

***Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un Gelişimi,
Pigment Oluşumu, Lipit ve Protein İçeriği Üzerine Farklı
Stres Faktörlerinin Etkileri**

Nur AĞIRMAN

**Doktora Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. A. Kadri ÇETİN
TEMMUZ - 2015**

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***CHLORELLA VULGARIS* VE *SCENEDESMUS ACUTUS*'UN GELİŞİMİ,
PİGMENT OLUŞUMU, LİPİT VE PROTEİN İÇERİĞİ ÜZERİNE FARKLI STRES
FAKTÖRLERİNİN ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

Nur AĞIRMAN

112110202

Anabilim Dalı: Biyoloji

Programı: Genel Biyoloji

Tez Danışmanı: Prof. Dr. A. Kadri ÇETİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 8 Haziran 2015

TEMMUZ- 2015

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***CHLORELLA VULGARIS* VE *SCENEDESMUS ACUTUS*'UN GELİŞİMİ,
PİGMENT OLUŞUMU, LİPİT VE PROTEİN İÇERİĞİ ÜZERİNE FARKLI STRES
FAKTÖRLERİNİN ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

Nur AĞIRMAN

112110202

Anabilim Dalı: Biyoloji

Programı: Genel Biyoloji

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 08.06.2015

Tezin Savunulduğu Tarih: 03.07.2015

Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Kadri ÇETİN

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. A. Kadri ÇETİN

Prof. Dr. Ömer MUNZUROĞLU

Doç. Dr. Mahmut YILMAZ

Doç. Dr. Cüneyt Nadir SOLAK

Yrd. Doç. Dr. Seher GÜR

TEMMUZ- 2015

ÖNSÖZ

Öncelikle, doktora tez çalışmam süresince benden ilgisini ve desteğini hiç esirgemeyen, büyük bir sabır ve titizlikle bilgi ve tecrübelerini aktararak gelişmemi sağlayan, inandığım ve güvendiğim değerli danışman hocam, Sayın Prof. Dr. A. Kadri ÇETİN'e teşekkürlerimi sunarım. Doktora tez çalışmam süresince laboratuvar deneyimlerimizi paylaştığımız, tüm varlığıyla her zaman yanımda olan değerli meslektaşım ve arkadaşım Burçin BEDİL'e teşekkür ederim. Yine tez çalışmam süresince, yardım ve desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Gökçe KENDİRLİOĞLU'na teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmalarımız süresince engin bilgi ve düşüncelerini paylaşarak desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ömer MUNZUROĞLU ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Seher GÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca benden destek, ilgi ve sevgisini esirgemeyen, tez çalışmam esnasında benimle birlikte olup cesaret veren, bana inanıp maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, çocukları olmaktan gurur duyduğum, değerli annem ve babama, sevgili kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**NUR AĞIRMAN
ELAZIĞ- 2015**

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE METOT.....	14
2.1. Materyal.....	14
2.1.1. Alg Örnekleri.....	14
2.1.2. Besi Ortamı	16
2.2. Metot	17
2.2.1. Sıvı Besi Ortamının Hazırlanması	17
2.2.2. <i>Chlorella vulgaris</i> 'in İzolasyonu ve Sıvı Besi Ortamında Çoğaltılması.....	17
2.2.3. Stok <i>Chlorella vulgaris</i> ve <i>Scenedesmus acutus</i> Kültürlerinin Hazırlanması....	18
2.2.4. Kültürlerdeki <i>Chlorella vulgaris</i> ve <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayılarının Belirlenmesi	19
2.2.5. Kuru Madde Miktarlarının Belirlenmesi.....	20
2.2.6. Klorofil Miktarının Belirlenmesi.....	20
2.2.7. Protein Miktarının Belirlenmesi.....	21
2.2.8. Lipit Miktarının Belirlenmesi.....	22
3. BULGULAR.....	24
3.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	24
3.2. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi	25
3.3. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi	26
3.4. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi....	26
3.5. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	27
3.6. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi...	28
3.7. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	29
3.8. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	29

3.9. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi	30
3.10. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi	31
3.11. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi	32
3.12. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	33
3.13. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	33
3.14. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi	34
3.15. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi...	35
3.16. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	36
3.17. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi	36
3.18. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	37
3.19. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi..	38
3.20. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	39
3.21. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	40
3.22. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi	41
3.23. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	41
3.24. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi...	42
3.25. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	43
3.26. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	43
3.27. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	44
3.28. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	45
3.29. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	46
3.30. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	46
3.31. % 25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Chlorella vulgaris</i> 'in % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması.....	47
3.32. % 50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Chlorella vulgaris</i> 'in % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması.....	48
3.33. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi	49
3.34. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	50
3.35. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	51
3.36. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi	51
3.37. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi	52
3.38. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi	53
3.39. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	54
3.40. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	54
3.41. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	55

3.42. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi ...	56
3.43. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi	57
3.44. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı.....	57
3.45. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	58
3.46. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	59
3.47. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi	60
3.48. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi	61
3.49. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	62
3.50. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	63
3.51. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi	63
3.52. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi	64
3.53. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi	65
3.54. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	65
3.55. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	66
3.56. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi	67
3.57. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi	67
3.58. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	68
3.59. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	69
3.60. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	69
3.61. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	70
3.62. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması.....	71
3.63. % 25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Scenedesmus acutus</i> 'un % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması.....	71
3.64. % 50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Scenedesmus acutus</i> 'un % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması.....	72
4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	74
5. ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR.....	86
ÖZGEÇMİŞ.....	93

ÖZET

Bu çalışmada, *C. vulgaris* ve *S. acutus*'un hücre gelişimi, kuru madde, protein, lipit ve total klorofil miktarı üzerinde ışık şiddeti, aydınlanma süresi, sıcaklık ve azot eksikliğinin etkileri incelenmiştir. Aydınlanma süresinin *C. vulgaris* ve *S. acutus*'un hücre sayısı, kuru madde ve protein miktarını artırdığı görülmüştür. Sıcaklığın, *C. vulgaris* ve *S. acutus*'un birey sayısı, kuru madde miktarı, total klorofil ve protein miktarını etkilediği tespit edilmiştir.

