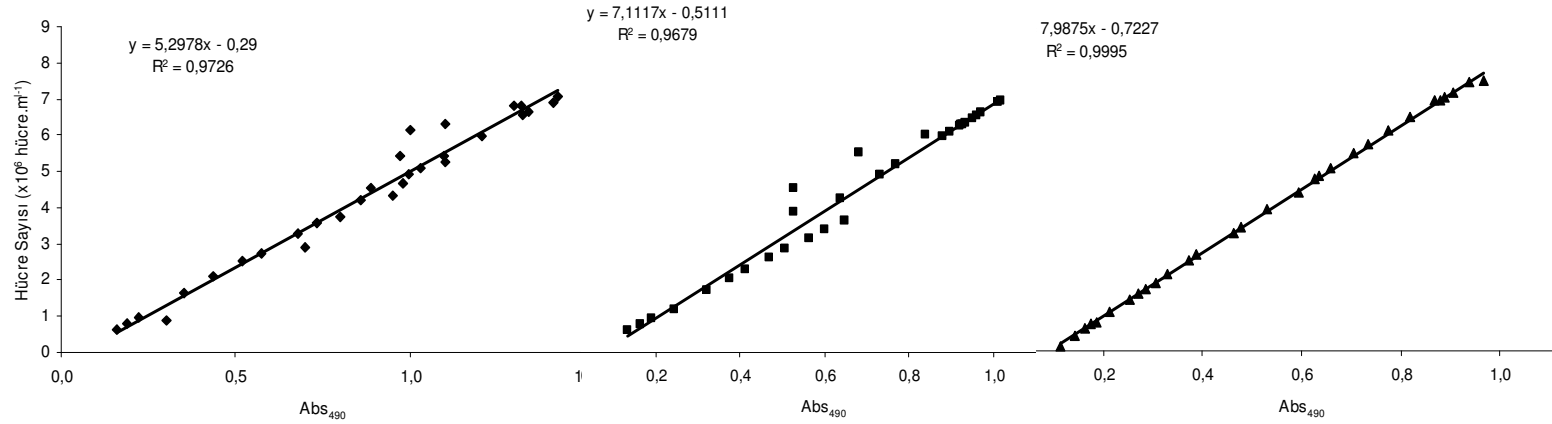
Şekil 77. 50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 78. 50 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



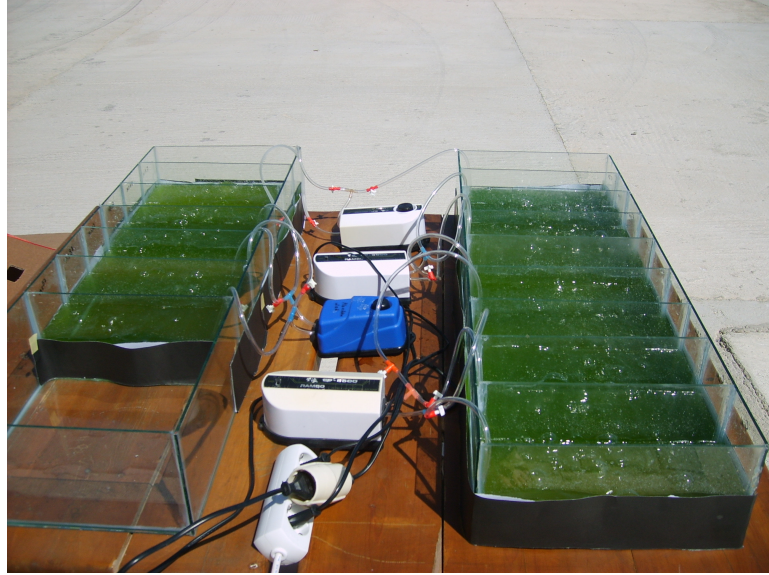
Şekil 79. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.



Şekil 80. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan *D. viridis* Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki (1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

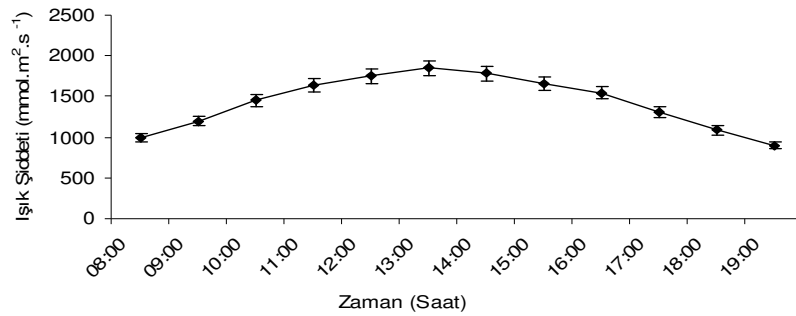
4.4. Dış Ortamda Üretimi

Dunaliella viridis'in beş farklı tuz gölünden izole edilen suşları dış ortamda her biri 2 L'lik hazırlanan deneme düzeneklerinde yetiştirilerek büyüme dinamikleri izlenmiştir. Kurulan deneme düzeneği Şekil 81'de gösterilmektedir.



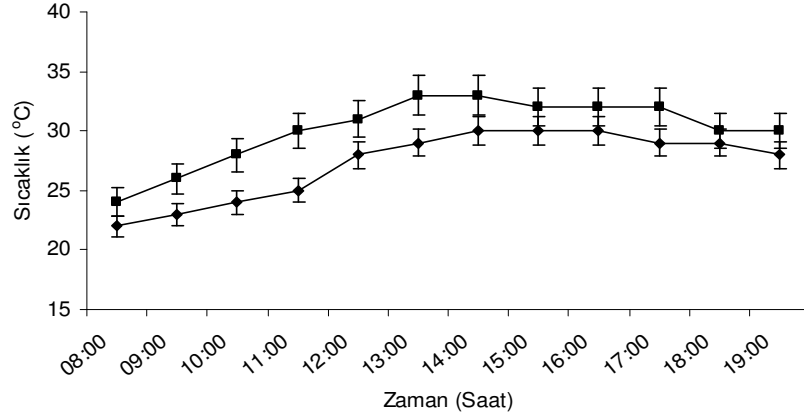
Şekil 81. Dış ortam büyüme denemelerini gerçekleştirmek için kurulan deneme düzeneği (orijinal).

Denemeler süresince gün içerisinde meydana gelen güneş ışığındaki değişimler izlenmiş olup gün içindeki ortalama değerleri Şekil 82'de verilmiştir. 20.07.2006 – 24.08.2006 tarihleri arasında yapılan denemeler sırasında hava 32 gün güneşli, 4 gün parçalı bulutlu seyretmiştir.



Şekil 82. Yapılan denemeler süresince ışık şiddetinde meydana gelen değişimler (20.07.2006 – 24.08.2006)

36 gün sürdürülen denemelerde dış ortam ve kültürlerinde meydana gelen sıcaklık değişimleri ortalaması Şekil 83’de gösterilmiş olup, kültürlerdeki en yüksek sıcaklık öğle saatleri olan 14:00 ve 15:00’de 30 °C olarak saptanmıştır.



Şekil 83. 20.07.2006 – 24.08.2006 tarihleri arasında sıcaklık değerlerinde meydana gelen değişimler. Kültür kaplarındaki su sıcaklığı (♦), Dış ortam sıcaklığı (■).

4.4.1. *Dunaliella viridis* Gelibolu Suşu

4.4.1.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları

D. viridis Gelibolu suşunun dış ortamda, 1M, 2M ve 3M tuzlulukta yapılan denemelerinde en yüksek spesifik büyüme hızı 1M tuzluluktaki kültürlerde 0,40 bölünme gün⁻¹ olarak saptanırken, ikilenme hızı 1,74 gün olarak bulunmuştur. Tüm deneme grupları arasında en düşük büyüme hızı 3M tuzluluktaki kültürlerde 0,12 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme hızı 5,65 gün olarak bulunmuştur. 2M ve 3M tuzluluktaki kültürlerin spesifik büyüme hızlarının birbirine yakın olduğu saptanmıştır (Tablo 19).

Tablo 19. Gelibolu suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkileme zamanı (gün)
1M	0,40	1,74
2M	0,14	4,91
3M	0,12	5,65

4.4.1.2. Hücre Sayıları

Bütün deneme grupları arasında en yüksek hücre sayısı 2M tuzluluktaki kültürler için $7,02 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak hesaplanmıştır. En düşük hücre sayısı 3M tuzluluktaki kültürlerde $4,81 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak saptanırken, tüm deneme grupları arasında en yüksek hücre hacmine sahip hücrelerin 3M tuzluluktaki kültürlerde olduğu belirlenirken tuzluluğun artmasıyla hücre hacimlerinin de arttığı gözlenmiştir (Tablo 20).

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre üç farklı tuzlulukta yetiştirilen *D. viridis*'in hücre sayılarında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

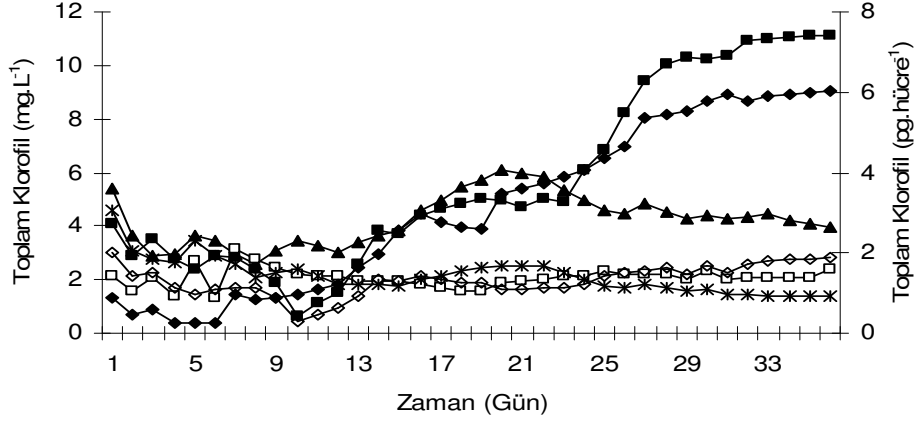
Tablo 20. Gelibolu suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
1M	6,61	31	39,50
2M	7,02	29	64,14
3M	4,81	33	83,96

4.4.1.3. Toplam Klorofil Miktarları

Gelibolu suşunun deneme grupları arasında en yüksek klorofil içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde $11,10 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken, en düşük klorofil içeriği $6,09 \text{ mg L}^{-1}$ olarak 3M tuzluluktaki kültürlerde gözlemlenmiştir. Hücre başına düşen en yüksek klorofil içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde $1,89 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanırken 1M ve 3M tuzluluklardaki kültürler için sırasıyla $1,53$ ve $1,67 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 84).

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre klorofil içeriklerinin istatistiksel yönden farklılık göstermediği saptanmıştır ($p \geq 0,05$).



Şekil 84. Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

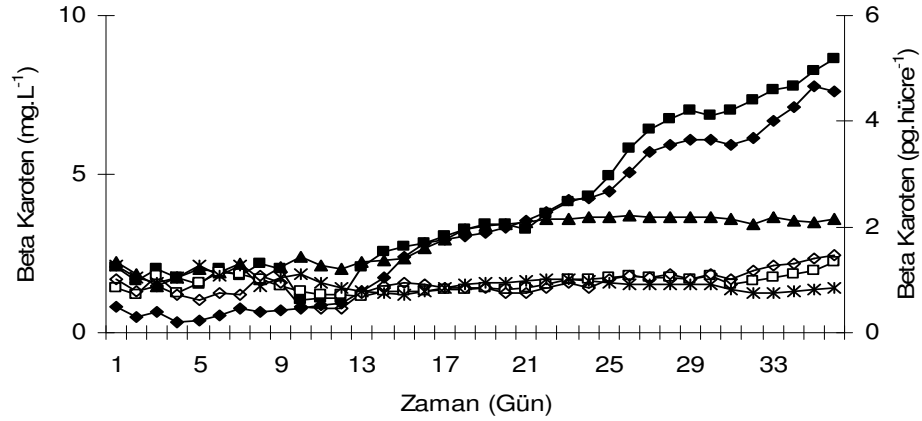
4.4.1.4. β -Karoten İçerikleri

D. viridis Gelibolu suşunun 1M, 2M ve 3M tuzlulukta gerçekleştirilen dış ortam denemelerinde kültürlerin β -karoten içerikleri izlenmiş olup, Gelibolu suşunda en yüksek karotenoid miktarı 2M tuzlulukta kesikli kültürde $8,66 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunurken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı ise aynı kültürde $1,47 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. En düşük karotenoid miktarı 3M tuzlulukta kesikli kültürde $3,68 \text{ mg L}^{-1}$ ve $1,28 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Şekil 85).

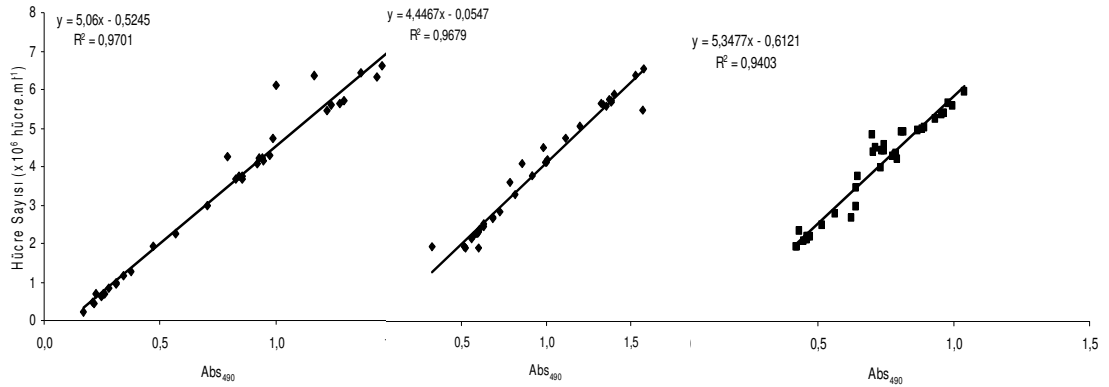
Yapılan tek yönlü varyans analizinde, üç farklı tuzlulukta yetiştirilen deneme gruplarının β -karoten birikimleri istatistiksel olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

4.4.2.5. Hücre Sayısı ve Abs_{490} Arasındaki İlişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişki Şekil 86'da gösterilmiştir.



Şekil 85. Gelibolu suşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler. 1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle) β karoten miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (\square), 2M (\circ), 3M ($*$) hücre başına düşen β karoten miktarı (pg hücre^{-1}).



Şekil 86. Gelibolu suşunun üç farklı tuzluluktaki (1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.2. *Dunaliella viridis* Dalyan Suşu

4.4.2.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları

D. viridis Dalyan suşunun bütün deneme gruplarında ilk üssel büyüme safhasının ilk 10 gün boyunca sürdüğü gözlemlenmiştir. En yüksek spesifik büyüme hızı 1M tuzlulukta yetiştirilen kültürlerde 1,73 bölünme gün⁻¹ olarak hesaplanırken, ikilenme hızı 0,40 gün olarak bulunmuştur. Tüm deneme grupları arasında en düşük büyüme hızı 3M tuzluluktaki kültürlerde olduğu belirlenmiştir. 1M ve 2M

tuzluluktaki kültürlerin spesifik büyüme hızlarının birbirine yakın olduğu saptanmıştır (Tablo 21).

Tablo 21. Dalyan suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkileme zamanı (gün)
1M	1,73	0,40
2M	1,33	0,52
3M	0,28	2,50

4.4.2.2. Hücre Sayıları

Bütün deneme grupları arasında en yüksek hücre sayısı 1M tuzluluktaki kültürler için $4,92 \times 10^6$ hücre ml⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Tüm tuzluluk değerlerinde ulaşılan en yüksek hücre sayısının birbirlerine yakın olduğu görülmüştür (Tablo 22). Tüm deneme grupları arasında en yüksek hücre hacmine sahip hücrelerin 3M tuzluluktaki kültürlerde olduğu belirlenirken tuzluluğun artmasıyla hücre hacimlerinde de arttığı gözlemlenmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda deneme gruplarının hücre sayıları arasında istatistiksel olarak farklılık saptanamamıştır ($p \geq 0,05$).

Tablo 22. Dalyan suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

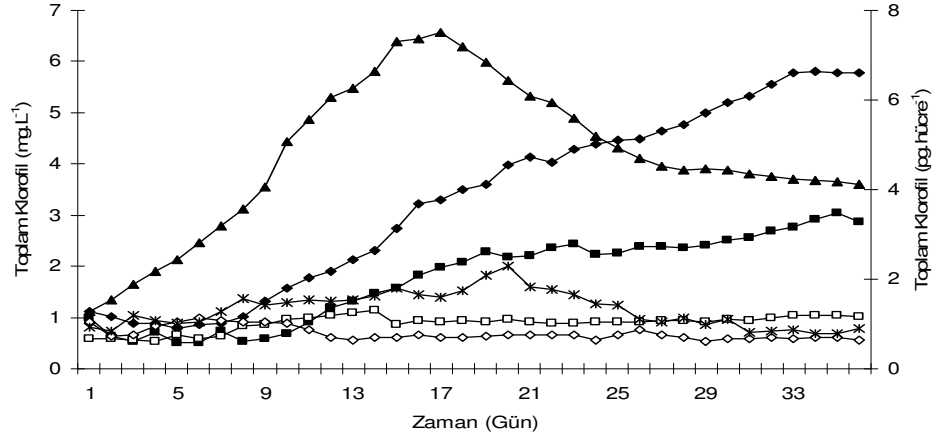
Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10 ⁶ hücre ml ⁻¹)	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (µm ³)
1M	4,92	32	48,65
2M	4,56	35	65,42
3M	4,70	35	110,51

4.4.2.3. Toplam Klorofil Miktarları

Dalyan suşunun deneme grupları arasında en yüksek klorofil içeriği 3M tuzluluktaki kültürlerde $6,57 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken, en düşük klorofil içeriği $3,04 \text{ mg L}^{-1}$ olarak 2M tuzluluktaki kültürlerde gözlemlenmiştir. Hücre başına düşen

en yüksek klorofil içeriği 3M tuzluluktaki kültürlerde 2,29 pg hücre⁻¹ olarak saptanırken 1M ve 2M tuzluluklardaki kültürler için sırasıyla 1,25 ve 0,86 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 87).