Kültür ortamındaki azot miktarındaki değişikliklerin *C. vulgaris* ve *S. acutus*'un protein ve lipid miktarında meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Azot eksikliğinin *C. vulgaris* ve *S.s acutus*'un hücre bölünmesini çok fazla etkilemediği ancak, protein ve lipid miktarında önemli değişiklikler meydana getirdiği görülmüştür. Azot eksikliğinin on günlük deney süresince hücre gelişimini engellemediği ancak protein sentezini etkileyerek protein miktarında sekizinci günden sonra azalmaya sebep olduğu görülmüştür. Besi ortamında mevcut azotun hücre gelişimi için yeterli olduğu ancak bu miktarın daha azalması durumunda *C. vulgaris* ve *S.s acutus*'un gelişiminin duracağı görülmüştür. Azot eksikliğinin *C. vulgaris* ve *S. acutus*'da özellikle lipid birikimine sebep olduğu ve lipid miktarının yaklaşık % 80 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Azot stresinin protein sentezinden lipid sentezine olan karbon akışını değiştirerek *C. vulgaris* ve *S. acutus*'da lipid birikimine neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*, Azot eksikliği, Biyodizel, Lipit, Protein, Fotoperiyot

SUMMARY

Effects of Different Stress Factors on Growth, Pigment, Lipid and Protein Amount of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus*

In this study, individual number, dry-weight, total chlorophyll, protein and lipid amount of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* were investigated to effects in different photoperiods, illuminance, temperature and nitrogen starvations. It was observed that there was an increased in the individual numbers, protein, total chlorophyll and biomass of *C. vulgaris* and *S. acutus* in long photoperiod. Temperature was effected the individual number, biomass, total chlorophyll and protein amount of *C. vulgaris* and *S. acutus*.

The effects of the changes in nitrogen amount in the culture medium on the protein and lipid amounts of *C. vulgaris* and *S. acutus* have been examined. It has been observed that nitrogen starvation does not have significant effects on the cell division of *C. vulgaris* and *S. acutus*. It has been observed that nitrogen starvation does not prevent cell development during the ten day experiment period, but that it caused a decrease in the protein amount after the eighth day. It has been observed that nitrogen amount is sufficient for cell development in the medium and that the development of *C. vulgaris* and *S. acutus* will stop after this amount decreases. It has also been determined that nitrogen deficiency causes lipid accumulation in *C. vulgaris* and *S. acutus* and that the lipid amount has increased by about 80 %. It has been concluded that nitrogen stress changes carbon flow from protein synthesis to lipid synthesis thus causing lipid accumulation in *C. vulgaris* and *S. acutus*.

Key Words: *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus acutus*, Nitrogen Starvations, Biodiesel, Lipid, Protein, Photoperiod

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Bazı Biyoyakıt Kaynaklarının Karşılaştırılması.....	4
Tablo 1.2. Mikroalg Türlerinin Yağ İçeriği.....	5
Tablo 2.1.1.1. <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Sistematigi.....	14
Tablo 2.1.1.2. <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kimyasal Kompozisyonu.....	15
Tablo 2.1.1.3. <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Sistematigi.....	16
Tablo 2.1.2.1. Jawoski Besin Çözeltilisi.....	17

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.1.1. <i>Chlorella vulgaris</i>	15
Şekil 2.1.1.2. <i>Scenedesmus acutus</i>	16
Şekil 2.2.4.1. Hücre Sayısı Standart Eğrisi.....	19
Şekil 2.2.7.1. Protein Standart Eğrisi.....	22
Şekil 3.1.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	24
Şekil 3.2.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	25
Şekil 3.3.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	26
Şekil 3.4.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	27
Şekil 3.5.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	28
Şekil 3.6.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	28
Şekil 3.7.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	29
Şekil 3.8.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	30
Şekil 3.9.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	31
Şekil 3.10.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	32
Şekil 3.11.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	32
Şekil 3.12.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	33
Şekil 3.13.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	34
Şekil 3.14.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	35
Şekil 3.15.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	35
Şekil 3.16.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	36
Şekil 3.17.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	37
Şekil 3.18.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	38
Şekil 3.19.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	38

Üzerindeki Etkisi.....	39
Şekil 3.20.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	40
Şekil 3.21.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	40
Şekil 3.22.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	41
Şekil 3.23.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	42
Şekil 3.24.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	42
Şekil 3.25.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	43
Şekil 3.26.1. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	44
Şekil 3.27.1. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	45
Şekil 3.28.1. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	45
Şekil 3.29.1. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	46
Şekil 3.30.1. Stres Faktörlerinin <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	47
Şekil 3.31.1. % 25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Chlorella vulgaris</i> 'in % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması	48
Şekil 3.32.1. % 50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Chlorella vulgaris</i> 'in % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması	49
Şekil 3.33.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	50
Şekil 3.34.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	50
Şekil 3.35.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	51
Şekil 3.36.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	52
Şekil 3.37.1. Sıcaklık Değişiminin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	53
Şekil 3.38.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	53
Şekil 3.39.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	54
Şekil 3.40.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	55
Şekil 3.41.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	56
Şekil 3.42.1. Aydınlanma Periyodunun <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	56
Şekil 3.43.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı	