Yapılan tek yönlü varyans analizine göre farklı tuzluluklarda yetiştirilen *D. viridis* Dalyan suşunun hücre sayılarında istatistiksel olarak önemli derecede farklılar saptanmıştır (p≤ 0,05).

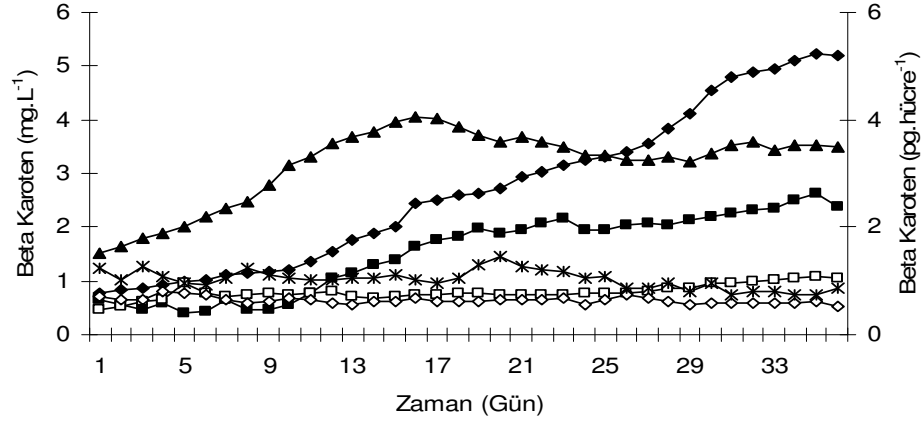


Şekil 87. Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

Yapılan tek yönlü varyans analiz sonucunda farklı tuzluluklarda yetiştirilen *D. viridis* Dalyan suşlarının β-karoten içeriklerinin istatistiksel olarak önemli derece farklılıklar olduğu belirlenmiştir (p≤ 0,05).

4.4.2.4. β-Karoten İçerikleri

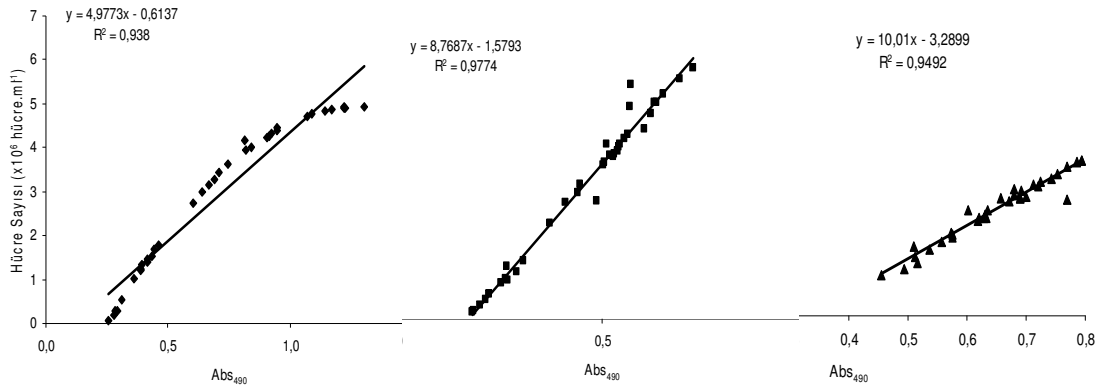
D. viridis Dalyan suşunun 1M, 2M ve 3M tuzlulukta gerçekleştirilen dış ortam denemelerinde kültürlerin β-karoten içerikleri izlenmiş olup, Dalyan suşunda en yüksek karotenoid miktarı 1M tuzluluktaki kesikli kültürde 5,22 mg L⁻¹ olarak bulunurken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı ise 3M tuzluluktaki kültürde 1,46 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir. En düşük karotenoid miktarı 2M tuzluluktaki kültürde 2,63 mg L⁻¹ ve 0,73 pg hücre⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 88).



Şekil 88. Dalıyan süşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) β karoten miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen β karoten miktarı (pg hücre^{-1}).

4.4.2.5. Hücre Sayısı ve Abs₄₉₀ Arasındaki ilişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre spektrofotometrede okunan Abs₄₉₀ değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 89'da gösterilmiştir.



Şekil 89. Dalıyan süşunun üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.3. *Dunaliella viridis* Gökçeada Suşu

4.4.3.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları

D. viridis Gökçeada suşunun dış ortam koşullarında büyümesinin incelendiği denemede, en yüksek spesifik büyüme hızı 1M tuzluluktaki kültürlerde 0,54 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 1,29 gün olarak belirlenmiştir. En düşük spesifik büyüme hızı 2M tuzluluktaki kültürlerde 0,11 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 6,60 gün olarak hesaplanmıştır (Tablo 23).

Tablo 23. Gökçeada suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme.gün ⁻¹)	İkileme zamanı (gün)
1M	0,54	1,29
2M	0,11	6,60
3M	0,32	2,18

4.4.3.2. Hücre Sayıları

Bütün deneme grupları arasında en yüksek hücre sayısı 1M tuzluluktaki kültürler için $5,82 \times 10^6$ hücre ml⁻¹ olarak hesaplanmıştır. 1M ve 2M tuzluluk konsantrasyonlarında ulaşılan en yüksek hücre sayısının birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 24). En düşük hücre sayısı 3M tuzluluktaki kültürlerde $3,99 \times 10^6$ hücre ml⁻¹ olarak saptanmıştır. Tüm deneme grupları arasında en yüksek hücre hacmine sahip hücrelerin 3M tuzluluktaki kültürlerde olduğu belirlenirken tuzluluğun artmasıyla hücre hacimlerinde de arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 24).

Yapılan varyans analizlerine sonucunda deneme gruplarının hücre sayılarının istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

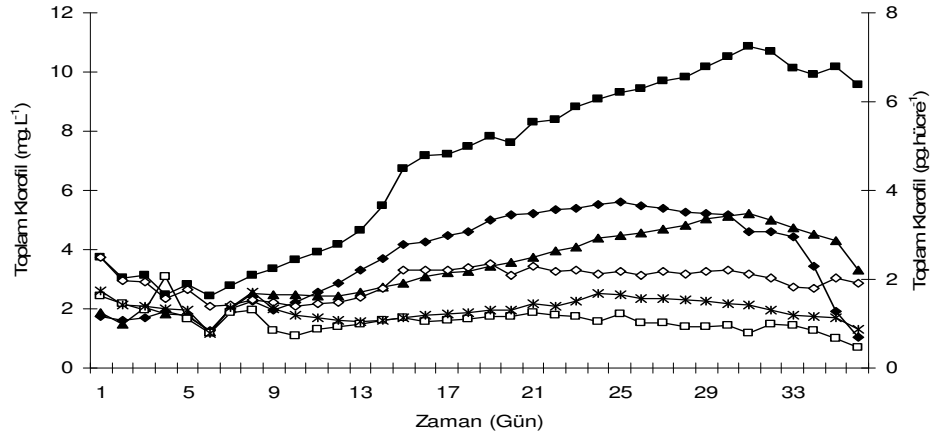
Tablo 24. Gökçeada suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
1M	5,82	31	34,90
2M	5,57	33	93,91
3M	3,99	33	128,79

4.4.3.3. Toplam Klorofil İçerikleri

D. viridis Gökçeada suşunun dış ortam koşullarında yapılan denemelerinde toplam klorofil içeriklerinin birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir. 1M, 2M ve 3M tuzluluklar için toplam klorofil miktarları sırasıyla, 5,59, 10,85 ve 5,23 $mg L^{-1}$ olarak saptanmıştır. Deneme süresince hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı 2M tuzluluktaki kültürde 2,34 $pg hücre^{-1}$ olarak saptanırken, 1M ve 3M tuzluluktaki kültürler için sırasıyla 1,26 ile 1,68 $pg hücre^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 90).

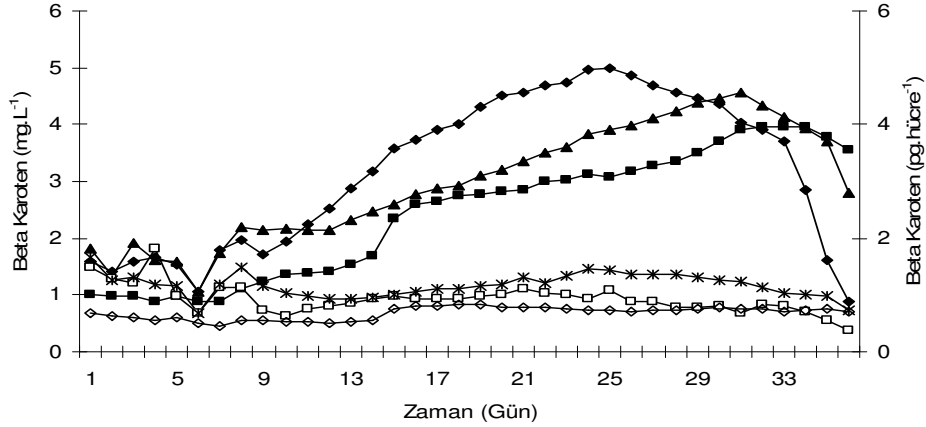
Yapılan varyans analizine göre üç tuzluluk için toplam klorofil içeriklerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,05$).



Şekil 90. Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı ($mg L^{-1}$) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı ($pg hücre^{-1}$).

4.4.3.4. β -Karoten İçerikleri

Gökçeada suşunun 36 gün boyunca sürdürülen kesikli kültüründe en yüksek β -karoten içeriği 1M tuzluluktaki kültürlerde $4,99 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken, hücre başına düşen en yüksek β -karoten miktarı 3M tuzluluktaki kültürlerde $1,47 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. En düşük β -karoten miktarı ise 2M tuzluluktaki kültürlerde $3,96 \text{ mg L}^{-1}$ ve $0,83 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Şekil 91).

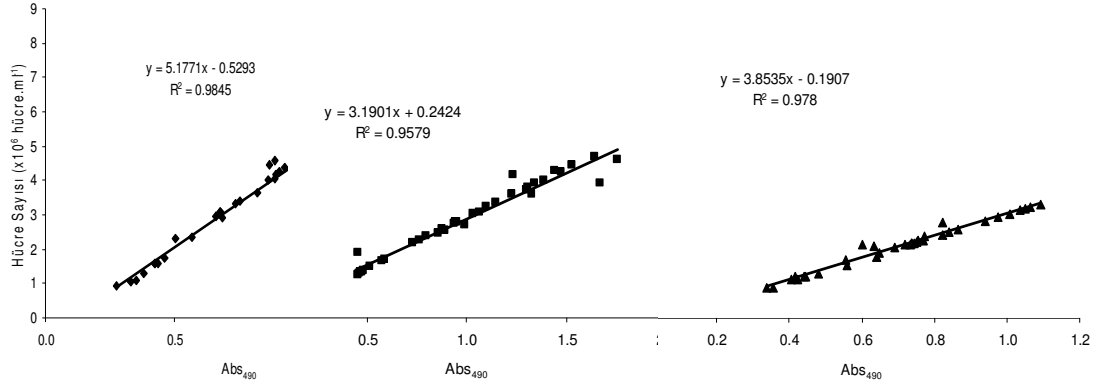


Şekil 91. Gökçeada suşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler. 1M (♦), 2M (■) ve 3M (▲) toplam β karoten miktarı (mgL^{-1}) ve 1M(□), 2M(◇), 3M (*) hücre başına düşen β karoten miktarı (pg hücre^{-1}).

Varyans analizleri sonucunda farklı tuzluluktaki kültürlerin β -karoten içerikleri istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

4.4.3.5. Hücre Sayısı ve Abs_{490} Arasındaki ilişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 92'de gösterilmiştir.



Şekil 92. suşunun üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.4. *Dunaliella viridis* Çamaltı Suşu

4.4.4.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları

Çamaltı suşunun dış ortam koşullarında büyümesinin incelendiği denemede, en yüksek spesifik büyüme hızı 1M tuzluluktaki kültürlerde 0,19 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 3,67 gün olarak belirlenmiştir. 2M ve 3M tuzluluktaki kültürlerin büyüme hızlarının birbirlerine yakın bulunmuştur (Tablo 25).

Tablo 25. Çamaltı suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İklenme zamanı (gün)
1M	0,19	3,67
2M	0,11	6,11
3M	0,13	5,46

4.4.4.2. Hücre Sayıları

35 gün yapılan denemede tüm tuzluluk değerlerindeki kültürlerin ulaştığı hücre yoğunlukları birbirlerine yakın olarak bulunmuştur. En yüksek hücre sayısı 3M tuzluluktaki kültürde 5,67 x 10⁶ hücre ml⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Farklı tuzluluk

konsantrasyonlarındaki kültürlerin ulaştıkları hücre sayıları Tablo 21’de gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda farklı tuzluluklarda büyümeleri incelenen deneme grupları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

Tablo 26. Çamaltı suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
1M	5,36	36	63,32
2M	5,41	33	67,32
3M	5,67	31	87,03

4.4.4.3. Toplam Klorofil İçerikleri

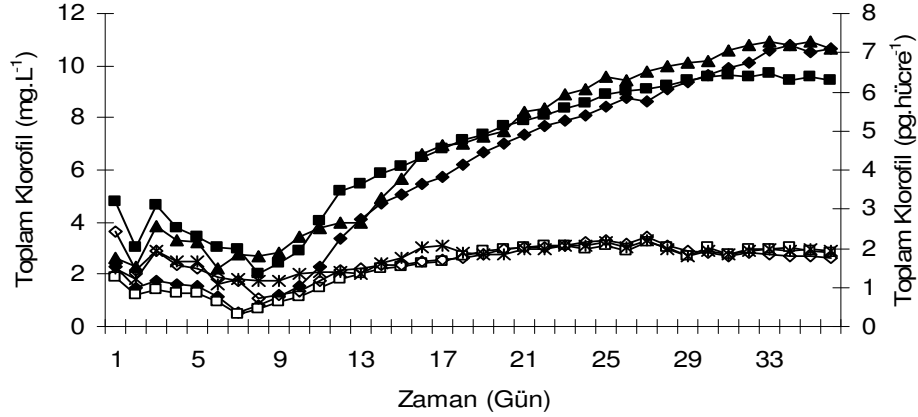
D. viridis Çamaltı suşunun dış ortam koşullarında yapılan denemelerinde toplam klorofil içeriklerinin birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir. 1M, 2M ve 3M tuzluluklar için toplam klorofil miktarları sırasıyla, 10,76, 9,68 ve 10,90 $mg L^{-1}$ olarak saptanmıştır. Deneme süresince hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı 1M tuzluluktaki kültürde 2,36 $pg hücre^{-1}$ olarak saptanırken, 2M ve 3M tuzluluktaki kültürler için sırasıyla 2,29 ile 2,21 $pg hücre^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 93).

Yapılan varyans analizine göre üç 1M, 2M ve 3M tuzlulukta yapılan deneme gruplarının klorofil miktarları istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir ($p \leq 0,05$).

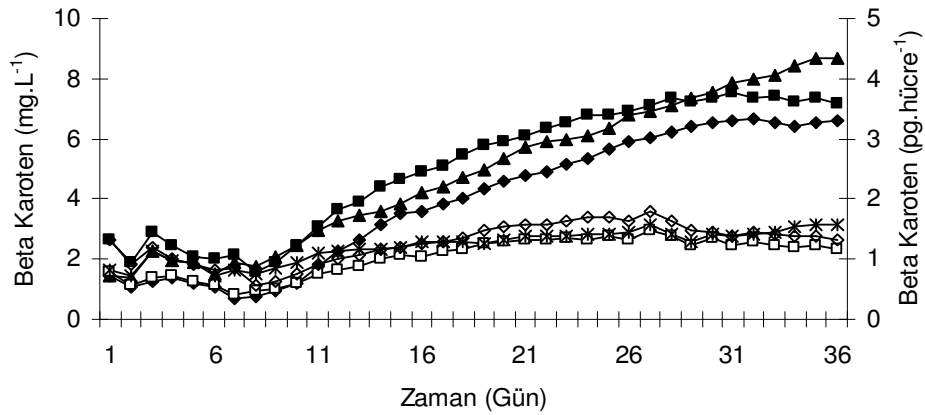
4.4.4.4. β -Karoten İçerikleri

Çamaltı suşunun 1M, 2M ve 3M tuzlulukta gerçekleştirilen dış ortam denemelerinde kültürlerin β -karoten içerikleri de izlenmiştir. Çamaltı suşunda en yüksek karotenoid miktarı 3M tuzluluktaki kesikli kültürde 8,69 $mg L^{-1}$ olarak

bulunurken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı ise 2M tuzluluktaki kültürde $1,78 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. En düşük karotenoid miktarı 1M tuzluluktaki kültürde $6,66 \text{ mg L}^{-1}$ ve $1,48 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Şekil 94).



Şekil 93. Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

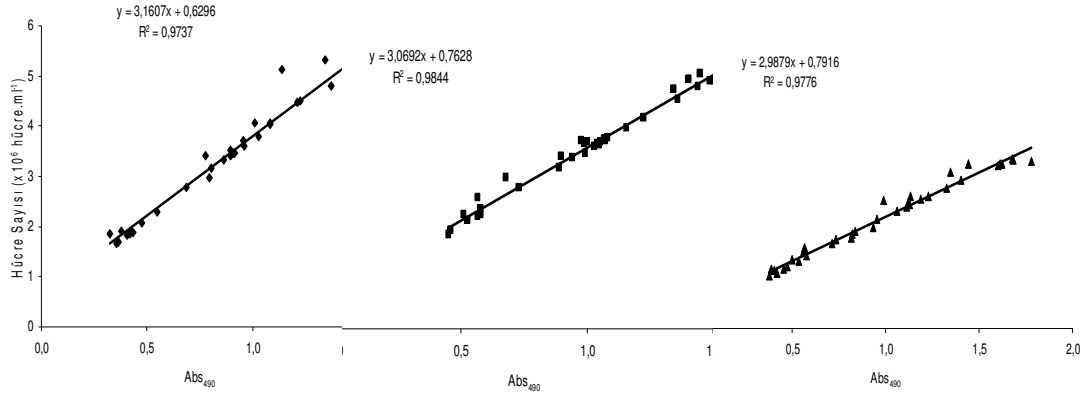


Şekil 94. Çamaltı suşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam β karoten miktarı (mgL^{-1}) ve 1M (□), 2M(◇), 3M(*) hücre başına düşen β karoten miktarı (pg hücre^{-1}).

Yapılan varyans analizlerinde göre farklı tuzluluklarda yetiştirilen *D. viridis* Çamaltı suşunun β -karoten içeriklerinin istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar içerdiği belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

4.4.4.5. Hücre Sayısı ve Abs₄₉₀ Arasındaki İlişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs₄₉₀ değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 96'de gösterilmiştir.



Şekil 95. Çamaltı suşunun üç farklı tuzlulukta (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.5. *Dunaliella viridis* Ayvalık Suşu

4.4.5.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları

Deneme grupları arasında en yüksek büyüme hızı 0,45 bölünme gün⁻¹ olarak 3M tuzlulukta kültürlerde rastlanmıştır. 1M ve 2M tuzlulukta kültürlerde sırasıyla 0,26 ve 0,24 bölünme gün⁻¹ olarak belirlenmiş ve her iki tuzlulukta kültürlerin büyüme hızlarının birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. Tablo 27'de farklı tuzlulukta deneme gruplarına deneme gruplarına ait en yüksek spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları gösterilmiştir.

Tablo 27. Ayvalık suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkileme zamanı (gün)
1M	0,26	2,65
2M	0,24	2,94
3M	0,45	1,53

4.4.5.2. Hücre Sayıları

Ayvalık tuzlasının dış ortamda yapılan denemelerinde en yüksek hücre sayısına 2M tuzluluktaki kültürlerin $5,83 \times 10^6$ hücre ml⁻¹ olarak ulaştığı belirlenirken en düşük hücre sayısı 1M tuzluluktaki deneme grubunda $3,89 \times 10^6$ hücre ml⁻¹ olarak belirlenmiştir. Tablo 28’de deneme gruplarının ulaştıkları en yüksek hücre sayıları ile hücre hacimleri gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda tün tuzluluk gruplarının hücre sayılarının istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

Tablo 28. Ayvalık suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml ⁻¹)	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
1M	3,89	31	58,33
2M	5,83	31	70,66
3M	4,73	34	106,95

4.4.5.3. Toplam Klorofil İçerikleri

Ayvalık suşunun deneme grupları arasında en yüksek klorofil içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde $8,02 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken, en düşük klorofil içeriği $5,1 \text{ mg L}^{-1}$ olarak 1M tuzluluktaki kültürlerde gözlemlenmiştir. Hücre başına düşen en yüksek klorofil içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde $2,02 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanırken

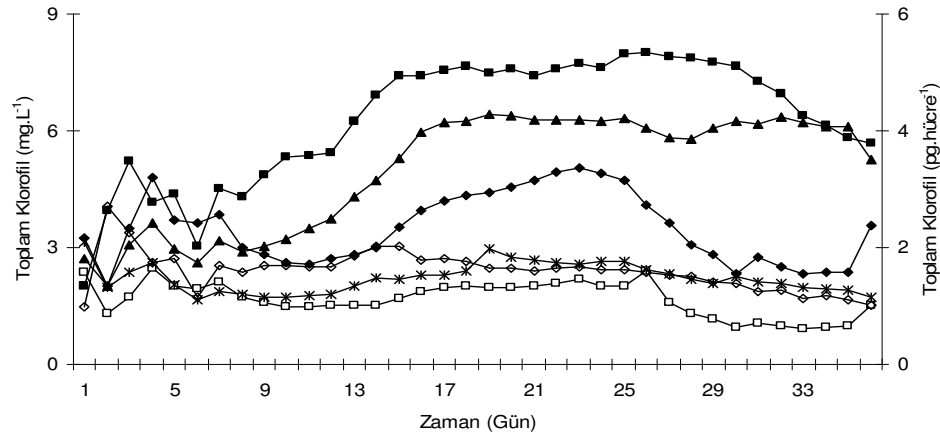
1M ve 3M tuzluluklardaki kültürler için sırasıyla 1,45 ve 1,97 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 96).

Varyans analizi sonucunda 1M, 2M ve 3M tuzlulukta deneme gruplarının toplam klorofil içerikleri istatistiksel olarak önemli derecede farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p \leq 0,05$).

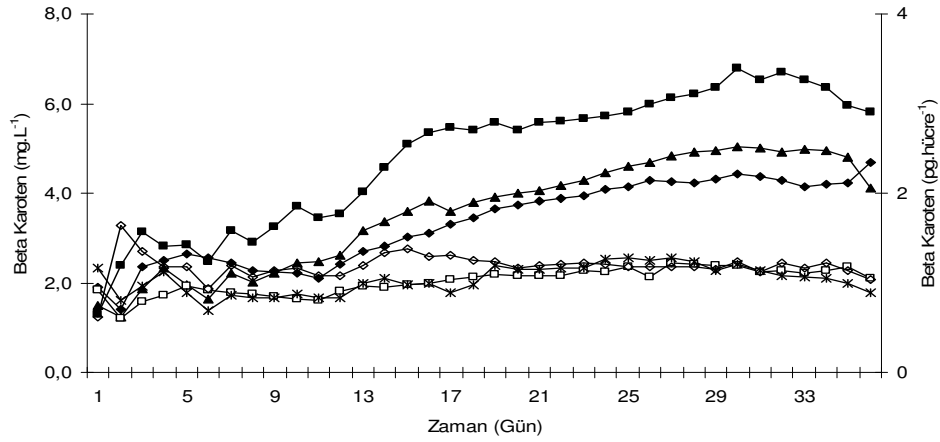
4.4.5.4. β -Karoten İçerikleri

Deneme süresince en yüksek β -karoten birikimi 2M tuzlulukta kültürlerde 6,8 mg L⁻¹ olarak belirlenirken 1M ve 3M kültürler için 4,4 ve 5,0 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. Hücre başına düşen β -karoten içeriği en yüksek 3M tuzlulukta kültürlerde 1,29 pg hücre⁻¹ olarak gözlenmiştir. 1M ve 2M tuzlulukta kültürlerde en yüksek β -karoten içeriği 1,23 pg hücre⁻¹ olarak bulunmuştur (Şekil 97).

Yapılan varyans analizleri sonucunda farklı tuzluluklarda yetiştirilen Ayvalık suşunun β -karoten içerikleri istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,05$).



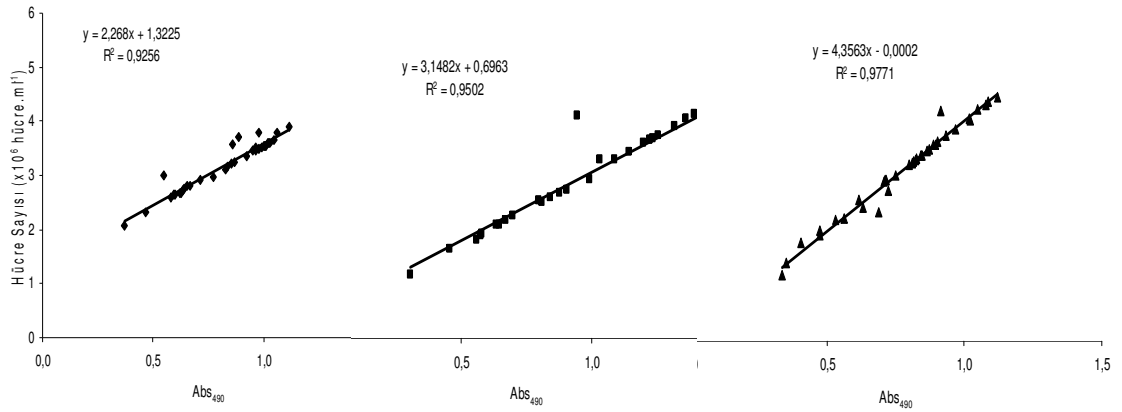
Şekil 96. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).



Şekil 97. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam β -karoten miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (☆) hücre başına düşen β -karoten miktarı (pg hücre^{-1}).

4.4.5.5. Hücre Sayısı ve Abs₄₉₀ Arasındaki İlişki

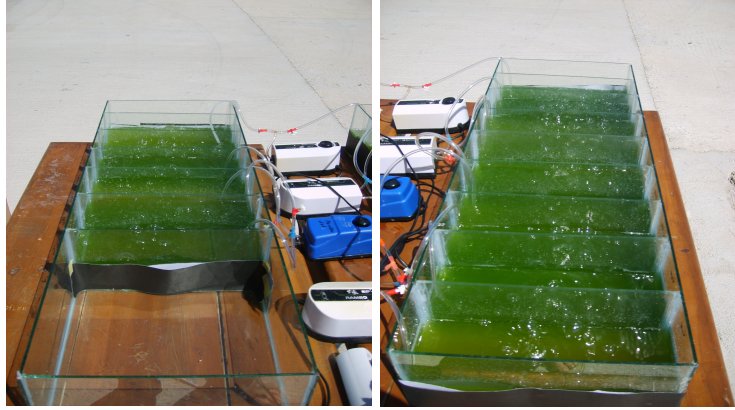
Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Buna göre spektrofotometrede okunan Abs₄₉₀ değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 98'de gösterilmiştir.



Şekil 98. Ayvalık suşunun üç farklı tuzluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

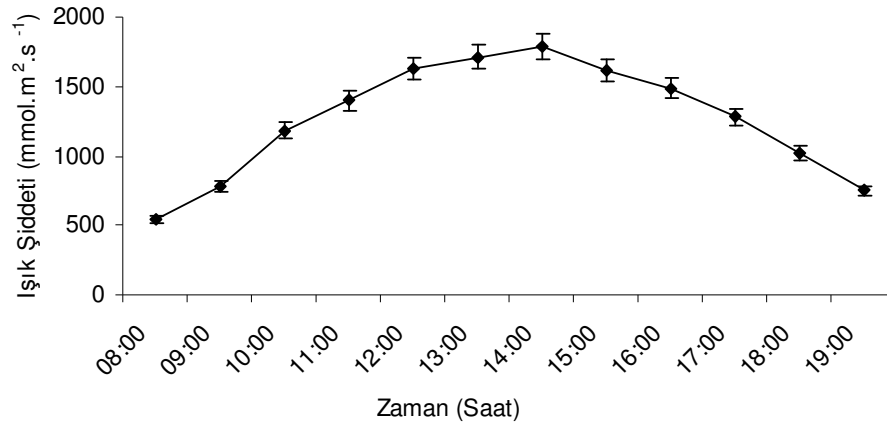
4.5. Dış Ortamda β -Karoten Biriktirme Amaçlı Yapılan Kültürü

Dış ortamda yüksek ışık şiddeti ve azot eksikliğinde *Dunaliella* hücrelerinde meydana gelen değişimlerini izlemek amacıyla son deneme grubu kurulmuştur. 40 gün boyunca laboratuarda yetiştirilen *Dunaliella* suşları dış ortamda, Modifiye edilmiş Johnson ortamından azot kaynağı çıkartılarak yetiştirilmişlerdir. Kurulan deneme düzeneği Şekil 99'da gösterilmiştir.



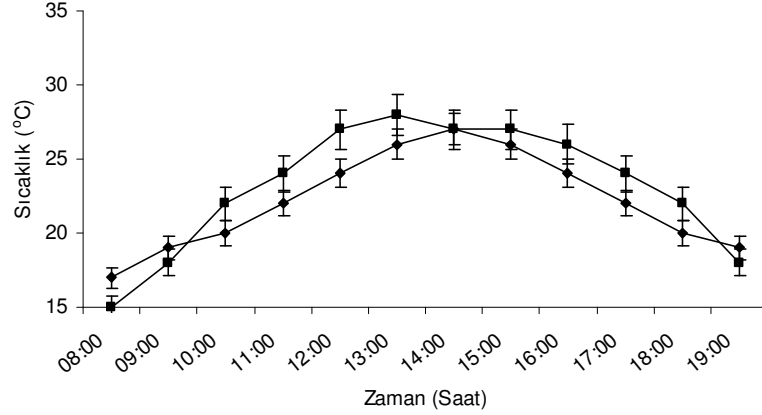
Şekil 99. Dış ortamda kırmızılaştırma denemesi için kurulan deneme düzeneği

05.09.2006 -04.10.2006 tarihleri arasında sürdürülen denemelerin gün içerisindeki güneş ışığındaki değişimler izlenmiş olup ortalama değerleri Şekil 100'de verilmiştir. 30 gün devam eden denemelerde hava 25 gün güneşli, 3 gün parçalı bulutlu ve 2 gün yağmurlu seyretmiştir.



Şekil 100. Denemeler süresince ışık şiddetinde meydana gelen değişimler (05.09.2006 – 04.10.2006).

30 gün sürdürülen denemelerde dış ortam ve kültürlerinde meydana gelen sıcaklık değişimleri ortalaması Şekil 101'de gösterilmiş olup, kültürlerdeki en yüksek sıcaklık öğle saatleri olan 13:00 ve 15:00'de 27 °C olarak saptanmıştır.



Şekil 101. 05.09.2006 – 04.10.2006 tarihleri arasında sıcaklık değerlerinde meydana gelen değişimler. Kültür kaplarındaki su sıcaklığı (◆), Dış ortam sıcaklığı (■).

Deneme gruplarında aplanosporlara rastlanılmıştır. Aplanosporlar ilk önce 1M tuzluluktaki kültürlerde görülmüş daha sonra 2M ve 3M tuzluluktaki kültürlerde de saptanmıştır. Aplanospor oluşumunun artmasıyla tüm kültürlerde hücrelerin hacimlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.

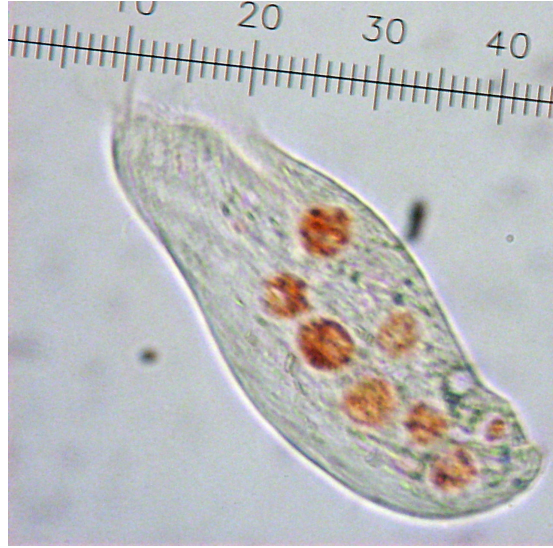
Gelibolu *D. viridis* suşunun dış ortam kırmızılaştırma denemelerinde 15. günden itibaren siliatlardan *Fabrea salina* türü tespit edilmiştir. Daha sonraki günlerde tüm suşlarda bu türe raslanılmıştır. *F. salina*'nın *Dunaliella* hücreleriyle beslendiği yapılan mikroskop incelemelerinde belirlenmiştir (Şekil 102). Bu durum hücre sayısında önemli düşüişlere neden olmuştur.

4.4.1. *Dunaliella viridis* Gelibolu Suşu

4.4.1.1. Büyüme Hızları ve İkilene Zamanları

D. viridis Gelibolu suşunun dış ortamda, 1M, 2M ve 3M tuzlulukta yapılan denemelerinde en yüksek spesifik büyüme hızı 3M tuzluluktaki kültürlerde 0,48 bölünme gün⁻¹ olarak saptanırken, ikilene hızı 1,44 gün olarak bulunmuştur. Tüm

deneme grupları arasında en düşük büyüme hızı 1M tuzluluktaki kültürlerde 0,1 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme hızı 6,91 gün olarak saptanmıştır (Tablo 29).



Şekil 102. *Fabrea salina*'nın genel görünümü (orijinal 40x).

Tablo 29. Gelibolu suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkileme zamanı (gün)
1M	0,1	6,91
2M	0,33	2,08
3M	0,48	1,44

4.4.1.2. Hücre Sayıları

Bütün deneme grupları arasında en yüksek hücre sayısı 2M tuzluluktaki kültürler için $3,52 \times 10^6$ hücre ml⁻¹ olarak hesaplanmıştır. En düşük hücre sayısı 1M tuzluluktaki kültürlerde $1,94 \times 10^6$ hücre ml⁻¹ olarak saptanmıştır. Deneme gruplarında aplanosporların görülmeye başlamasıyla birlikte hücre hacmlerinde yükseldiği belirlenmiştir (Tablo 30).

Yapılan varyans analizine göre üç farklı tuzluluktaki deneme gruplarının hücre sayıları arasında istatistiksel olarak önemli derece farklılıklar saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

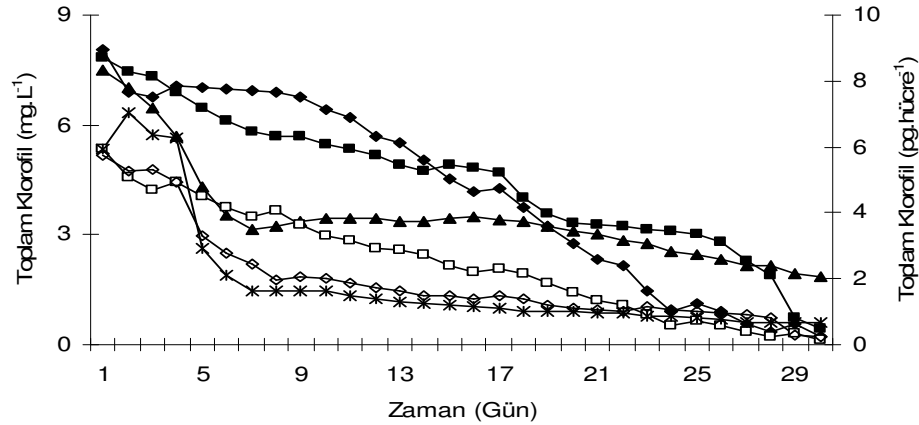
Tablo 30. Gelibolu suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
1M	1,94	10	218,14
2M	3,52	16	240,66
3M	3,28	18	265,21

4.4.1.3. Toplam Klorofil Miktarları

Denemenin başladığı tarihten itibaren Gelibolu *Dunaliella viridis* suşunun her üç tuzluluktaki klorofil içeriklerinin azaldığı saptanmıştır. En düşük klorofil miktarı 1M tuzluluktaki $0,56 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken, 2M ve 3M tuzluluk değerleri için en düşük klorofil içerikleri sırasıyla $0,74$ ve $1,86 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen klorofil miktarları ise her üç tuzluluk konsantrasyonu için $0,36$, $0,29$ ve $0,66 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 103).