Üzerindeki Etkisi.....	57
Şekil 3.44.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	58
Şekil 3.45.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	59
Şekil 3.46.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	60
Şekil 3.47.1. Aydınlanma Şiddetinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	61
Şekil 3.48.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	62
Şekil 3.49.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	62
Şekil 3.50.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	63
Şekil 3.51.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	64
Şekil 3.52.1. % 25 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	64
Şekil 3.53.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi.....	65
Şekil 3.54.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	66
Şekil 3.55.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	66
Şekil 3.56.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	67
Şekil 3.57.1. % 50 N Eksikliğinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	68
Şekil 3.58.1. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	68
Şekil 3.59.1. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	69
Şekil 3.60.1. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	70
Şekil 3.61.1. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	70
Şekil 3.62.1. Stres Faktörlerinin <i>Scenedesmus acutus</i> 'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması	71
Şekil 3.63.1. % 25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Scenedesmus acutus</i> 'un % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması	72
Şekil 3.64.1. % 50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan <i>Scenedesmus acutus</i> 'un % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması	72

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusunun beraberinde getirdiği problemler günümüzde önemli boyutlara ulaşmıştır. Beslenme, enerji ihtiyacı ve çevre kirliliği bu problemlerin başında yer almaktadır. Önümüzdeki yıllarda, enerji ihtiyacındaki artışın büyük bölümünün gelişmekte olan ülkelerden kaynaklanması beklenmektedir. Ülkemizde de, önümüzdeki dönem için belirlenen büyüme ve kalkınma hedefleri, enerji ihtiyacının hızlı bir şekilde artacağı anlamına gelmektedir. Enerji ihtiyacının yanında besin talebi de hızla artmakta buna karşın kullanılabilir tarım arazileri her geçen gün azalmaktadır.

Enerjinin daha fazla kullanılmasına karşın enerji kaynaklarının hızla tükeniyor olması, petrol ve kömür gibi kendini yenilemeyen fosil yakıtların hiç bitmeyecek gibi kullanılıyor olması ve bu kaynakların çevreye ve atmosfere verdiği zarar, insanları yenilenebilir enerji kaynaklarını aramaya yönlendirmiştir. Bulunan alternatif enerji kaynaklarının sürdürülebilir olması, artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek ve devam ettirebilmesi çok önemlidir. Bu da bu yüzyılın en önemli problemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bilim insanları yenilenebilir kaynakların bulunması ve bu kaynakların gündelik yaşamın pek çok alanında kullanılabilir olmasına yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında biyolojik kütleden elde edilen ve dizel yakıtın yerini alabilecek potansiyele sahip 'biyodizel' gelmektedir. Karbonu, biyokütleyle hapsederek küresel karbon dengesini yeniden kurma olanağı sağlayan biyokütle enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha çevreci bir seçenek oluşturmaktadır (Ladanai ve Vinterback, 2010). Mikroalgler sahip oldukları yüksek yağ içerikleri, hızlı büyümeleri ve üretilibilmeleri için gereken alan ihtiyacının düşük olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynağı olarak yüksek potansiyele sahiptirler. Mikroalglerden biyodizel üretimi üzerine yapılan bilimsel araştırmalar her geçen gün artmakta ve bu konuda önemli ticari işletmeler kurulmaya başlamıştır (Şahin ve Akyurt, 2010).

Hızlı nüfus artışı, tarımsal faaliyetlerde artan sulama suyu kullanımı, kentleşme, sanayileşme ile birlikte içme ve kullanma suyu ve sanayi suyu ihtiyaçları hızla artmaktadır. Kentlerde ve sanayide kullanılan sular kirlenmekte ve oluşan atık suların boşaltılması sonucunda yüzeysel ve yeraltı su kaynakları da artan oranda kirlenmektedir. Sürekli artan ihtiyaçlara karşılık kirlenme yüzünden kullanılabilecek su kaynağı azalmakta gelecekteki ihtiyaçların karşılanması riske girmektedir. Özellikle kirlenen bu suların arıtılması ve tekrar

kullanılabilir hale getirilmesi için yüksek maliyet gerektiren çalışmalar yapılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal arıtmanın yanında biyolojik arıtma sistemleri atık suların ileri arıtımında kullanılmaktadır. Mikroalglerin bakteriler ile birlikte organik maddeler ve ağır metallerce kirlenmiş suların ileri arıtımında kullanıldığı bilinmektedir. Alglerin özellikle ağır metalleri hücrelerinde absorpladıkları ve bu sayede ortamdan uzaklaştırdıkları ve suların kirlenmesine sebep olan organik atıkların ihtiva ettiği azotlu ve fosforlu bileşikleri gelişmelerinde kullanarak ortamdan uzaklaştırdıklarını gösteren pek çok çalışma yapılmıştır (Say ve ark., 2010).