Varyans analizi sonucunda üç farklı tuzlulukta yetiştirilen kültürlerin klorofil içerikleri istatistiksel olarak farklı olmadığı saptanmıştır ($p \geq 0,05$).

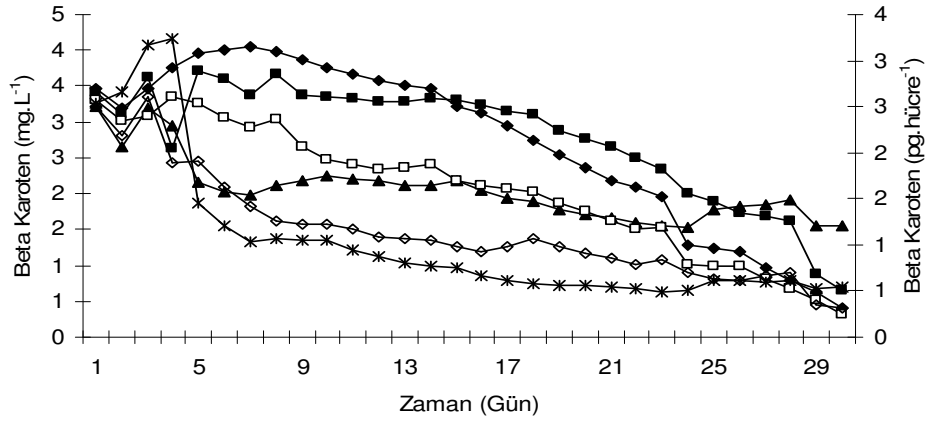


Şekil 103. Dış ortamda yetiştirilen Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı ($mg L^{-1}$) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı ($pg hücre^{-1}$).

4.4.1.4. β -Karoten İçerikleri

Denemeye başlanılan günden itibaren Gelibolu *D. viridis* suşunun her üç tuzlulukta β -karoten içeriklerinin azaldığı saptanmıştır. En düşük β -karoten miktarı 1M tuzlulukta $0,39 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken, 2M ve 3M tuzluluk değerleri için en düşük β -karoten içerikleri sırasıyla $0,64$ ve $1,54 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Hücre başına düşen β -karoten miktarları ise her üç tuzluluk konsantrasyonu için $0,25$, $0,31$ ve $0,54 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 104).

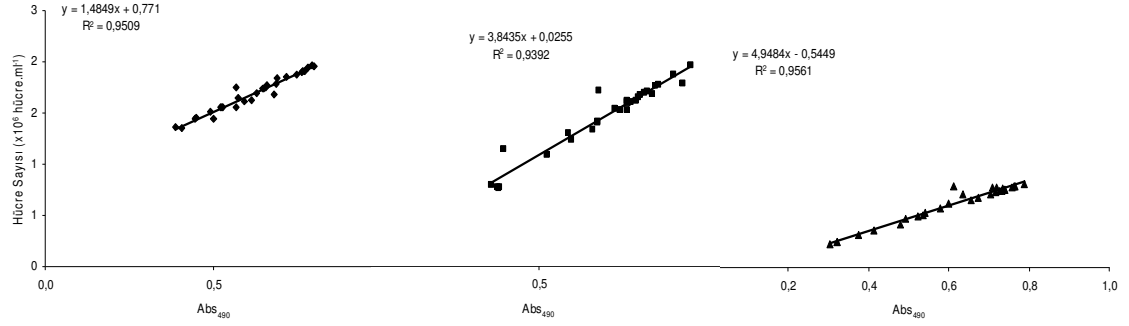
Yapılan varyans analizleri sonucunda β -karoten içeriklerin istatistiksel yönden önemli derecede farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).



Şekil 104. Dış ortamda yetiştirilen Gelibolu suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler. 1M (\blacklozenge), 2M (\blacksquare) ve 3M (\blacktriangle) toplam β -karoten miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (\square), 2M (\diamond), 3M ($*$) hücre başına düşen β -karoten miktarı (pg hücre^{-1}).

4.4.1.5. Hücre Sayısı ve Abs_{490} Arasındaki ilişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 105'de gösterilmiştir.



Şekil 105. Gelibolu suşunun üç farklı tuzlulukta (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.2. *Dunaliella viridis* Dalyan Suşu

4.4.2.1. Büyüme Hızları ve İklenme Zamanları

D. viridis Dalyan suşunda en yüksek spesifik büyüme hızı 1M tuzlulukta yetiştirilen kültürlerde 0,35 bölünme gün⁻¹ olarak hesaplanırken, ikilenme hızı 1,95 gün olarak bulunmuştur. Tüm deneme grupları arasında en düşük büyüme hızı 3M tuzlulukta kültürlerde 0,14 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme hızı 5,01 gün olduğu belirlenmiştir (Tablo 31).

4.4.2.2. Hücre Sayıları

Bütün deneme grupları arasında en yüksek hücre sayısı 1M tuzlulukta kültürler için 3,61x10⁶ hücre ml⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Tüm tuzluluk değerlerinde ulaşılan en yüksek hücre sayısının birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 32). Tüm deneme grupları arasında en yüksek hücre hacmine sahip hücrelerin 3M tuzlulukta kültürlerde olduğu belirlenirken aplan sporların hücre hacimlerinin daha fazla olduğu saptanmıştır.

Varyans analizlerine göre hücre sayıları istatistiksel yönde farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).

Tablo 31. Dalyan suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkileme zamanı (gün)
1M	0,35	1,95
2M	0,20	3,43
3M	0,14	5,01

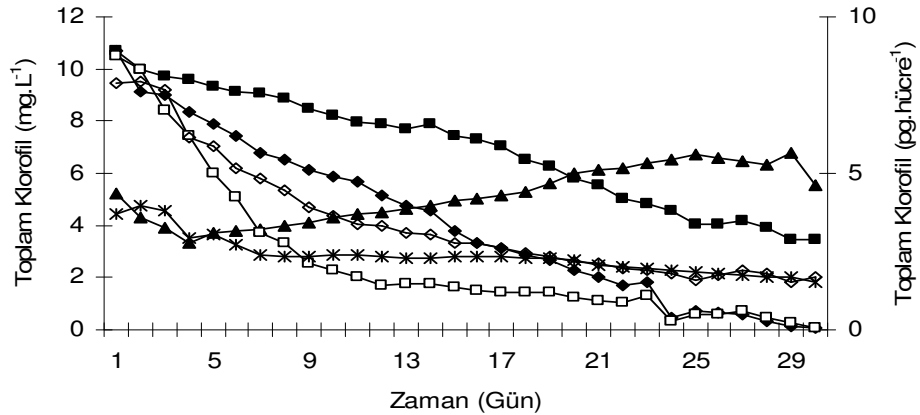
Tablo 32. Dalyan suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10 ⁶ hücre ml ⁻¹)	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (µm ³)
1M	3,61	12	286,19
2M	2,69	17	325,09
3M	4,01	29	366,43

4.4.2.3. Toplam Klorofil Miktarları

Dalyan suşunun deneme grupları arasında en yüksek klorofil içeriği 3M tuzluluktaki kültürlerde 6,76 mg L⁻¹ ve 1,69 pg hücre⁻¹ olarak belirlenirken, 1M ve 2M tuzluluktaki kültürlerde klorofil içeriklerinin deneme başından itibaren azaldığı saptanmıştır (Şekil 106).

Yapılan varyans analizi sonucunda hücre sayıları arasında istatistiksel olarak önemli derece farklılıklar bulunmuştur (p ≤ 0,05).

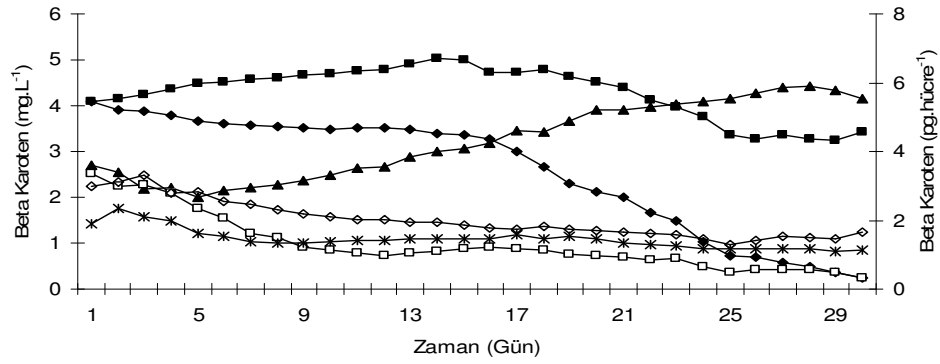


Şekil 106. Dış ortamda yetiştirilen Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).

4.4.2.4. β -Karoten İçerikleri

D. viridis Dalyan suşunun 1M, 2M ve 3M tuzlulukta gerçekleştirilen dış ortam denemelerinde kültürlerin β -karoten içerikleri izlenmiş olup, Dalyan suşunda en yüksek karotenoid miktarı 2M tuzlulukta kesikli kültürde $5,04 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunurken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı ise 3M tuzlulukta kültürde $1,81 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. 1M ve 2M tuzlulukta kültürlerde β -karoten içeriklerinin deneme başından itibaren azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 107).

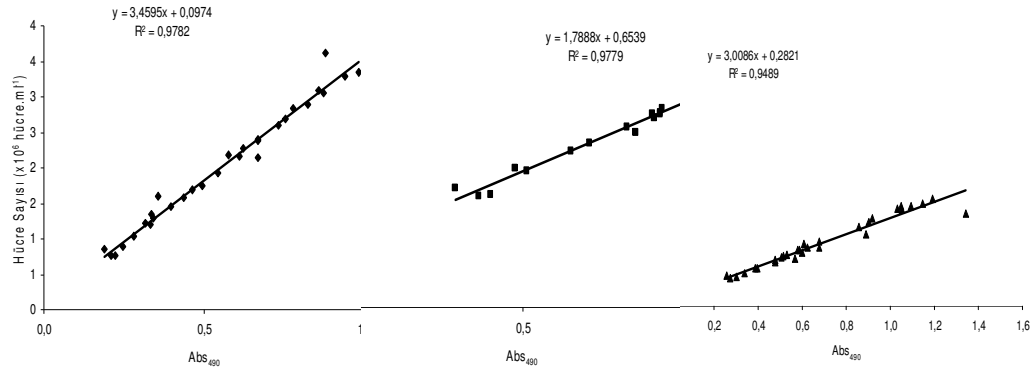
Varyans analizi sonucuna göre üç farklı tuzlulukta yetiştirilen kültürlerin β -karoten içerikleri istatistiksel yönden önemli farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0,05$).



Şekil 107. Dış ortamda yetiştirilen Dalyan suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) β -karoten miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◇), 3M (*) hücre başına düşen β -karoten miktarı (pg hücre^{-1}).

4.4.2.5. Hücre Sayısı ve Abs_{490} Arasındaki İlişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 108'de gösterilmiştir.



Şekil 108. Dalyan suşunun üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.3. *Dunaliella viridis* Gökçeada Suşu

4.4.3.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları

D. viridis Gökçeada suşunun dış ortam koşullarında büyümesinin incelendiği denemede, en yüksek spesifik büyüme hızı 1M tuzluluktaki kültürlerde 0,20 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 3,42 gün olarak belirlenmiştir. En düşük spesifik büyüme hızı 3M tuzluluktaki kültürlerde 0,13 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 5,29 gün olarak hesaplanmıştır (Tablo 33).

Tablo 33. Gökçeada suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkilenme zamanı (gün)
1M	0,20	3,42
2M	0,17	4,05
3M	0,13	5,29

4.4.3.2. Hücre Sayıları

Bütün deneme grupları arasında en yüksek hücre sayısı 2M tuzluluktaki kültürler için 3,17x10⁶ hücre ml⁻¹ olarak hesaplanmıştır. 1M ve 3M tuzluluk konsantrasyonlarında ulaşılan en yüksek hücre sayısının birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 34). En düşük hücre sayısı 1M tuzluluktaki kültürlerde

2,50x10⁶ hücre ml⁻¹ olarak saptanmıştır. Tüm deneme gruplarında hücre hacimlerinin aplanospor oluşumuyla birlikte artış gösterdiği saptanmıştır.

Yapılan varyans analize göre üç farklı tuzlulukta yetiştirilen *D. viridis* Gökçeada suşunun hücre sayıları arasında istatistiksel yönde önemli derecede farklılıklar bulunmuştur (p≤0,05).

Tablo 34. Gökçeada suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10 ⁶ hücre ml ⁻¹)	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (µm ³)
1M	2,50	10	391,93
2M	3,17	21	419,45
3M	2,94	21	522,49

4.4.3.3. Toplam Klorofil İçerikleri

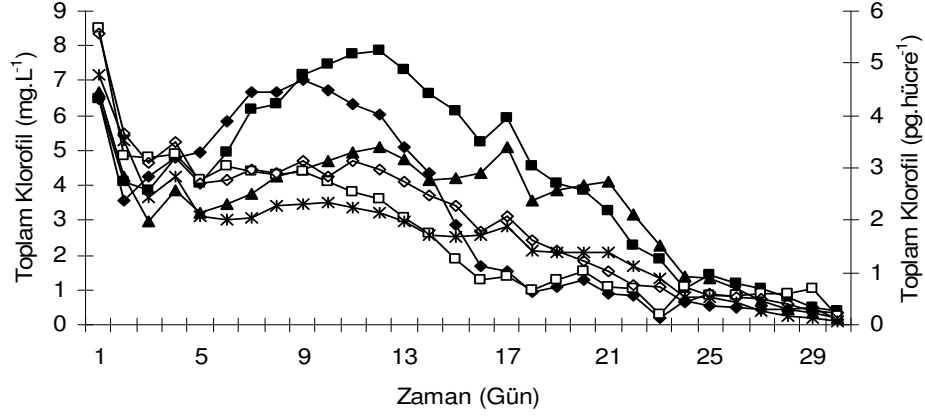
D. viridis Gökçeada suşunun dış ortam koşullarında yapılan denemelerinde 1M ve 2M tuzluluktaki kültürlerin toplam klorofil içeriklerinin birbirlerine yakın olduğu ve sırasıyla 7,01 mg L⁻¹, 7,88 mg L⁻¹ ve 5,11 mg L⁻¹ olarak saptanmıştır. Deneme süresince hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı 2M tuzluluktaki kültürde 3,15 pg hücre⁻¹ olarak saptanırken, 1M ve 3M tuzluluktaki kültürler için sırasıyla 2,93 ile 2,30 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 109).

Yapılan varyans analizinde farklı tuzluluklarda yetiştirilen Gökçeada suşunun toplam klorofil içeriklerinin istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar içerdiği belirlenmiştir (p≤ 0,05).

4.4.3.4. β-Karoten İçerikleri

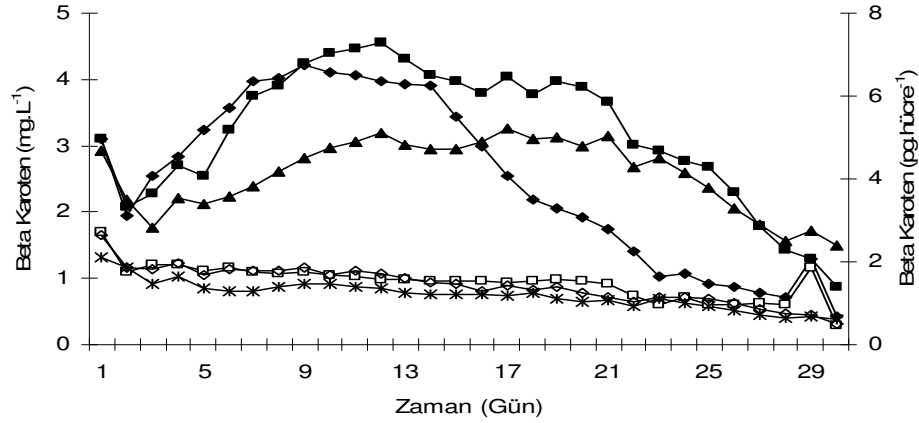
Gökçeada suşunun 30 gün boyunca sürdürülen kesikli kültüründe en yüksek β-karoten içeriği 2M tuzluluktaki kültürlerde 4,55 mg L⁻¹ olarak belirlenirken, hücre başına düşen en yüksek β-karoten miktarı 1M tuzluluktaki kültürlerde 1,77 pg hücre⁻¹

¹ olarak hesaplanmıştır. En düşük β -karoten miktarı ise 3M tuzluluktaki kültürlerde $3,19 \text{ mg L}^{-1}$ ve $1,47 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Şekil 110).



Şekil 109. Dış ortamda yetiştirilen Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

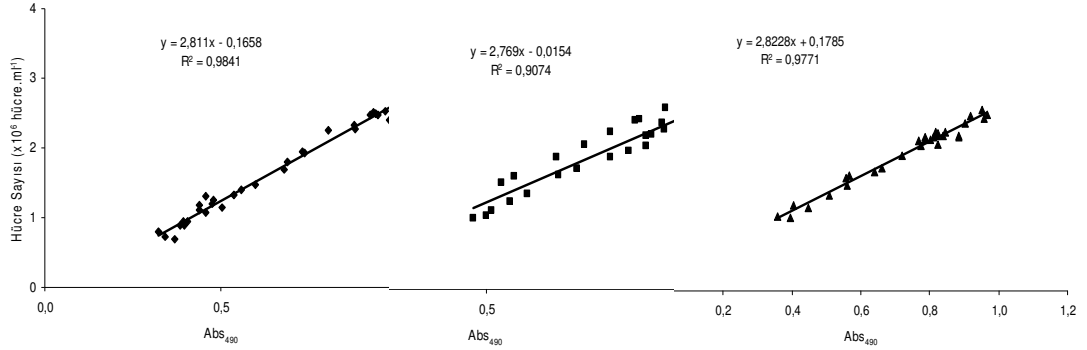
Tek yönlü varyans analizinde Gökçeada suşunun β -karoten içeriklerinin istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar içerdiği belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).