Açlık sorunu, hızlı nüfus artışının yanında düzensiz kentleşmenin bir sonucu olarak kullanılabilir tarım alanlarının ve temiz su kaynaklarının azalması ile kendisini her geçen gün daha fazla hissettirmektedir. Bilim insanları son yıllarda kendisini çok daha fazla hissettiren protein eksikliğinin üstesinden gelebilmek için çok farklı alanlarda önemli çalışmalar yapmaktadırlar. Islah, koruma ve besleme çalışmalarının yanında tek hücre proteini üzerinde de çok önemli incelemeler yapmakta ve bu konuda ilerlemeler sağlamaktadırlar. Tek hücre proteininin gelecekte canlıların protein ihtiyaçlarının karşılanmasında bazı üstünlüklere sahip olduğu bilinmektedir. Bu özellikler; hücrelerin önemli miktarda protein ihtiva etmesi, kolay ve hızlı çoğalmaları, üretim maliyetlerinin uygun olması, üretimleri için geniş araziye ihtiyaç duyulmaması, çevresel değişikliklerden etkilenmeyen kapalı alanlarda yetiştirilme imkanlarının olması şeklinde belirtilmektedir (Lee, 2001). Günümüzde mikroorganizmaların bu avantajlarından faydalanılarak protein eksikliğinin ortadan kaldırılması için önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Enerji, protein açığı ve çevre kirliliği gibi insanlığın geleceğini tehdit eden temel problemlerin üstesinden gelebilmek için mikroalgler en ilgi çekici organizmalar arasında ilk sırayı oluşturmaktadırlar. Algler, hücre içinde depoladıkları değerli metabolitleri sayesinde; gıda, koruyucu, hayvan yemi, gübre, doğal gıda boyası, kozmetik sanayi gibi farklı alanlarda kullanılabildikleri gibi, metal bağlama yetenekleri sayesinde atık su arıtımında da kullanılmaktadır. Son yıllarda fosil yakıtların sebep olduğu çevresel sorunlar nedeniyle daha çevreci ve yenilenebilir enerji kaynakları arama yoluna gidilmektedir. Günümüzde yapılan çalışmalar, geleneksel fosil yakıtların yerine yüksek enerji çıkışları sağlayabilen, uygun biyokütle oluşturabilen türlerin tespitine yönelmiştir. Bu amaçla mikroalgler, biyoyakıt ve biyoteknolojik çalışmalarda ilgi çekmektedirler. Mikroalglerin basit besin ihtiyaçları, güneş ışığı ile hemen her yerde yetiştirilebilmeleri, yüksek fotosentez yetenekleri ve üreme

dönemlerinin çok kısa olması onların biyodizel üretimi için umut vadeden bir hammadde olabileceğini düşündürmektedir. Mikroalgler büyüme oranı ve yağ içeriği bakımından diğer bitkisel ürünlerden çok daha yüksek yağ içeriğine sahiptirler. Mikroalglerin fotosentez verimi karasal bitkilerle kıyaslandığında oldukça yüksektir ve yağ içeriği bakımından oldukça zengin organizmalardır. Mikroalglerin yağ oranı yaklaşık %1-70 arasında değişirken, bazı türlerde stres şartlarında yağ oranının kuru ağırlığın % 90'ına kadar yükseldiği belirtilmektedir (Meng ve ark., 2009; Brennan ve Owende, 2010). Yüksek yağ oranı nedeni ile biyoyakıt üretimi için mikroalglerin biyoteknolojik kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır (Chisti 2007; Hu ve ark., 2008).

Sucul ekosistemlerde biyokütlenin çok önemli bir kısmını oluşturan algler yaklaşık 25.000 tür ile temsil edilmekte ve sadece 50 alg türünün biyokimyası ve ekofizyolojisinin detaylı olarak çalışıldığı görülmektedir. Biyoteknolojik çalışmalarda kullanılan alglerin önemli bir kısmı yeşil algler bölümünde yer alan tatlı su mikroalgleridir. Biyokütle üretimi için hedef türler, hayat devri bilinen, hücre bölünmesi hızlı, protein miktarı yüksek, metabolit içeriği zengin olanlardan tercih edilir. Yeşil algler içerisinde de özellikle *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* ön plana çıkan mikroalglerdir. Yüksek protein, vitamin, mineral madde ve yağ içeriği *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'u biyoteknolojik olarak önemli duruma getirmiştir. Diğer mikroalglerle karşılaştırıldığında bu iki tür, hızlı ve yüksek büyüme oranı, yüksek lipit içeriğinden dolayı alternatif yakıt üretimi için yenilenebilir kaynaklar arasında yer almaktadır.

Mikroalgler, balık yetiştiriciliği ve kabukluların üretiminde, larva beslemede de canlı yem olarak kullanılmaktadırlar. Gıda, kozmetik ve kimyasal madde üretiminde de kullanılan algler son zamanlarda enerji kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Bünyelerindeki yağ biyodizel olarak kullanılabilir. Ototrof organizmalar oldukları için karbon kaynağı olarak mevcut karbondioksiti enerji kaynağı olarak kullanarak karbondioksitin nötralizasyonu sağlamaktadırlar (Scrugg ve ark., 2002). Fotosentez sonucunda sentezledikleri organik materyalin bir kısmını yağ ve nişasta şeklinde depolanmaktadır. Mikroalglerin biriktirdikleri lipitler genellikle triaçilgliserol formunda olup 16 ve 18 numaralı karbon atomlarınca zengin yağ asidi içermektedir. Biyolojik olarak parçalanabilen, çevreye ve atmosfere en az zarar veren, günümüzde kullanılan dizel yakıtın yerini alabilecek nitelikte olan biyodizelin üretiminde karşılaşılan en büyük problem kullanılan hammaddenin maliyetidir. Bu sorunun aşılmasında, mikroalgal yağlar önemli bir seçenek gibi durmaktadır. İçerdikleri yüksek

orandaki yağ asidi çeşitleri ve yakıt olarak kullanılabilmesinin önemli koşullarından olan, yoğunluk, akışkanlık, yanma noktası, yanma değeri vb. özelliklerinden dolayı petrole olan benzerliği nedeniyle bilim dünyasının ilgisini çekmektedir. Ayrıca, karasal bitkilerle kıyaslandığında tüm yıla yayılabilen bir üretim olanağına sahip olması, kuru ağırlığını % 1-70'lik kısmını yağ olarak biriktirebilmesi ve logaritmik üreme fazındaki ikiye katlanma süresinin yaklaşık 3,5 saate kadar kısılması bu organizmaları biyodizel üretiminde ön plana çıkarmaktadır (Chisti, 2007, Huang ve ark., 2010).