Şekil 110. Dış ortamda yetiştirilen Gökçeada suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam β -karoten miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (○), 3M (*) hücre başına düşen β -karoten miktarı (pg hücre^{-1}).

4.4.3.4. Hücre Sayısı ve Abs₄₉₀ nm Arasındaki İlişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs₄₉₀ değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 111’de gösterilmiştir.



Şekil 111. Gökçeada suşunun üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.4. *Dunaliella viridis* Çamaltı Suşu

4.4.4.1. Büyüme Hızları ve İkilme Zamanları

Çamaltı suşunun dış ortam koşullarında büyümesinin incelendiği denemede, en yüksek spesifik büyüme hızı 2M tuzluluktaki kültürlerde 0,38 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 1,82 gün olarak belirlenmiştir. En düşük büyüme hızı 3M tuzluluktaki kültürlerde 0,11 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 6,31 gün olarak hesaplanmıştır (Tablo 35).

Tablo 35. Çamaltı suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme gün ⁻¹)	İkilenme zamanı (gün)
1M	0,13	5,36
2M	0,38	1,82
3M	0,11	6,31

4.4.4.2. Hücre Sayıları

30 gün yapılan denemede en yüksek hücre sayısı 3M tuzluluktaki kültürde $3,53 \times 10^6 \text{ ml}^{-1}$, en düşük hücre sayısının 1M tuzluluktaki kültürlerde $2,04 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak belirlenmiştir. Farklı tuzluluk konsantrasyonlarındaki kültürlerin ulaştıkları hücre sayıları Tablo 36’de gösterilmiştir.

Tek yönlü varyans analizinde Çamaltı suşunun hücre sayılarının istatistiksel olarak farklı olmadığı saptanmıştır ($p \geq 0,05$).

Tablo 36. Çamaltı suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
1M	2,04	18	112,83
2M	3,19	24	223,97
3M	3,53	25	304,68

4.4.4.3. Toplam Klorofil İçerikleri

D. viridis Çamaltı suşunun dış ortam koşullarında yapılan denemelerinde toplam klorofil içeriklerinin birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. 1M, 2M ve 3M tuzluluklar için toplam klorofil miktarları sırasıyla, 6,79, 8,12 ve 6,89 mg L^{-1} olarak saptanmıştır. Deneme süresince hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı 1M tuzluluktaki kültürde 3,47 pg hücre^{-1} olarak saptanırken, 2M ve 3M tuzluluktaki kültürler için sırasıyla 3,02 ile 2,22 pg hücre^{-1} olarak belirlenmiştir (Şekil 112).

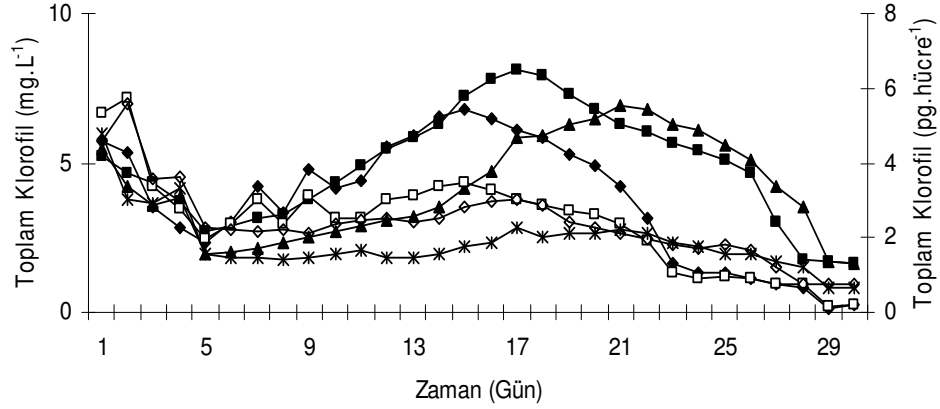
Yapılan varyans analizine göre üç farklı tuzlulukta istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunamamıştır ($p \geq 0,05$).

4.4.4.4. β -Karoten İçerikleri

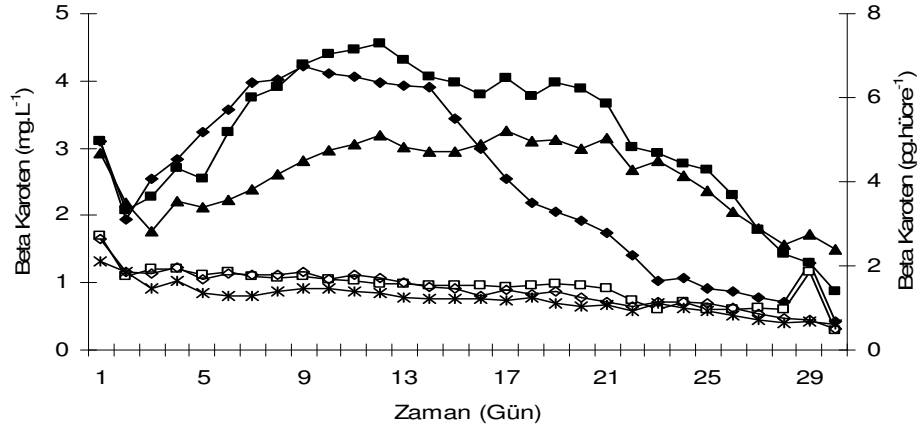
Çamaltı suşunun 1M, 2M ve 3M tuzlulukta gerçekleştirilen dış ortam denemelerinde kültürlerin β -karoten içerikleri izlenmiş olup, en yüksek karotenoid miktarı 2M tuzluluktaki kesikli kültürde 6,05 mg L^{-1} olarak bulunurken, hücre başına

düşen en yüksek karotenoid miktarı ise 1M tuzluluktaki kültürde 2,57 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir. En düşük karotenoid miktarı 3M tuzluluktaki kültürde 5,00 mg L⁻¹ ve 1,44 pg hücre⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 113).

Varyans analizi sonucunda üç farklı tuzluluktaki Çamaltı *D. viridis* suşunun toplam klorofil içerikleri istatistiksel yönden önemli derecede farklı olduğu saptanmıştır ($p \leq 0,05$).



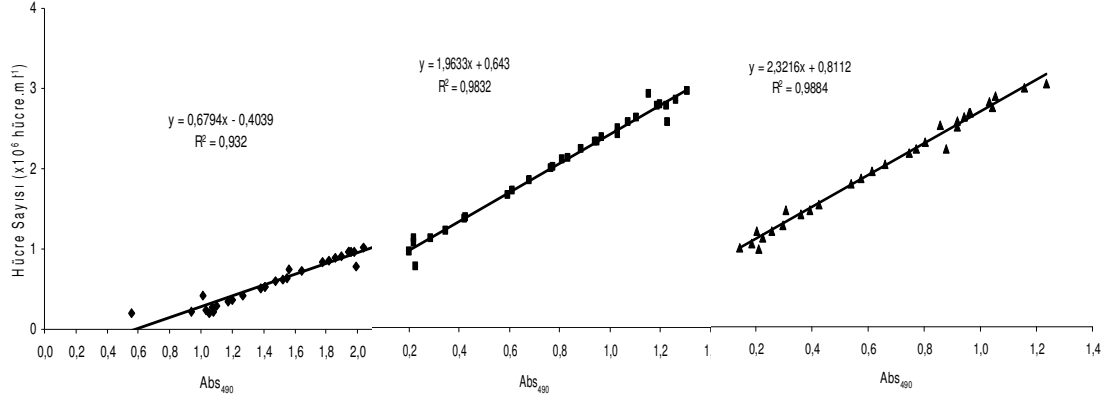
Şekil 112. Dış ortamda yetiştirilen Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) klorofil miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre⁻¹).



Şekil 113. Dış ortamda yetiştirilen Çamaltı suşunun deneme süresince β-karoten miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) β-karoten miktarı (mg L⁻¹) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen β-karoten miktarı (pg hücre⁻¹).

4.4.4.5. Hücre Sayısı ve Abs₄₉₀ nm Arasındaki İlişki

Örneklerin her gün 490 nm’de absorbands değerleri okunarak hücre sayıları arasındaki ilişki saptanmaya çalışılmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 114’de gösterilmiştir. Buna göre spektrofotometrede okunan Abs₄₉₀ değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır.



Şekil 114. Çamaltı suşunun üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

4.4.5. *Dunaliella viridis* Ayvalık Suşu

4.4.5.1. Büyüme Hızları ve İkilenme Zamanları

Deneme grupları arasında en yüksek büyüme hızı 0,25 bölünme gün⁻¹ ve 3,08 gün olarak 2M tuzluluktaki kültürlerde rastlanmıştır. 1M ve 3M tuzluluktaki kültürlerde sırasıyla 0,22 ve 0,15 bölünme gün⁻¹ ve her iki tuzluluktaki kültürlerin ikilenme zamanları 3,08 ve 4,54 gün olarak belirlenmiştir. Tablo 37’de farklı tuzluluktaki deneme gruplarına ait en yüksek spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları gösterilmiştir.

Tablo 37. Ayvalık suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.

Tuzluluk (Molar)	Spesifik Büyüme Hızı (bölünme.gün ⁻¹)	İkilenme zamanı (gün)
1M	0,22	3,08
2M	0,25	2,73
3M	0,15	4,54

4.4.5.2. Hücre Sayıları

Ayvalık tuzlasının dış ortamda yapılan denemelerinde en yüksek hücre sayısına 2M tuzluluktaki kültürlerin $4,95 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak ulaştığı belirlenirken en düşük hücre sayısı 3M tuzluluktaki deneme grubunda $4,48 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak belirlenmiştir. Tablo 38’de deneme gruplarının ulaştıkları en yüksek hücre sayıları ile hücre hacimleri gösterilmiştir.

Tek yönlü varyans analizinde Ayvalık suşunun hücre sayılarının istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlenmiştir ($p \geq 0,05$).

Tablo 38. Ayvalık suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri

Tuzluluk (Molar)	Hücre sayısı (10^6 hücre ml^{-1})	En yüksek hücre sayısına ulaşılan gün	Hücre hacmi (μm^3)
1M	4,94	18	230,67
2M	4,95	18	264,76
3M	4,48	25	411,71

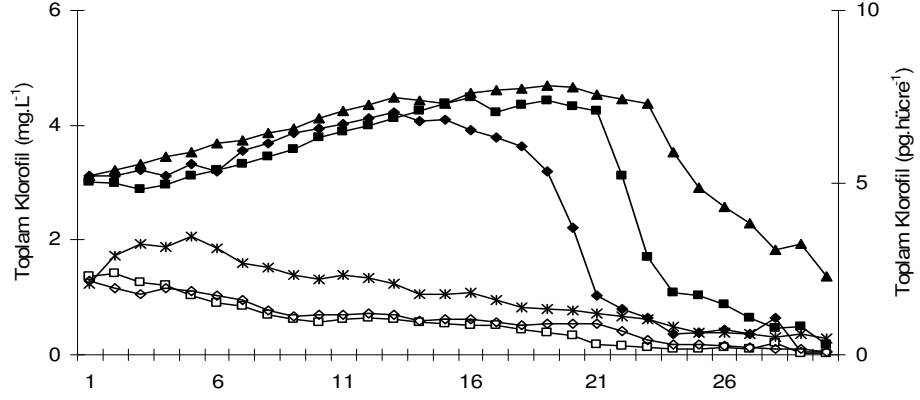
4.4.5.3. Toplam Klorofil İçerikleri

Ayvalık suşunun deneme grupları arasında en yüksek klorofil içeriği 3M tuzluluktaki kültürlerde $4,68 \text{ mg L}^{-1}$ olarak belirlenirken, en düşük klorofil içeriği $4,22 \text{ mg L}^{-1}$ olarak 1M tuzluluktaki kültürlerde gözlemlenmiştir. Hücre başına düşen en yüksek klorofil içeriği 3M tuzluluktaki kültürlerde $2,34 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanırken 1M ve 2M tuzluluklardaki kültürler için sırasıyla $1,05$ ve $1,71 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 115).

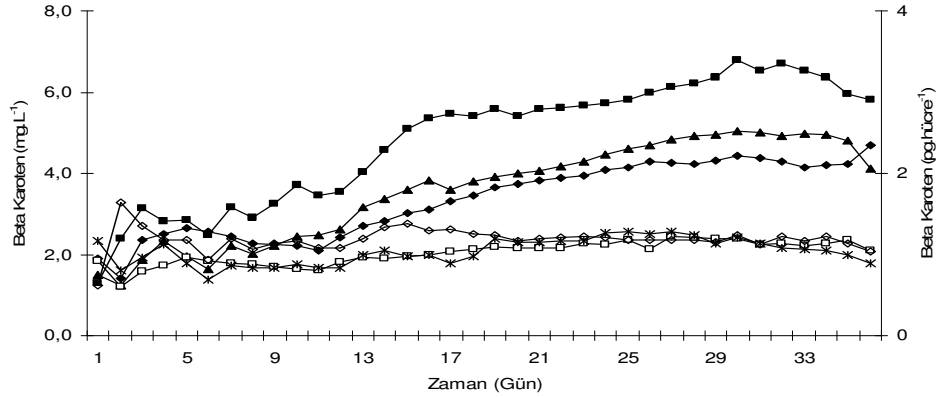
4.4.5.4. β -Karoten İçerikleri

Deneme süresince en yüksek β -karoten birikimi 3M tuzluluktaki kültürlerde $3,07 \text{ mg.L}^{-1}$ olarak belirlenirken 1M ve 2M kültürler için $2,96$ ve $3,02 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Hücre başına düşen β -karoten içeriği en yüksek 3M tuzluluktaki

kültürlerde $1,38 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır. 1M ve 2M tuzluluktaki kültürlerde en yüksek β -karoten içeriği $1,40 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 116).



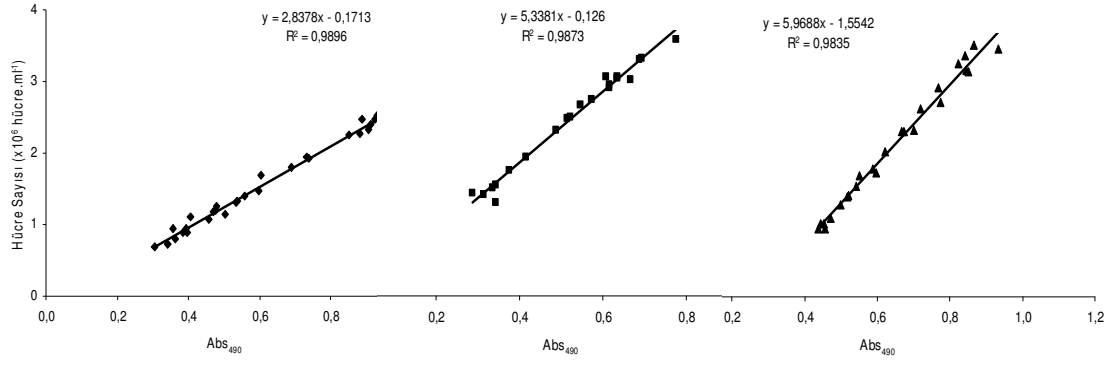
Şekil 115. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).



Şekil 116. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler. 1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲) toplam klorofil miktarı (mg L^{-1}) ve 1M (□), 2M (◊), 3M (*) hücre başına düşen klorofil miktarı (pg hücre^{-1}).

4.4.5.5. Hücre Sayısı ve $\text{Abs}_{490 \text{ nm}}$ Arasındaki İlişki

Hücre sayıları ile 490 nm arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda spektrofotometrede okunan Abs_{490} değeri ile hücre sayısı arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 117'de gösterilmiştir.



Şekil 117. Ayvalık suşunun üç farklı tuzluluktaki (1M (◆), 2M (■) ve 3M (▲)) Hücre Sayısı ile Abs₄₉₀ arasındaki ilişki.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma, Ege ve Marmara bölgelerinde bulunan Gelibolu (Çanakkale), Gökçeada (Çanakkale) ve Dalyan (Çanakkale) tuz gölü ile Çamaltı (İzmir) ve Ayvalık (Balıkesir) tuzlalarındaki *Dunaliella* türlerinin büyüme koşullarını ve karoten birikimlerini belirlemek amacıyla 01.09.2004 – 15.11.2006 tarihleri arasında yapılmıştır. Tez kapsamında öncelikle üç tuz gölü ve tuzladan su örnekleri alınarak *Dunaliella* türlerinin varlıkları tespit edilmiştir. Türlerin dağılımını etkileyen su kalitesi kriterlerini belirlemek amacıyla mevsimsel olarak sürdürülen arazi çalışmalarının yanı sıra laboratuvar koşullarında *Dunaliella* türlerinin izolasyon, sınıflandırma, laboratuvar koşullarında ve dış ortamda kültür çalışmaları da gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme periyodu (1 yıl) süresince en yüksek su sıcaklığı, Dalyan tuz gölünde 31,1 °C olarak belirlenirken, en düşük su sıcaklığı Gökçeada tuz gölünde 7,6 °C olarak saptanmıştır. Doğal tuz göllerinde en yüksek azot içeriği Gökçeada tuz gölü için kış mevsiminde 4,22 µmol olarak saptanırken en düşük toplam azot içeriği 0,04 µmol olarak Gelibolu Tuz gölünde yaz mevsiminde bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda tuz göllerinin azot içeriklerinin düşük olduğu saptanmıştır. Post, (1977) Büyük tuz gölünde (A.B.D.) azot miktarını 4,3 – 7,2 mg L⁻¹ arasında, Stiller ve Nissenbaum (1999) ise Ölü Denizde (İsrail) yaptıkları çalışmada 5,9 – 8,9 mg L⁻¹ olarak bildirmişlerdir (Oren, 2006).

Tuzlalarda en yüksek azot içeriği 3,08 µmol ile Çamaltı tuzlasında kış mevsiminde bulunurken en düşük azot içeriği, aynı tuzlada 0,08 µmol ile yaz mevsiminde saptanmıştır. Her iki tuzlanın buharlaştırma havuzlarından alınan su örneklerinde azot içeriklerinin düşük olduğu belirlenmiş olup, İspanya'da bulunan Fuende de Piedra gölünün (Garcia ve Niell, 1993) toplam azot içeriğiyle (15-200 µg at N L⁻¹) benzerlik göstermektedir.