Karasal bitkilerle alglerin yağ üretiminin birim alandaki karşılaştırması Tablo 1.1'de görülmektedir.

Tablo 1.1. Bazı Biyoyakıt Kaynaklarının Karşılaştırılması (Chisti, 2007).

ÜRÜN	YAĞ ÜRETİMİ (L/ha)
Mısır	172
Soya	446
Kanola	1190
Jatropha	1892
Hindistan cevizi	2689
Palmiye	5950
Mikroalg (%70 yağ içerikli)	136900
Mikroalg (%30 yağ içerikli)	58700

Karasal bitkilere oranla birim alandan daha fazla yağın elde edilebildiği alglerde metabolitlerin oranı ve çeşidi de farklılıklar göstermektedir. Türlerle bağlı olarak, mikroalgler birçok farklı türde lipit, hidrokarbon ve diğer kompleks yağlar üretmektedir. Tüm algal yağların biyoyakıt üretimi için elverişli olmadığı ancak çoğunlukla uygun yağların alglerde bulunduğu belirtilmektedir (Chisti, 2007). Mikroalgler bünyesinde yaklaşık %80 den fazla miktarda bulunan oleik asit (C18:1) ve palmitoleik asit (C16:1) gibi yağ asitleri sayesinde yüksek enerji içermektedirler. Bu sebeple mikrolagleri yakıta çevirmek oldukça elverişlidir (Konuralp ve ark., 2009). Tablo 1.2'de bazı mikroalg türlerinin yağ içerikleri gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Bazı Mikroalg Türlerinin Yağ İçeriği (Chisti, 2007).

Mikroalg	Yağ İçeriği (% Kuru Ağırlık)
<i>Schizochytrium</i> sp.	50–77
<i>Botryococcus braunii</i>	25-75
<i>Chlorella</i> sp.	28-32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis</i> sp.	25-33
<i>Nannochloris</i> sp.	20-35
<i>Nannochloropsis</i> sp.	31-68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35-54
<i>Nitzschia</i> sp.	45-47
<i>Tetraselmis sueica</i>	15-23

Alglerin ihtiva ettikleri lipit, protein, pigment ve diğer metabolitlerin çeşidi ve miktarı ile çoğalma hızları yetiştirme ortamlarına ve birtakım fiziksel ve kimyasal faktörlere bağlı olarak farklılıklar gösterebilmektedir. Bu faktörlerin başında sıcaklık, ışık, fotoperiyot ve azot gibi faktörler önemli rol oynamaktadır.

Canlıların gelişimi ve üremesi üzerinde etkili olan ekolojik faktörlerden biri olan ışık; aydınlatma süresi, şiddeti ve yapısı ile önemli etkilere sahiptir. Alglerde fotosentez, solunum gibi olaylar büyük ölçüde ışığın kontrolünde gerçekleşmektedir. Uygun dalga boyu ve belli bir şiddetteki ışık, bitkilerde fotosentezi başlatır ve ışık şiddetindeki artışa bağlı olarak belli bir noktaya kadar fotosentez artmaktadır. Fotosentezle üretilen asimilasyon ürünleri ile solunumda tüketilenin eşit olduğu metabolik olaya kompensasyon noktası adı verilmektedir (Gökmen, 2007). Alglerin farklı cins ve türlerinin ışık şiddetine gösterdiği tepkiler de farklı olmaktadır. Bu farklılıklar algin morfolojik ve fizyolojik özelliklerinde birçok değişiklikler meydana getirmektedir. Işıklanma süresi veya fotoperiyot, 24 saat içerisindeki ışıklı saatlerin sayısı ile ölçülmektedir. Canlılarda biyolojik ritimlerin çoğunluğu aydınlık ve karanlık döneme doğrudan ve dolaylı olarak bağlıdır. Gerek fotoperiyot gerek ışık şiddetindeki değişikliklerin alglerin gelişimi ve fizyolojileri üzerinde yaptıkları değişiklikler pek çok çalışmanın konusu olmuştur (Los ve Murata, 2004; Hu ve ark., 2008; Converti ve ark., 2009; Scarsella, 2010).

Bütün canlılarda olduğu gibi alglerin de büyüme ve gelişmelerini etkileyen en önemli ekolojik faktörlerden biri de sıcaklıktır. Optimum büyüme için gerekli sıcaklık alglerde türlere bağlı olarak farklılık gösterir. Canlı bünyesindeki kimyasal reaksiyonlarını kontrol ederek

bütün fizyolojik ve biyokimyasal faaliyetleri etkiler. Bitkisel canlıların bünyelerinde ürettikleri ısı miktarı düşük olup, sıcaklığı depolama yetenekleri de yoktur. Bu nedenle hayatlarını devam ettirebilmek ve normal fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirebilmek için bulundukları ekolojik ortamın sıcaklık şartlarına büyük ölçüde bağımlıdırlar. Sıcaklığın algler üzerindeki etkisi daha çok alglerin bünyesinde meydana gelen fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonların hızlarını düzenlemek ve değiştirmek şeklinde olmaktadır. Bitki bünyesinde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonların hızı sıcaklık artışına bağlı olarak değişir ve sıcaklık artışına paralel olarak metabolik reaksiyonların seviyesi artar. Ancak reaksiyon seviyesindeki artışlar sınırsız değildir. Canlı türleri arasında biyokimyasal reaksiyonların sıcaklık katsayısı farklı olduğundan herhangi bir sıcaklık değişimi bazı reaksiyonların hızını az, bazılarının hızını ise fazla etkiler. Sıcaklık değişimleri alglerde üreme ve gelişme hızını etkilerken fotosentezde ürettikleri asimilantları da etkilemektedir (Gökmen, 2007).

Azot, bitki kuru ağırlığının yaklaşık % 1.5-2'lik kısmını oluşturmasının yanında, canlılık için oldukça önemli bir elementtir. Bitki bünyesindeki karbonlu bileşiklerle birleşerek çeşitli organik molekülleri yapar, çeşitli solunum enzimlerinde ko-enzim olarak vazife gören bazı vitaminlerin ayrıca nükleik asitlerin bileşimine girerek yapısal bir görev üstlenir. Fakat hepsinden daha önemli olarak azot geniş ölçüde proteinlerin yapısına girer. Algler içerisinde Cyanophyta üyeleri havanın serbest azotunu fikse edebilme yeteneğine sahipken diğer grup üyeleri bu yeteneğe sahip değildir. Mavi-yeşil algler dışındaki diğer alg grupları azotu ara safhalarda kullanma yeteneğindedir. Ulvaceae familyasına ait türlerin çoğu azot ihtiyaçlarını nitrit ve nitrat gibi azot tuzlarından karşılarken bazı alglerin amonyağı nitratlardan daha çok tercih ettikleri gözlenmiştir (Moustafa ve ark., 2014). Algler azotu amonyum, nitrit ve nitrat halinde alabilirler. Alglerde bulunan azot miktarı, algin türüne ve yaşama ortamına göre değişmektedir. Azot, bitkide olduğu gibi alglerde de birçok organik bileşiğin yapısında bulunur. Proteinler, aminoasitler, nükleik asitler, enzimler, ATP, ADP ve klorofil azot içeren önemli organik bileşiklerdir.

Mikroalgler besin eksikliği, yüksek ışık yoğunluğu gibi olağanüstü koşullarda hayatta kalma stratejisi olarak morfolojik ve biyokimyasal değişikliklere uğrarlar. Mikroalglerde yüksek büyüme oranı ile önemli biyokütle artışı sağlanırken genellikle stres koşulları altında yetiştirilenlerin yüksek oranda lipid biriktirdikleri bildirilmektedir (Wu ve Miao, 2014). Alg türleri için yüksek büyüme oranının nasıl elde edilebileceği ile ilgili pek çok çalışma yapılmaktadır (Chiu ve ark., 2008, Li ve ark., 2008, Yadavalli ve ark., 2012, Wu ve Miao,

2014). Mikroalglerin lipit içerikleri, besleyici elementler (Reitan ve ark.,1994, İlman ve ark., 2000, Zhekisheva ve ark., 2002) ve metal içerikleri (Li ve ark., 2008) gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterdikleri bildirilmektedir.

Alglerin kimyasal içerikleri ve ekonomik değeri olan metabolitlerinin neler olduğu ve bu metabolitleri üzerinde etkili olan ekolojik faktörlerin neler olduğu ile ilgili olarak son yirmi yıl içerisinde pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı makroalgler ile ilgili olurken çok önemli kısmı mikroalgler üzerinde yapılmıştır.

Shifrin ve Chisholm (1981), azot sınırlaması yapılan kültürlerde *Monallantus salina*, *Oocystis polymorpha* ve *Cyclotella cryptica*'nın metabolitleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, hücre sayısı ve klorofil a miktarlarında azalmanın olduğunu ancak organik karbon bileşikleri oranlarında artış olduğunu kaydetmişlerdir. 30 tür ile yapılan çalışmada, log fazı boyunca, yeşil alglerin total lipit içeriği yaklaşık olarak % 17.1, diatomelerin total lipit içeriği ise yaklaşık olarak % 24.5 olarak bulunmuştur. En yüksek lipit içeriğinin *Monallantus salina*'da (% 72) olduğunu tespit etmişlerdir.

İlman ve arkadaşları (2000), azot stresinin maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*, *Chlorella minutissima*, *Chlorella emersonii*, *Chlorella sorokiniana* ve *Chlorella protothecoides*'in lipit metabolizması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmanın sonunda azot eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in lipit içeriği üzerinde önemli değişikliğe yol açtığını belirterek lipit miktarının % 18'den % 40'a yükseldiğini, protein içeriğinin ise % 29'dan % 7'ye düştüğünü tespit etmişlerdir.

Zhekisheva ve arkadaşları (2002), astaksantin önemli kaynaklarından biri olan ve yeşil algler içerisinde ekonomik bakımdan önemli bir yer tutan *Haematococcus pluvialis* ile yapmış oldukları bir çalışmada, nitrojen eksikliği ve yüksek ışık koşulları altında astaksantin birikimini incelemişlerdir. Azot eksikliği ve yüksek ışık altında yetiştirilen *Haematococcus pluvialis*'da astaksantin birikiminin arttığını tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada, önemli trigliserollerden olan oleik asit miktarının kontrol grubuna göre, % 13'den % 34'e çıktığı rapor etmişlerdir.