Gelibolu, Dalyan ve Gökçeada tuz gölleri ile Çamaltı ve Ayvalık tuzlalarında yapılan ölçümlerde fosfat miktarının tüm mevsimler için düşük olduğu tespit

edilmiştir. En yüksek fosfat içeriği Gökçeada tuz gölünde 0,16 µmol olarak saptanırken, Gelibolu tuz gölünde fosfat içeriği yaz, sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde 0,01 µmol olarak belirlenmiştir. Tuz göllerinde birincil üretimi sınırlayan en önemli besin tuzu fosfattır (Oren,2006). Dolapsakis ve diğ. (2005)'nin Megalon Tuzlasında (Yunanistan) yürüttükleri çalışmada göl suyunu fosfat bakımından zenginleştirerek *Dunaliella* populasyonlarında meydana gelen artışı incelemiştirler. Doğal tuz göllerinden biri olan Büyük tuz gölü (A.B.D)'nde fosfat içeriğinin 3 – 17 µM arasında değişim gösterdiği ve buna bağlı olarak birincil üretimin yıl boyunca yüksek olduğu Post (1977) tarafından bildirilmiştir.

Örnekleme yapılan tüm tuz gölleri ve tuzlalarda ilkbahar ve yaz aylarında sıcaklık ve ışığın uygun olması nedeniyle birincil üretimin artmasına bağlı olarak fosfat miktarlarında azalmalar saptanırken, yağışlar ve birincil üretimin azalması nedeniyle sonbahar ve kış mevsiminde artış olduğu belirlenmiştir.

Yapılan TDS (toplam çözünmüş anyon ve katyon) ölçümleri sonucunda tüm göllerde mevsimler arası farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Kış döneminde düşük olan bu değerler yaz döneminde artış göstermiştir. Bu artışa yaz aylarına göre kış aylarında tuzluluğun düşmesinin neden olduğu Lopez-Gonzalez ve diğ. (1998) tarafından bildirilmiştir.

Çalışma alanında tuzlalar ve tuz göllerinden alınan su örneklerinde *Dunaliella salina* türü tespit edilmiş ancak izole edilememiştir. Sonsuz seyreltme yöntemiyle izole edilen türler *D. viridis* olarak tayin edilmiştir. *D. salina*'yı izole etmek amacıyla agar plağına da ekim yapılmıştır. Ekimler sonucunda *D. salina* hücrelerinin çevresinde *D. viridis* hücreleri ürediği belirlenmiş ve *D. salina* izole edilememiştir. Borowitzka ve diğ. (1985), Moulton ve diğ. (1987) yaptıkları çalışmalarda *D. viridis*'in doğal ortamlarda *D. salina*'nın büyümesi engellediğini belirtmişlerdir. Bu nedenle *D. salina* türünün izolasyonu gerçekleştirilememiştir.

Beş farklı bölgeden izole edilen *Dunaliella* türlerinin tuz konsantrasyonu, sıcaklık ve ışık gibi kültür koşullarına fizyolojik olarak uyum sağladığı ve büyüme

kapasitelerinde farklılık görüldüğü tespit edilmiştir. Ginzburg ve Ginzburg (1981, 1985) ile Ben-Amotz (1980) *Dunaliella* türlerinin bu parametreler ile kompleks etkileşimler gösterdikleri ifade etmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarının diğer araştırmacılar ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

İzole edilen *D. viridis* suşlarının laboratuvar koşullarında büyümelerini incelemek amacıyla üç farklı tuzluluk (1M, 2M ve 3M), iki farklı sıcaklık (25 ve 28 °C) ve iki farklı ışık şiddetinde (50 ve 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$) yetiştirilmiştir. Denemelerde Gelibolu, Dalyan ve Ayvalık suşlarının en yüksek büyüme hızlarına 2M tuzlulukta ulaştıkları belirlenmiştir. Ancak, Gökçeada suşunun 1M tuz konsantrasyonunda, Çamaltı suşunun ise 3M tuzlulukta optimum büyüdüğü bulunmuştur.

Tüm deneme gruplarının hücre yoğunlukları ile 490 nm dalga boyu arasındaki ilişkiyi çıkarmak amacıyla regresyon analizler yapılmış ve aralarında yakın bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Capasso ve diğ. (2003) yaptığı çalışmaya paralellik göstermektedir.

Yapılan denemelerde en yüksek büyüme hızları ve ikilenme zamanları sırasıyla Gelibolu suşu için 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzlulukta kültürlerde 0,59 bölünme gün^{-1} ve 1,18 gün, Dalyan suşu için 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzlulukta kültürlerde 1,11 bölünme gün^{-1} ve 0,62 gün, Gökçeada suşu için 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 1M tuzlulukta kültürlerde 1,21 bölünme gün^{-1} ve 0,57 gün, Çamaltı suşu için 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık ve 3M tuzlulukta kültürlerde 0,97 bölünme gün^{-1} ve 0,72 gün, Ayvalık suşu için de 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzlulukta kültürlerde 0,40 bölünme gün^{-1} ve ikilenme zamanı 1,75 gün olarak saptanmıştır. Davis (1990) *D. viridis*'in % 10 - 20 tuzlulukta tuz göllerinin başlıca plankton gruplarından biri olduğunu belirtmiştir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlarla bu çalışma benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Johnson ve diğ. (1968) *D. viridis* kültürlerindeki optimum büyümenin 0,8 ve 2M tuzluluk arasında olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, Borowitzka ve diğ. (1977) ile

Brown ve Borowitzka (1979) *D. viridis*'in optimum % 5,8 - 8,9 tuzluluk arasında büyüdüğünü ve % 23,2 tuzluluğa kadar yaşamını sürdürdüğünü bildirmişlerdir. Sürekli kültürlerde ise tuzluluğun *D. viridis*'in (Jimenez ve diğ., 1990) veya *D. parva* (Gimmler ve diğ., 1981)'nın büyüme oranı üzerinde daha az bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir.

Loeblich (1982), Ginzburg ve Ginzburg (1981), Ben-Amotz ve diğ. (1982) ile Ben-Amotz ve Avron (1980) farklı kültür koşulları altında gerçekleştirdikleri denemelerde büyüme hızlarını 0,7 – 1,0 bölünme gün⁻¹ olarak bildirirken, beş farklı *D. viridis* suşunun laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen denemelerinde büyüme hızlarının 0,20 ile 1,21 bölünme gün⁻¹ arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Deneme grupları arasında en yüksek spesifik büyüme hızı 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 1M tuzluluktaki kültürlerde 1,21 bölünme gün⁻¹ ve ikilenme zamanı 0,57 gün olarak belirlenmiştir.

Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen denemelerde ulaşılan en yüksek hücre sayıları Gelibolu suşu için 75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 3M tuzluluktaki deneme grubunda 8,91x10⁶ hücre ml⁻¹, Dalyan suşu için 75 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürde 6,38x10⁶ hücre ml⁻¹, Gökçeada suşu için 75µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 1M tuzluluktaki denem grubunda 6,90x10⁶ hücre ml⁻¹, Çamaltı suşu için 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki deneme grubunda 8,56x10⁶ hücre ml⁻¹ ve Ayvalık suşu için 50 µmol foton m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık ve 2M tuzluluktaki deneme grubunda olarak hesaplanmıştır.

Hücre sayıları yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Jimenez ve Niell (1990)'in farklı tuzluluk, sıcaklık ve azot konsantrasyonlarıyla *D. viridis* üzerine yaptıkları çalışmada hücre sayılarının 3,5 – 18,5x10⁶ hücre ml⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır. Yapılan bu çalışmada hücre sayıları 3,14 – 8,91x10⁶ hücre ml⁻¹ arasında bulunurken, araştırmacıların çalışmalarıyla benzerlik gösterdiği bulunmuştur.

Beş farklı tuz gölünden izole edilen suşlardan *D. viridis* Gelibolu suşunun en yüksek hücre sayısına ulaştığı belirlenmiştir. Deneme grupları arasında yapılan Student-t testleri ve tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre *D. viridis* Gelibolu ve Dalyan suşlarının hücre sayıları tuzluluk, sıcaklık ve ışık şiddeti değişimlerine göre farklılık gösterdikleri saptanırken ($p \leq 0,05$), Gökçeada ve Çamaltı suşunda ışık şiddetlerindeki değişimlerin, Ayvalık suşunda ise sıcaklıkta meydana gelen değişimlerin hücre sayılarında istatistiksel olarak farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p \geq 0,05$).

Deneme gruplarının hücre hacimleriyle hücre sayıları arasında ters bir ilişki olduğu saptanmış olup, yüksek tuzluluktaki hücrelerin düşük tuzlulukta bulunan hücrelere oranla daha yüksek hücre hacmine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu sonuçlar Ben-Amotz ve Avron (1980) ile Garcia ve diğ. (2007)'nin yaptığı çalışmalarla benzerlik göstermemektedir. Jimenez ve Niell (1990) ise *D. viridis* hücrelerinin hacimlerinde 1-3M tuzluluk aralıklarında belirgin bir değişim olmadığını bildirmişleridir. Denemelerde hücre hacimlerinde meydana gelen değişimler Jimenez ve Niell (1990)'in çalışmasıyla benzerlik göstermektedir.

Deneme grupları arasında ulaşılan en yüksek toplam klorofil miktarları Gelibolu suşu için $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki deneme grubunda $22,84 \text{ mg L}^{-1}$, Dalyan suşu için $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürde $23,33 \text{ mg L}^{-1}$, Gökçeada suşu için $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki deneme grubunda $22,53 \text{ mg L}^{-1}$, Çamaltı suşu için $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki deneme grubunda $25,74 \text{ mg L}^{-1}$ ve Ayvalık suşu için $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki deneme grubunda $20,05 \text{ mg L}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen denemelerde en yüksek klorofil miktarı Dalyan suşu için $75 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzluluktaki kültürde $23,33 \text{ mg L}^{-1}$ olarak hesaplanırken hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı ise $50 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 3M

tuzlulukta yetiştirilen Gökçeada suşunda $4,16 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Toplam klorofil konsantrasyonları Ben-Amotz ve Avron (1989) ile benzer bulunurken, Giordano ve diğ. (1994,1997) ile farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan Student-t testleri ve tek yönlü varyans analizleri sonucunda Gelibolu, Dalyan ve Gökçeada suşlarının klorofil içerikleri tuzluluk ve ışık değişimlerine göre istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar gösterirken ($p \leq 0,05$), Çamaltı ve Ayvalık tuzlularının ise tuzluluk, sıcaklık ve ışık şiddetinde meydana gelen değişimlerde istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

Türler içindeki fizyolojik farklılıklar nedeniyle sıcaklık değişimlerinde toplam klorofil içeriklerinin de farklı olabileceği Garcia ve diğ. (2007), Cifuentes ve diğ. (1992) tarafından bildirilmiş olup denemelerde elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Gelibolu, Gökçeada, Çamaltı ve Ayvalık suşlarında hücrelerin içerdikleri pigment konsantrasyonları $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de, $28 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye göre daha yüksek bulunmuştur. Davis (1990) fotosentetik pigmentlerdeki bu düşüşün türlerin sıcaklığa uyum sağlaması olarak düşünülebileceğini bildirmiştir. Bu araştırmacının sonuçlarıyla çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Deneme gruplarının toplam karotenoid içerikleri *D. viridis* Gelibolu suşunda $75 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuz konsantrasyonunda $7,21 \text{ mg L}^{-1}$ ve hücre başına düşen karotenoid miktarı $1,12 \text{ pg hücre}^{-1}$, Dalyan suşunda $75 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta $8,42 \text{ mg L}^{-1}$ ve $1,47 \text{ pg hücre}^{-1}$, Gökçeada suşunda $50 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta $7,93 \text{ mg L}^{-1}$ ve $1,35 \text{ pg hücre}^{-1}$, Çamaltı suşunda $50 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta $9,14 \text{ mg L}^{-1}$ ve aynı ışık ve sıcaklıktaki 3M tuzluluktaki kültürlerde ise hücre başına düşen en yüksek karotenoid miktarı $0,50 \text{ pg hücre}^{-1}$, Ayvalık suşunda $50 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta $8,2 \text{ mg L}^{-1}$ ve $1,0 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Deneme grupları arasındaki en yüksek toplam karotenoid içeriği $9,14 \text{ mg L}^{-1}$ olarak $50 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuzlulukta yetiştirilen Çamaltı suşunda bulunurken, hücre başına düşen en yüksek karotenoid içeriği $75 \text{ } \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 2M tuz konsantrasyonundaki Dalyan suşunda $1,47 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak saptanmıştır.

Yapılan Student-t testleri ve tek yönlü varyans analizleri sonucunda Gelibolu ve Dalyan suşlarında tuzluluk ve ışık şiddetlerinde meydana gelen değişimlerin, Gökçeada, Çamaltı ve Ayvalık suşlarında ise tuzluluk, sıcaklık ve ışık şiddetlerinde meydana gelen değişimlerin toplam karotenoid içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar yarattığı belirlenmiştir ($p \leq 0,05$). Sıcaklığın ve tuzluluğun artmasıyla hücre sayılarının daha düşük olması, bu kültürlerdeki toplam karotenoid içeriklerinin de düşmesine neden olduğu gözlemlenmiştir.

D. viridis'in toplam karotenoid içeriğinin $0,4 - 1,5 \text{ pg hücre}^{-1}$ arasında değişim gösterdiği Jimenez ve Niell (1990), Ben-Amotz ve Avron (1980), Johnson ve diğ. (1968) ile Moulton ve Burford (1990) tarafından saptanmıştır. Yapılan bu çalışma da en yüksek karotenoid içeriği $1,47 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak bulunmuş ve diğer çalışmaların benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

D. viridis'in doğal tuz göllerinde *D. salina*'yı baskılayan bir tür olduğu ve daha hızlı büyüdüğü Borowitzka (1985), Moulton ve diğ. (1987) tarafından belirtilmiştir. Bu nedenle beş farklı tuz gölünden izole edilen suşların dış ortamda yetiştiriciliği 20.07.2006 – 24.08.2006 tarihleri arasında denenerek büyüme hızları, hücre sayıları ile toplam klorofil ve β -karoten içerikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Dış ortam büyütme çalışmalarında Gelibolu, Dalyan, Gökçeada, Çamaltı ve Ayvalık suşları 1M, 2M ve 3M tuz konsantrasyonlarında yetiştirilmiştir.

Gün içindeki ışık şiddeti ve sıcaklıkta meydana gelen değişimlerin izlendiği dış ortam denemelerinde en yüksek büyüme hızlarının tüm suşlarda 1M tuzlulukta gerçekleştiği belirlenmiştir. Deneme gruplarında hesaplanan en yüksek büyüme

hızları Gelibolu suşu için 0,40 bölünme gün⁻¹ ve 1,74 gün, Dalyan suşu için 0,43 bölünme gün⁻¹ ve 1,62 gün, Gökçeada suşu için 0,54 bölünme gün⁻¹ ve 1,29 gün, Çamaltı suşu için 0,89 bölünme gün⁻¹ ve 3,67 gün ve Ayvalık suşu için 0,45 bölünme gün⁻¹ ve 1,53 gün olarak belirlenmiştir.

Dış ortam denemelerinde 0,5 – 1,5 M tuzluluktaki *Dunaliella* kültürlerinin yüksek büyüme hızına sahip olduğunu Borowitzka ve diğ. (1977), Brown ve Borowitzka (1979) belirtirken, bu çalışmayla benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Deneme grupları arasında büyüme hızının 0,11 – 1,73 bölünme gün⁻¹ arasında değiştiği belirlenirken, bu değerler Loeblich (1982), Ginzburg ve Ginzburg (1981) ve Ben-Amotz ve Avron (1980)'un çalışmalarına göre daha düşük bulunmuştur.

Deneme gruplarının ulaştıkları en yüksek hücre sayıları Gelibolu suşu için 2M tuz konsantrasyonunda 7,02x10⁶ hücre ml⁻¹, Dalyan suşu için 1M tuzlulukta 4,92x10⁶ hücre ml⁻¹, Gökçeada suşu için 1M tuzlulukta 5,82x10⁶ hücre ml⁻¹, Çamaltı suşu için 1M tuzlulukta 5,36x10⁶ hücre ml⁻¹ ve Ayvalık suşu için 2M tuzluluk 5,83x10⁶ hücre ml⁻¹ olarak saptanmıştır.

Laboratuar koşullarında en yüksek hücre sayısına ulaşan Gelibolu suşu, dış ortam denemelerinde de en yüksek hücre sayısına ulaşmıştır. Dalyan, Gökçeada, Çamaltı ve Ayvalık suşlarının ulaştıkları en yüksek hücre sayılarının ise laboratuar koşullarında gerçekleştirilen denemelerde ulaşılan hücre sayısından daha az olduğu belirlenmiştir. Garcia ve diğ. (2007) 250 µmol foton m⁻² s⁻¹ üzerindeki ışık şiddetinin *D. viridis*'in büyümesini sınırladığını bildirmişlerdir. Işık şiddetinin yüksek olması nedeniyle hücrelerin strese girmesi ve büyümenin durması sonucunda hücre sayılarının daha az olduğu düşünülmektedir.

Yapılan student t testleri ve tek yönlü varyans analizinde Çamaltı, Ayvalık ve Gelibolu suşlarının hücre sayıları, tuz konsantrasyonlarına göre istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar gösterirken (p≤ 0,05), Gökçeada ve Dalyan suşunun istatistiksel yönden farklılık göstermediği belirlenmiştir (p≥ 0,05). Gökçeada

suşunun tüm deneme grupları içinde dış ortama en az uyum sağlayan suş olduğu tespit edilmiştir.

Moulton ve Burford (1990) *D. viridis*'in yetiştiricilik çalışmalarında farklı 1 - 3M tuz konsantrasyonları arasında hücre sayılarının istatistiksel yönden farklılık göstermediği bildirmişlerdir. Bu sonuç Dalyan suşu ile yapılan denemeye benzerlik göstermektedir.