Bandarra ve arkadaşları (2003), yapmış oldukları bir çalışmada, *Isochrysis galbana*'yı iki farklı aydınlatma periyodunda (24 saat devamlı ışık, 8:16 aydınlık- karanlık) kültüre almışlardır. En yüksek PUFA oranının 8 saatlik aydınlatma yapılan kültürde meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada, aydınlanma periyodunun yağ artışı ve hücre yoğunluğunu da olumlu yönde etkilediği sonucuna varmışlardır. Mikroalglerin uzun zincirli

doymamış yağ asitleri kaynağı (PUFA), vitamin E, pigmentler, steroller, protein ve aminoasit gibi diğer metabolitler açısından önemli bir kaynak olduğunu belirtmişlerdir. Mikroalglerin biyoyakıt olarak kullanılabilmesi için PUFA açısından değerli olduklarını ve bu nedenle kaliteli biyoyakıt eldesi için önemli kaynaklar olduğunu bu çalışmada vurgulamışlardır.

Chisti (2007), yapmış olduğu çalışmada mikroalgal biyodizelin teknik olarak mümkün olduğunu belirtmiştir. Mikroalglerin hücresel gelişiminin tübüler fotobiyoreaktörlerde diğer gelişim yollarına göre daha fazla olduğu ve fotobiyoreaktörlerin çevreye duyarlı bir gelişim yolu olduğunu vurgulamıştır.

Hossain ve arkadaşları (2008), *Oedogonium* sp. ve *Spirogyra* sp.'yi biyodizel üretimi için karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, alg kültürlerinin CO₂ açısından zengin ortamda yetiştirilmesi halinde yağ içeriği bakımından daha iyi sonuçlar elde edilebileceğini vurgulamışlardır. Yapılan çalışmada, *Oedogonium* sp.'de algal yağ ve ester miktarı *Spirogyra* sp.'ya göre daha yüksek bulunmuştur. Farklı pH stresine de maruz bırakılan iki türün yağ ve ester sonuçlarının pek de farklı olmadığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, biyodizel üretimi her iki türden de sağlanabilmektedir. Ancak *Oedogonium* sp.'un *Spirogyra* sp'dan daha iyi biyodizel kaynağı olduğunu belirtmişlerdir.

Converti ve arkadaşları (2009), biyodizel üretimi için sıcaklık ve azot konsantrasyonlarının *Nannochloropsis oculata* ve *Chlorella vulgaris* üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. % 75 kadar azot eksikliğinde yetiştirilen *Nannochloropsis oculata*'da lipit içeriğinin % 7.9'dan 15.31'e yükseldiğini, *Chlorella vulgaris*'de ise bu oranın % 5.9'dan % 16.41'e yükseldiği rapor edilmiştir. Ekolojik faktörlerden sıcaklık ve azot eksikliğinin *Nannochloropsis oculata* ve *Chlorella vulgaris*'de lipit artışını olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Gouveia ve Oliveira (2009), *Chlorella vulgaris*, *Spirulina maxima*, *Nannochloropsis* sp., *Neochloris oleabundans*, *Scenedesmus obliquus* ve *Dunaliella tertiolecta* ile yapmış oldukları çalışmada, bu türlerin biyoyakıt üretimi için lipit kaynağı açısından kalitelerini araştırmışlardır. Bu alg türlerinden özellikle, *Neochloris oleabundans* ve *Nannochloropsis* sp.'i yüksek yağ içerikleri (sırasıyla % 29 ve % 28,7) nedeniyle biyoyakıt üretimi için önermişlerdir. Bu iki mikroalgin, azot eksikliği koşullarında yağ içeriklerinin yaklaşık olarak % 50'ye ulaştığını belirtmişlerdir.

Rodolfi ve arkadaşlarının, (2009), *Tetraselmis suecica* ve *Chlorella* sp. ile yapmış oldukları çalışmada bu iki alg türünün yüksek yağ içeriğine sahip olduklarını ve bu özellikleri

ile önemli biyoyakıt kaynağı olabileceklerini belirtmişlerdir.

Matsunaga ve arkadaşlarının (2009), özellikle tatlı su fitoplanktonu içerisinde önemli bir yer tutan *Scenedesmus* sp. gibi bazı yeşil alg türleri ile yapılan çalışmalarda, bu alg türlerinin yüksek yağ içeriğine sahip oldukları ve biyoyakıt hammaddesi olarak kullanılabilecekleri bildirilmiştir.

Demirbaş (2010), açık, kapalı ve hibrit sistemler kullanarak mikroalgleri yetiştirmiştir. Bu farklı yetiştirme ortamındaki üretim maliyeti ve algal enerji dönüşümlerini incelemiştir. Hammadde, dönüşüm prosesleri, üretim bölgeleri ve üretim ölçeklerinin biyoyakıt üretim maliyetini yükselttiğini belirtmiştir. Mikroalglerin, termokimyasal ve biyokimyasal yollar ile biyo-lipit, biyoetanol, biyohidrojen ve biyometana dönüştürülebileceğini vurgulamıştır.

Brennan ve Owende (2010), yenilenebilir enerji kaynağı olarak alglerden biyoyakıt üretiminin teknik yöntemlerle gelişiminin incelendiği araştırmada, mikroalglerin basit yetiştirme gereksinimleri (ışık, şeker, CO₂, N, P ve K) sayesinde kısa sürede yüksek miktarda lipit, protein ve karbohidrat üretilabileceğini belirtmişlerdir. Devam eden teknolojik gelişmelerin mikroalg üretimi, yağ ekstraksiyonu ve biyokütle gelişimi doğrultusunda önemli katkılar sağlayabileceğini vurgulamışlardır.

Lee ve arkadaşları (2010), *Botryococcus* sp., *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus* sp. türlerinden lipit ekstraksiyonu için çeşitli metotları araştırdıkları çalışmalarında, mikrodalga fırın yönteminin lipit ekstraksiyonu için en kolay, basit ve etkili yöntem olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan bu yöntemle, incelenen türler içerisinde en yüksek oleik asit miktarının *Botryococcus* sp.'de bulunduğu rapor edilmiştir.