En yüksek klorofil içeriği 2M tuz konsantrasyonundaki Gelibolu suşunda 11,10 mg L⁻¹ olarak elde edilirken, hücre başına düşen en yüksek klorofil miktarı ise 3M tuzluluktaki Dalyan suşunda 2,29 pg hücre⁻¹ olarak belirlenmiştir. Yapılan varyans analizlerine göre hücrelerdeki klorofil içeriklerinin tuzluluğa göre Çamaltı, Ayvalık ve Gökçeada suşlarının istatistiksel olarak önemli derecede farklılık gösterirken (p≤0,05) Dalyan ve Gelibolu suşlarında klorofil içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılık bulunamamıştır (p≥ 0,05).

En yüksek klorofil içeriği en yüksek tuzlulukta olan Dalyan suşunda 2,29 pg hücre⁻¹ olarak bulunmuştur. Garcia ve diğ. (2007) büyüme hızı düşük olan kültürlerin klorofil içeriklerinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışma ile bu sonuçlar benzerlik göstermektedir.

Dış ortam kültürlerinin klorofil içerikleri ile laboratuvar koşullarındaki deneme gruplarının klorofil içerikleri karşılaştırıldığında, laboratuvar koşullarındaki kültürlerin daha yüksek klorofil içeriğine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Eppley ve Solan (1966)'a göre optimum sıcaklık dışında yetiştirilen *D. tertiolecta* hücrelerinin klorofil *a* içeriklerinde de düşüşler görülmektedir (Oren, 2006). Çalışma sonuçları araştırmacıların sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Üç farklı tuzlulukta büyümeleri incelenen beş farklı *D. viridis* suşunda en yüksek β-karoten içeriği 3M tuzluluktaki Çamaltı suşunda 8,69 mg L⁻¹ olarak bulunurken hücre başına düşen en yüksek β - karoten miktarı aynı suşta 1,78 pg hücre⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

çoğalarak *Dunaliella* popülasyonlarını sınırladığı Garcia ve Niell (1993), Post ve diğ. (1983), Padley ve Yeragi (1998), Yufera (1985) tarafından bildirilmiştir.

Beş farklı *D. viridis* suşundaki β -karoten birikiminin incelendiği denemede en yüksek hücre sayısı 1M tuzluluktaki Ayvalık suşunda $4,94 \times 10^6$ hücre ml^{-1} olarak belirlenmiştir. Yapılan varyans analizinde farklı tuz konsantrasyonlarda yetiştirilen tüm *D. viridis* suşlarının hücre sayıları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

Deneme gruplarındaki toplam klorofil içerikleri suşlara göre farklılık göstermiş olup en yüksek klorofil miktarı Çamaltı tuzlasında $8,12 \text{ mg L}^{-1}$ ve $3,47 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak belirlenmiş olup denemenin ilk gününden itibaren klorofil miktarında düşüşler gözlenmiştir. Tek yönlü varyans analizi sonucunda farklı tuzlulukta yetiştirilen kültürlerde klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0,05$).

Deneme gruplarından Gelibolu, Dalyan, Çamaltı, ve Ayvalık suşlarında denemenin 18. gününden itibaren aplanospor gözlemlenmeye başlamıştır. Buna bağlı olarak da kültürün β -karoten miktarında artış meydana gelmiştir. Deneme grupları arasında en yüksek β -karoten miktarı 2M tuzluluktaki Çamaltı suşundan $6,05 \text{ mg L}^{-1}$ ve 1M tuzluluktaki kültürde $2,57 \text{ pg hücre}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Moulton ve Buford (1990) dış ortamdaki havuzlarda *D. viridis* yetiştirdikleri çalışmada en yüksek karoten miktarının $1,8 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir.

Dış ortamda β -karoten birikimini belirlemek amacıyla yapılan deneme sırasında aplanosporlara rastlanılmıştır. Avron (1992), Borowitzka ve Siva (2007) ve Oren (2006) yaptıkları çalışmalarda *D. viridis* tuzluluğun azaldığı, gün içerisinde sıcaklık değişimlerinin yüksek olduğu ve azotun sınırlandığı ortamlarda *D. viridis* hücrelerinde aplanospor oluşumlarının görülebileceğini bildirmişlerdir. β -karoten biriktirme amaçlı yapılan son denemede hücre başına düşen β -karoten miktarı $2,57 \text{ pg hücre}^{-1}$ 'e ulaşmıştır. Jimenez ve Niell (1991), Ben-Amotz ve Avron (1980), Johnson ve diğ. (1968) ile Moulton ve Burford (1990)'un yaptıkları çalışmalarda *D.*

viridis'in toplam karotenoid içeriği 0,4 – 1,5 pg hücre⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Ben-Amotz ve Avron, (1989) *D. salina*'dan elde edilen β-karoten miktarı 30 pg hücre⁻¹ olarak saptamışlardır. Bu çalışmada *D. viridis*'ten elde edilen β-karoten, *D. salina*'dan elde edilen β-karotene göre çok düşük kalmaktadır. Moulton ve Burford (1990) lutein ve zeaksantin gibi diğer karotenoidlerin eldesinde *D. viridis* türlerinin kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Rutin bir kültür sırasında zaman alıcı işlemlerden en önemlileri arasında hücre sayımı bulunmaktadır. Bu tip işlemlerde pratiklik sağlanması ve yaklaşık değerlerin tahmin edilmesinde Abs₄₉₀ değerleri ile hücre sayıları arasında yakın bir ilişki olduğu yapılan regresyon analizlerinde saptanmıştır. Kültür çalışmalarında hücre sayılarını belirlemek amacıyla Abs₄₉₀ değerlerinin kullanılabilceği bu tez kapsamında saptanmıştır.

Ege ve Marmara bölgelerinde bulunan tuz gölleri ve tuzlalarda *Dunaliella* türlerinin varlığı belirlenerek tür tayinleri yapılmış olup bu konudaki literatür eksikliğinin giderilmesine katkı sağlanmıştır.

Ayrıca, *D. viridis* türünün büyüme özellikleri belirlenip, büyümesi sınırlandırılarak, doğal tuz gölleri ve tuzlalardaki *D. salina* kültürlerinin daha hızlı gelişerek β-karoten üretiminin arttırılabileceği düşünülmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında Ege ve Marmara'dan Gelibolu Tuz gölü, Dalyan Tuz gölü, den izole edilen ve sistematik tanımlaması yapılan *Dunaliella viridis* suşlarının büyüme özellikleri belirlenmiş olup ileriki çalışmalara kaynak teşkil edecektir.

KAYNAKLAR

- Aguiar, C.P., Gonzalez, M., Cifuentes, A.S., M, Silva, 2004. Growth and Accumulation of Total Carotenoids in Two Strains of *Dunaliella salina* Teod. (Chlorophyceae) From the Northern and Central Coast of Peru. J. Chil. Chem. Soc. 49 (1): 24-32.
- Anonim, 1998. Tekel Tuz İşletme Müdürlüğü faaliyet raporu, 42 pp, İstanbul
- Anonim, 2002. Tekel Tuz İşletme Müdürlüğü faaliyet raporu, 56 pp, İstanbul.
- Avron, M.,1986. The osmotic components of halotolerant algae. Trends Biochem. Sci. 11, 56.
- Avron, M.,1992. Osmoregulation. In: *Dunaliella: Physiology, biochemistry and biotechnology*, Avron, M. And Ben-Amotz, A. (eds.), CRC Press, Boca Raton, Florida , pp 135 - 164.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., 1993. A Preliminary Investigation on Freshwater Fauna of Gökçeada (Imroz) Island. Biologia Gallo-Hellenica, 20 (1): 299 -303.
- Belcher, H., Swale, E., 1982. *Culturing Algae*, Natural Environmet Research Council, Institute of Terrestrial Ecology, The Burlington Press. Cambridge, England. pp: 78 -79.
- Ben-Amotz, A., Avron, M., 1973. The role of glycerol in the osmotic regulation in the halophilic alga, *Dunaliella parva*, Plant Physiology, 51: 875-880.
- Ben-Amotz, A., 1980. Glycerol production in the alga *Dunaliella*. In Biochemical and photosynthetic aspects of energy produciton. San Pietro A. (ed), Academiz Press, Ney York, 191 – 208.
- Ben-Amotz, A., Avron, M., 1980. Glycerol, β -carotene and dry algal meal production by commercial cultivation of *Dunaliella*. In. Algae biomass. Sheled G., Soeder, C.J. (eds) Elsevier. Boimedical pres. Amsterdam. 603 -610.
- Ben-Amotz A., Katz, A., Avron, M., 1982. Accumulation of β – carotene in halotolerant algae: purification and characterization of β – carotene rich globules from *Dunaliella bardawil* (Chlorophyceae). J. Phycol 18:529-537.
- Ben-Amotz A., Avron, M., 1983a. On factors which determine massive β -carotene accumulation in halotolerant alga *Dunaliella bardawil*. Plant Physiol 72:593-597.

- Ben-Amotz, A., Avron, M., 1983b. Accumulation of metabolites by halotolerant algae and its industrial potential. *Ann. Rev. Microbiol.* 37:95-119.
- Ben-Amotz, A., Avron, M., 1989. The wavelength dependence of massive carotene synthesis in *Dunaliella bardawill* (Chlorophyceae). *J. Phycol.* 25, 175 -178.
- Ben-Amotz, A., 1991. The biotechnology of cultivating *Dunaliella* for production of β – carotene rich algae. *Biosource Technology* 38:233 – 235.
- Ben-Amotz, A., Shaish, A., 1992. β -carotene biosynthesis. In: *Dunaliella: Physiology, biochemistry and biotechnology*, Avron, M. And Ben-Amotz, A. (eds.), CRC Press, Boca Raton, Florida , pp. 205–216.
- Ben-Amotz, A., 1993. Production of β -carotene and vitamins by the halotolerant alga *Dunaliella*. In: *Marine Biotechnology (Vol 1: Pharmaceutical and Bioactive Natural Products)*. eds Attaway D. H. and Zaborsky O. R., Plenum Press, New York, USA. pp: 411-417.
- Ben-Amotz, A., 1993. New mode of *Dunaliella* biotechnology: two phase growth for β -carotene production. *J. Appl. Phycol.* 7: 65 -68.
- Ben-Amotz, A., 2004. Industrial Production of Microalgal Cell-mass and Secondary Products—Major Industrial Species: *Dunaliella*. In: *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology* A. Richmond (eds.), Blackwell Synergy. p.120-128
- Borowitzka, L.J., Brown, A.D., 1974. The salt relations of marine and halophilic species of the unicellular green algae, *Dunaliella*. *Arch. Microbiol.* 96: 37 -52.
- Borowitzka, L.J., Kessly, D.S., Brown, A.D., 1977. The salt relations of *Dunaliella*. Further observations on glycerol production and its regulation. *Arch. Microbiol.* 113: 131 – 138.
- Borowitzka, M.A., Post, F., Borowitzka, L.J., 1982. The life cycle of *Dunaliella salina* Australasian Society for Phycology and Aquatic Botany Annual Meeting Abstract.
- Borowitzka, L.J., 1985. Glycerol and other carbohydrate effectors. In. *Transport process, ions and osmoregulation* (eds) Gilles, R., Guilles Bailleni M., Springer verlag.

- Borowitzka, M.A., Borowitzka, L.J., 1992. *Dunaliella* p.27 – 58. In: Microalgal Biotechnology M.A.Borowitzka and L.J. Borowitzka (eds.), Cambridge University Press.
- Borowitzka, M.A., 1999. Commercial production of Microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of Applied Phycology*. 70: 313 -321.
- Borowitzka, M.A., Siva, C.J., 2007. The taxonomy of the genus *Dunaliella* (Chlorophyta, Dunaliellales) with emphasis on the marine and halophilic species. *J. Appl. Phycol.*10017/10811.
- Bosma,R., Wijffels, R.H., 2003. Marine biotechnology in education: a competitive approach. *Biomolecular Engineering*. 20: 125-131.
- Brown, A.D., Borowitzka, L.J., 1979. Halotolerance of *Dunaliella*. In Lewandowsky M, Hunter Sh (eds), *Physiology and Biochemistry of Protozoa*, Vol. I. Academic Press, New York, 139 – 190.
- Capasso, J.M., Cosisio, B.R., Berl, T., Rivard, C.J., Jimenez, C., 2003. A colourmetric assay for determination of cell viability in algal culture. *Bio. Eng.* 20: 133-138.
- Chang, F.H., Wear, R.G., Reynolds, J., 1986. Effects of salinity, temperature and light intensity on the growth rates of two halophilic phytoflagellates in mixed culture. *New Zeal. J. Mar. Freshw. Res.* 20: 467 – 478.
- Chen, Z., Birge, R.R., 1993. Protein- Based Artificial Retinas. *Trends Biotechnol.* 11: 292 – 300.
- Cifuentes, A.S., Gonzalez, M.A., Conejeros, M., Dellarosa, V., Para, O., 1992. Growth and carotenogenesis in eight strains of *Dunaliella salina* Teodoresco from Chile. *J. Appl. Phycol.* 4, 111-118.
- Cirik, S., Gökpinar, Ş., 1992. Plankton Bilgisi ve Kültürü. Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi yayınları. No. 47. Bornova, İzmir. pp.102-104.
- Çelikli, A., Dönmez, G., 2006. Effect of pH, light intensity, salt and nitrogen concentrations on growth and β -carotene accumulation by new isolate of *Dunaliella* sp. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 22: 183 -189.
- Davis, J.S., 1990. Biological management for the production salt from seawater. In: *Introduction to applied phycology*. (ed) Akatsuka, I. SPB Academic Publishing, the Hague. Netherlands pp 479 – 488.

- Demirsoy A.,1998. Genel ve Türkiye Zoocoğrafyası, METEKSAN Yayınları: 96-06-Y0057-02, METEKSAN, 630 s, pp: 198.
- Deming, D.M., Boileau, T. W.M., Heinz, K.H., Atkinson, C., Edward, J.W., 2001. Carotenoid: Linking chemistry, absorption and metabolism to potential roles in human health and disease. In. Handbook of antioxidants, second edition, revised, expanded. (ed) Canderas, E., New York.
- Dolapsakis, N.,P., Tafas, T., Abatzopoulos, T.J., Ziller, S., Economou-Amili, A., 2005. Abundance and growth response of microalgae at Megalon Embolon solar saltworks in northern Greece: An aquaculture prospect. Journal of App. Phycol. 17: 29 – 49.
- Dudu, E.Ü., Kanlıtepe, Ç., Çıracı, C., Dönmez, G., 2001. Tuz Gölünden (Konya – Türkiye) izole edilen *Dunaliella* türlerinin gliserol üretim kapasitesinin belirlenmesi. Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi, I. Algal Teknoloji Sempozyumu, pp. 225-232.
- Epply, R.W., Marcias, R.F.M., 1963. Temperature relationships in the growth of *Dunaliella tertiolecta* and its dependence on salt concentration. American journal of Botany. 50: 629-635.
- Erdoğan, S.,2005. Çanakkale Gelibolu Suvla gölü (Tuzla Gölü) görev raporu. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma Dairesi Başkanlığı, Sulak alanlar Şubesi. Ankara.
- Fabregas, J., Herrero, C., Cabezas, B., Liano, R., J. Abalde, J., 1986. Response of the marine microalga *Dunaliella tertiolecta* to nutrient concentration and salinity variations in batch culture. J. Plant. Physiol. 125: 475-484.
- Favati, F., King, J. W., Friedrich, J. P., Eskin, K., 1988. Supercritical CO₂ extraction of carotene and lutein from leaf protein concentrates. J Food Sci 53 (5): 1532-1536.
- Finel, M., U.Pick, S. Selman-Reimer, B. R. Selman, 1984. Purification and characterization of a glycerolresistant and ATPase from the halotolerant alga *Dunaliella bardawil*. Plant Physiol. 74,766 - 772.
- Foot, C.S., Y.S. Chnag, R.W. Denny, 1970a. Chemistry of singlet oxygen. X. Carotenoid quenching parallels biological protection. Journal of the American Chemical Soc. 92, 5216 – 5218.

- Foote, C.S., Y.S. Chnag, R.W. Denny, 1970b. Chemistry of singlet oxygen. XI. *Cis-trans* isomerisation of carotenoids by singlet oxygen and a probable quenching mechanism. *Journal of the American Chemical Society*, 92, 5218 – 19.
- Garcia, C., Niell, F.X. 1993. Seasonal change in saline temporary lake (Funte de Piedra, southern Spain). *Hydrobiologia*, 267: 211 – 223.
- Garcia, F., Freile-Pelegri, Y., Robledo, D., 2007. Physiological characterization of *Dunaliella* sp. (Chlorophyta, Volvocales) from Yucatan, Mexico. *Bioresource technology* 98: 1359-1365.
- Gibor, A., 1956. The culture of brine algae. *Biol. Bull.* 111: 223 – 229.
- Gimmler, H., Kühnl, E.M., Carl, G., 1978. Salinity dependent resistance of *Dunaliella parva* against extreme temperatures. I. Salinity and thermoresistance. *Zeitschrift für pflanzenphysiologie*, 90:133-153.
- Gimmler, H., Weidemann, C., Moller, E.M., 1981. The metabolic response of the halotolerant alga *Dunaliella parva* to hypertonic shocks. *Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 94*: 613 – 634.
- Ginzburg, M., Ginzburg, B.Z., 1981. Interrelationships of light, temperature, sodium chloride and carbon source in growth of halotolerant and halophilic strains of *Dunaliella*. *Br. Phycol. J.* 16: 313 – 324.
- Ginzburg, M., Ginzburg, B.Z., 1985. Studies of comparative physiology of the genus *Dunaliella* (Chlorophyta, Volvocales) 1: Response of growth to NaCl concentration. *Br. Phycol. J.* 20: 277 -283.
- Giordano, M., Bowes, G., 1997. Gas Exchange and C allocation in *Dunaliella salina* cells in response to the N source and CO₂ concentration used for growth. *Plant. Physiol.* 115, 1049 – 1056.
- Giordano, M., Davis, J.S., Bowes, G.B., 1994. Organic carbon release by *Dunaliella salina* (Chlorophyta) under different growth conditions of CO₂, nitrogen, and salinity. *J. Phycol.* 30, 249 – 257.
- Gordillo, F.J.L., Jimenez, C., Chavarria, J., Niell, F.X., 2001. Photosynthetic acclimation to photon irradiance and its relation to chlorophyll fluorescence and carbon assimilation in the halotolerant green alga *Dunaliella viridis*. *Photosynthesis Res.* 68, 225 -235.

- Goldman, J.C., Ryther, J.H.,1976. Temperature-influenced species competition in mass cultures of marine phytoplankton. Bio. Technology and Bioengineer In. Microalgal Biotechnology. M.A.Borowitzka and L.J. Borowitzka (eds.), Cambridge University Press: 1125 – 44.
- Hillebrand, H., Dürselen, C.D., Kirschtel, D., Pollinger, U., Zohary, T., 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. J. Phycol. 35, 403 – 424.
- Jimenez, C., Niell, F.X., 1990. Influence of temperature and nitrogen concentration on photosynthesis of *Dunaliella viridis* Teodoresco. J. Appl. Phycol. 2: 309 – 317.
- Jimenez, C, Niell,F.X., Fernandez, J.A., 1990. The photosynthesis of *Dunaliella parva* Lerche as a function of temperature, light intensity and salinity. Hydrobiologia 197: 165 – 172.
- Johnson, M.K., Johnson, E.J., McElroy, R.D., Speer, H.L. Bruff, B.S. 1968. Effects of Salts on the Halophilic Alga *Dunaliella viridis*. Journal of Bacteriology. 95:1461-8.
- Kazumori, M., Norihiko, M., Takakazu, K., Reiko, K. Ve Hiroyuki, T. 1998. β -carotene hydroxylase gene from the *Cyanobacterium Synechocystis* sp. PCC6803. Plant Cell Physiol., 35(5);560-564.
- Keat, O. C., May, C. Y., Hock, A. O. S., 1991. Recovery of carotenoids. US Patent 5,019,668.
- Keskin, H., 1981. Besin Kimyası. İstanbul Üniversitesi yayımları. N:47 pp: 178 -195. İstanbul.
- Koray, T., Gökpınar, Ş., Yurga, L., Türkoğlu, M., Polat, S., 1999. Microplankton species of Turkish Seas <<http://bornova.ege.edu.tr/~korayt/plankweb/chklist.html> (24.02.2008).>
- Koray,T., 2002. Denizel fitoplankton (Ders Kitabı),. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yayımları No: 32 p:147-148.
- Koru, E., Cirik, S., 2001. A Study of the Artemia Population of Çamaltı Saltworks (Izmir/Turkey), In: E Özhan, Y Yüksel (Eds), Turkey's Coasts 01, Turkey's Coast and Sea Areas 3 th. National Conference, 26-29 June 2001 Istanbul, 321-328

- Koru, E., 2002. Türkiye tuzlaları ve iç sularındaki *Artemia* populasyonlarının biyolojik özelliklerinin saptanması ve yetiştiricilikte kullanımı üzerine bir araştırma (Doktora Tezi) Ege Üniversitesi Bornova-İzmir.
- Koru,E., 2004. Çamaltı Tuzlası (İzmir, Türkiye) ekosisteminde *Artemia* ve önemi. E.Ü. Su Ürünleri dergisi (1-2): 187 – 189.
- Leach,G., Oliveria, G., Moralis, R., 1998. Spray drying of *Dunaliella salina* to produce a β carotene rich powder. Journal of industrial Microbiology & Biotechnology . 20:82-85.
- Loeblich,L.A.,1982. Photosynthesis and Pigments Influenced by Light Intensity and Salinity in the Halophile *Dunaliella salina*(Chlorophyta). Journal of the Marine Biological Association, UK, 62, 493 -508.
- Lopez-Gonzalez, P.J., Guerrero, F., Castro, M.C., 1998. Seasonal fluctuations in the plankton community in a hypersaline temporary lake (Honda, southern Spain). Int. Journal of Salt Lake Research 6: 353-371.
- Margalith, P.Z.,1999. Production of ketocarotenoids Microalgae. Appl. Microbiol. Biotechnol. 51 : 431 - 438.
- Marin, N., Morales, F., Lodeiros, C., Tamigneaux, E., 1998. Effect of nitrate concentration on growth and pigment synthesis of *Dunaliella salina* cultivated under low illumination and preadapted to different salinities. Journal of Applied Phycology. 10:405-411.
- Masjuk, N.P., 1966. Mass culture of the carotene-bearing alga *Dunaliella salina* Teod. Ukransky Botanichny Zhurnal, 23, 12 -19.
- Masjuk, N.P.,1969 A new species of the genus *Dunaliella* Teod., Ukr. Bot. Zh., 26, 87.
- McLachlan, J., 1964. Some considerations of the marinalgae in artificial media. Canadian journal of microbiology. 10: 769 -782.
- Moulton, T.P., Sommer, T.R., Burford, M.A., 1987. Competition between *Dunaliella* species at high salinity. Proc. int. Seaweed symp. 12:107-116.
- Moulton, T.P., Burford, M.A.,1990. The mass culture of *Dunaliella viridis* (Volvocales, Chlorophyta) for oxygenated carotenoids: laboratory and pilot plant studies. Hydrobiologia 204/205: 401-408.

- Oren, A., 2006. Halophilic Microorganisms and their environments. Kluwer Academic Publishers. pp: 517-537.
- Padley, B.D., Yeragi, S.G., 1998. *Fabrea salina* : live food for use in aquaculture. Fish. Chimes 18 (9), 17 – 18.
- Pick, U., 1998. *Dunaliella*- A model extremophilic alga. Israel J. Plant Sci. 46, 131 - 139.
- Pick, U., 2002. Adaptation of the Halotolerant Alga *Dunaliella* to High Salinity. In Salinity: Environments-Plant-Molecules, Edited by A. Louchle & U. Lüttge. Kluwer Academic Publishers. pp.437
- Post, F.J., 1977. The microbial ecology of the Great Salt Lake. Microb. Ecol. 3: 143 – 165.
- Post, F.J., Borowitzka, L.J., Borowitzka, M.A., Mackay, B., Moulton, T., 1983. The protozoa of a Western Australian hypersaline lagoon. Hydrobiologia 105 : 95 – 113.
- Preisig, H.R. ,1992. Morphology and taxonomy. In: *Dunaliella: Physiology, biochemistry and biotechnology*, Avron, M. And Ben-Amotz, A. (eds.), CRC Press, Boca Raton, Florida, CRC Press. pp. 1 – 15.
- Pulz O., 2001. Photobioreactors: production systems for phototrophic microorganisms, Appl. Microbiol. Biotechnol., **57**, 287–293.
- Sadler, G., Davis, J., Dezman, D., 1990. Rapid extraction of lycopene and β -carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. J Food Sci 55(5): 1460-1461.
- Scor-Unesco, 1966. Determination of photosynthetic pigments in seawater. Monographs on Oceanographic Methodology, UNESCO, Paris, vol. 1, p.11 – 18.
- Spanos, G. A., Chen, H., Schwartz, S. J., 1993. Supercritical CO₂ extraction of β -carotene from sweet potatoes. J Food Sci 58 (4): 817-820.
- Stiller, M., Nissenbaum, A., 1999. Geochemical investigation of phosphorus and nitrogen in the hypersaline Dead Sea. Geochim. Cosmochim. Acta 63:3467-3475.
- Van Auken, O.W., McNulty, O.B., 1973. The effect of environmental factors on the growth of a halophilic species of algae. Biol. Bull. pp:145: 210-222
- Wetzel, R.G., Likens, G.E. 1991. Limnological Analysis. Springer-Verlag, New York: 391 pp.

- Vega, P.J., M.O.Balaban, C.A. Sims, S.F. O'Keefe, J.A. Cornell, 1996. Supercritical Carbon Dioxide Extraction Efficiency for Carotenes from Carrots by RSM. *Journal of Food Science* 61 (4): 757 -759.
- Vorst, P., 1995. Production of carotene with chemostat cultures of *Dunaliella*. Academic Proefschrift. Netherlands, pp: 9 – 17.
- Yufera, M.,1985. The population of *Fabrea salina* (Ciliata: Heterotrichida) in the Salterns of Cadiz bay. *Investing. Pesq. (Barc)* 49 (4), 493 – 500.

TABLO DİZİNİ**Sayfa**

Tablo 1. <i>Dunaliella</i> kültürlerinde kullanılan Modifiye Edilmiş Johnson ortamının besleyici tuzları.....	24
Tablo 2. Modifiye Edilmiş Johnson Ortamı Demir Solüsyonu.....	24
Tablo 3. Modifiye Edilmiş Johnson Ortamında kullanılan A5 İz Metal Solüsyonu	24
Tablo 4. Gelibolu Tuz gölünün su kalitesinde meydana gelen değişimleri.....	29
Tablo 5. Dalyan Tuz gölünün su kalitesinde meydana gelen değişimleri	30
Tablo 6. Gökçeada tuz gölünün su kalitesinde meydana gelen değişimleri	30
Tablo 7. Çamaltı tuzlasının su kalitesinde meydana gelen değişimleri.....	31
Tablo 8. Ayvalık tuzlasının su kalitesinde meydana gelen değişimleri.....	32
Tablo 9. Gelibolu Tuz Gölü <i>D. viridis</i> suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	38
Tablo 10. Gelibolu suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	38
Tablo 11. Dalyan Tuz Gölü <i>Dunaliella</i> sp. suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	47
Tablo 12. Ayvalık suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri.	48
Tablo 13. Gökçeada Tuz Gölü <i>Dunaliella</i> sp. suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	57
Tablo 14. Gökçeada suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri.....	58
Tablo 15. Çamaltı <i>Dunaliella</i> sp. suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.	67
Tablo 16. Çamaltı suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	68
Tablo 17. Ayvalık suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	78
Tablo 18. Ayvalık suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	79

Tablo 19. Gelibolu suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	90
Tablo 20. Gelibolu suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	91
Tablo 21. Dalyan suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	94
Tablo 22. Dalyan suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	94
Tablo 23. Gökçeada suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	97
Tablo 24. Gökçeada suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri.....	98
Tablo 25. Çamaltı suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	100
Tablo 26. Çamaltı suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	101
Tablo 27. Ayvalık suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	104
Tablo 28. Ayvalık suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	104
Tablo 29. Gelibolu suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	109
Tablo 30. Gelibolu suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	110
Tablo 31. Dalyan suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	113
Tablo 32. Dalyan suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	113
Tablo 33. Gökçeada suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	115
Tablo 34. Gökçeada suşunda, deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri.....	116
Tablo 35. Çamaltı suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	118

Tablo 36. amaltı suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	119
Tablo 37. Ayvalık suşunun maksimum spesifik büyüme hızları ve ikilenme zamanları.....	121
Tablo 38. Ayvalık suşunda deneme gruplarının ulaştığı en yüksek hücre sayıları, günleri ve hücre hacimleri	122

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Ozmotik basınç değişimlerine bağlı olarak <i>Dunaliella salina</i> alginin gliserol miktarında meydana gelen değişimler.....	9
Şekil 2. β -karotenin kimyasal yapısı.....	11
Şekil 3. Gelibolu Tuz Gölü	16
Şekil 4. Gelibolu Tuz gölünden bir görüntü	17
Şekil 5. Dalyan Tuz Gölü.....	17
Şekil 6. Dalyan Tuz gölünden bir görüntü	18
Şekil 7. Gökçeada Tuz Gölü	18
Şekil 8. Gökçeada Tuz gölünden bir görüntü.....	19
Şekil 9. Çamaltı Tuzlası	20
Şekil 10. Çamaltı Tuz Üretim tesisinden bir görüntü	20
Şekil 11. Ayvalık Tuz Üretim Tesisi	21
Şekil 12. Ayvalık Tuz üretim tesisinden bir görüntü	21
Şekil 13. İzolasyonda kullanılan sonsuz seyreltme yöntemi.....	24
Şekil 14. Gelibolu Tuz gölünden izole edilen <i>D. viridis</i> 'in genel görünümüleri	33
Şekil 15. Dalyan gölünden izole edilen <i>D. viridis</i> 'in genel görünümüleri	34
Şekil 16. Gökçeada Tuz gölünden izole edilen <i>D. viridis</i> 'in genel görünümüleri	35
Şekil 17. Çamaltı tuzlasından izole edilen <i>D. viridis</i> 'in genel görünümüleri	35
Şekil 18. Ayvalık tuzlasından izole edilen <i>D. viridis</i> 'in genel görünümüleri.....	36
Şekil 19. Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen deneme düzeneği	37
Şekil 20. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	39
Şekil 21. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler	40
Şekil 22. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	41
Şekil 23. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	41
Şekil 24. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	42

Şekil 25. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	43
Şekil 26. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	43
Şekil 27. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gelibolu suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	44
Şekil 28. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki ..	45
Şekil 29. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. .	45
Şekil 30. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. .	46
Şekil 31. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gelibolu suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. .	46
Şekil 32. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.. ..	49
Şekil 33. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.. ..	50
Şekil 34. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	50
Şekil 35. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	51
Şekil 36. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler.	52
Şekil 37. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid. miktarındaki değişimler.	53
Şekil 38. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler.	53
Şekil 39. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Dalyan suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler.	54

Şekil 40. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> . Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	55
Şekil 41. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	55
Şekil 42. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	56
Şekil 43. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Dalyan suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki..	56
Şekil 44. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	59
Şekil 45. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	60
Şekil 46. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler..	60
Şekil 47. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	61
Şekil 48. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	62
Şekil 49. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	63
Şekil 50. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	63
Şekil 51. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Gökçeada suşunun deneme süresince toplam karotenoid miktarındaki değişimler.....	64
Şekil 52. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.	65
Şekil 53. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.	65
Şekil 54 . 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki	66
Şekil 55. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Gökçeada suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.	66

Şekil 56. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarı ve hücre başına düşen toplam klorofil miktarındaki değişimler.	69
Şekil 57. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarı ve hücre başına düşen toplam klorofil miktarındaki değişimler.	70
Şekil 58. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	71
Şekil 59. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	71
Şekil 60. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen toplam klorofil miktarındaki değişimler.	72
Şekil 61. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler.	73
Şekil 62. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler.	73
Şekil 63. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler.	74
Şekil 64. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Çamaltı suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen toplam karotenoid miktarındaki değişimler.	75
Şekil 65. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. ..	76
Şekil 66. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki ...	76
Şekil 67. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. ..	77
Şekil 68. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Çamaltı suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. ..	77

Şekil 69. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	80
Şekil 70. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	81
Şekil 71. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	82
Şekil 72. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler..	82
Şekil 73. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler.	83
Şekil 74. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler	84
Şekil 75. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler	85
Şekil 76. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan Ayvalık suşunun deneme süresince toplam karotenoid ve hücre başına düşen karotenoid miktarındaki değişimler.	85
Şekil 77. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. ..	87
Şekil 78. 50 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. ..	87
Şekil 79. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 25 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. .	88
Şekil 80. 75 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 28 °C sıcaklık uygulanan <i>D. viridis</i> Ayvalık suşunda üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki. .	88
Şekil 81. Dış ortam büyüme denemelerini gerçekleştirmek için kurulan deneme düzeneği	89
Şekil 82. Yapılan denemeler süresince ışık şiddetinde meydana gelen değişimler	89
Şekil 83. 20.07.2006 – 24.08.2006 tarihleri arasında sıcaklık değerlerinde meydana gelen değişimler.....	90

Şekil 84. Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler.....	92
Şekil 85. Gelibolu suşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler.....	93
Şekil 86. Gelibolu suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	93
Şekil 87. Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler.....	95
Şekil 88. Dalyan suşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler.....	96
Şekil 89. Dalyan suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	96
Şekil 90. Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler.....	98
Şekil 91. Gökçeada suşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler.....	99
Şekil 92. suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	100
Şekil 93. Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil ve hücre başına düşen klorofil miktarındaki değişimler.....	102
Şekil 94. Çamaltı suşunun deneme süresince β karoten ve hücre başına düşen β karoten miktarındaki değişimler.....	102
Şekil 95. Çamaltı suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	103
Şekil 96. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.....	105
Şekil 97. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler.....	106
Şekil 98. Ayvalık suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	106
Şekil 99. Dış ortamda kırmızılaştırma denemesi için kurulan deneme düzeneği .	107
Şekil 100. Denemeler süresince ışık şiddetinde meydana gelen değişimler.....	107

Şekil 101. 05.09.2006 – 04.10.2006 tarihleri arasında sıcaklık değerlerinde meydana gelen değişimler.	108
Şekil 102. <i>Fabrea salina</i> 'nın genel görünümü.....	109
Şekil 103. Dış ortamda yetiştirilen Gelibolu suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	110
Şekil 104. Dış ortamda yetiştirilen Gelibolu suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler.	111
Şekil 105. Gelibolu suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	112
Şekil 106. Dış ortamda yetiştirilen Dalyan suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	113
Şekil 107. Dış ortamda yetiştirilen Dalyan suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler.	114
Şekil 108. Dalyan suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	115
Şekil 109. Dış ortamda yetiştirilen Gökçeada suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	117
Şekil 110. Dış ortamda yetiştirilen Gökçeada suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler.	117
Şekil 111. Gökçeada suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	118
Şekil 112. Dış ortamda yetiştirilen Çamaltı suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	120
Şekil 113. Dış ortamda yetiştirilen Çamaltı suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler.	120
Şekil 114. Çamaltı suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	121
Şekil 115. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince toplam klorofil miktarındaki değişimler.	123
Şekil 116. Dış ortamda yetiştirilen Ayvalık suşunun deneme süresince β -karoten miktarındaki değişimler.	123
Şekil 117. Ayvalık suşunun üç farklı tuzluluktaki Hücre Sayısı ile Abs ₄₉₀ arasındaki ilişki.....	124

YAŞAM ÖYKÜSÜ

İzmir 1978 doğumlu olan İlknur AK, 1994 yılında girdiği Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinden 1998 yılında mezun oldu. 1998- 2002 yılları arasında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Anabilim dalında “*Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss'nın İzmir Körfezinde Dağılımı” adlı Yüksek Lisans tezini tamamladı. 2004 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktora Eğitimine başladı. 2004 yılından itibaren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde Araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.