Yoo ve arkadaşları (2010), yapmış oldukları çalışmalarında *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus* sp.'yi farklı CO₂ konsantrasyonlarında geliştirerek, lipit içeriğinde meydana gelebilecek değişiklikleri incelemişlerdir. Özellikle yüksek CO₂ oranında geliştirilen *Botryococcus braunii*'nin lipit ve oleik asit içeriğinin diğer türlere göre daha yüksek olduğunu ve total lipit içeriğinin de diğer türlere göre, yaklaşık 2-4 kat daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Mata ve arkadaşları, (2010), mikroalglerin biyoyakıt üretiminde kullanım olanaklarını inceledikleri detaylı çalışmada bu organizmaların, tarımsal ürünlerle ve diğer sucul bitkilerle karşılaştırıldığında gelişme hızlarının çok yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, mikroalgler biyoyakıt üretimi için kullanılan diğer tarımsal hammaddelerle karşılaştırıldığında kolza için ayrılan alandan 49, soya fasulyesi için ayrılan alandan 132 kat kadar daha küçük

alana ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedirler. Bu nedenle, mikroalglerin biyoyakıt üretiminde hammadde olarak kullanımı için büyük çaplı arazilerin gerekmediği vurgulanmıştır. Aynı çalışmada bazı alg ve mavi-yeşil alg türlerinin yüksek lipit içeriğine sahip olduğu ve optimum şartlarda bu fotosentetik organizmaların aynı alanda geliştirilen bitkilerden 100 kat daha fazla lipit üretebildiğini vurgulamışlardır. Araştırıcılar, alglerden elde edilen biyodizelin sülfür içermediğini ve petrol kaynaklı dizel yakıtlar gibi performans gösterebildiğini, partikül, CO, hidrokarbon ve SOx emisyonlarının az olmakla birlikte NOx emisyonunun bazı motor türlerinde fazla olabildiğini tespit etmişlerdir.

Singh ve arkadaşları (2011), mikroalgler ile bitkisel materyaller biyoyakıt hammaddesi açısından karşılaştırdıkları incelemelerinde mikroalg hücrelerinin, biyosentez ve bitkisel yağ benzeri lipit depolama kabiliyetinde olduğunu belirtmişlerdir. Bu biyosentez ve depolanan lipit miktarlarının, biyoyakıt olarak kullanılabilmesi için ticari açıdan uygun düzeylere çıkarılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Costa ve de Morais (2011), biyoyakıt üretimi için mikroalg kullanımının yararlarını, basit hücre bölünmesi, devamlı üretilebilmeleri, fotosentez ile organik bileşik eldesi, atık suların kullanılabilmesi, tarım alanlarının zarar görmemesi ve daha az alan kullanımı olarak sıralamışlardır. Ayrıca, fiziksel ve kimyasal stres faktörlerinin özel bileşik kompozisyonlarında artışa neden olduğunu vurgulamışlardır. Bunlara ek olarak, biyoyakıt üretimi için mikroalglerin tercih edilmesi ile atmosferdeki CO₂, iklim değişikleri, sera gazı etkisi üzerinde, bunların hem insan sağlığı hem de evre açısından önemli ve olumlu sonuçlar doğurabileceğini belirtmişlerdir.

Cha ve arkadaşları (2011), farklı azot konsatrasyonlarının *Chlorella vulgaris* ve *Chlorella sorokiniana*'nın yağ içeriğinde meydana getirebileceği değişikleri araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, azot eksikliğinde *Chlorella vulgaris*'in yağ içeriği kuru ağırlığın yaklaşık % 10-11 iken, *Chlorella sorokiniana*'da bu oranın yaklaşık olarak % 15-17 olduğunu tespit etmişlerdir. Azot eksikliğinin bu iki türün lipit miktarını artırdığı sonucuna varmışlardır.

Tan ve Lin (2011), *Scenedesmus rubescens* ile yapmış oldukları çalışmalarında, farklı azot ve fosfat konsantrasyonlarının yağ asidi kompozisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yapılan alışma sonucunda özellikle biyoyakıt üretimi için önemli yağ asitlerinden olan metil ester yağ asidinin düşük azot ve düşük fosfat kombinasyonunda *Scenedesmus rubescens*'den en fazla metilester elde edilebilecek konsantrasyon olabileceğini belirtmişlerdir.

Liu ve arkadaşları (2011), *Chlorella zofingiensis* ile yapmış oldukları çalışmada, heterotrofik veya fototrofik gelişim yolunun mevcut alg türünün lipid ve yağ asidi profili üzerinde farklı etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Heterotrofik ortamdaki gelişimin fototrofik ortamdaki gelişime oranla, biyokütle, total lipid, nötral lipid ve oleik asit bakımından verimin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Tang ve arkadaşları (2011), biyoyakıt üretiminin en önemli bileşeni olan triaçilgliserolün yağ asidi kompozisyonunda çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. *Chlorella minutissima* ile yaptıkları çalışmalarında, lipid ve triaçilgliserol içeriğinin azot eksikliğinde arttığını rapor etmişlerdir.

Abou- Shanab ve arkadaşları (2011), 45 alg türünü izole ederek kültüre almış ve morfolojilerine göre tanımlamışlardır. *Scenedesmus obliquus*, *Chlamydomonas pitschmannii*, *Chlorella vulgaris* ve *Chlamydomonas mexicana* türlerini farklı kültür şartlarına maruz bırakmışlardır. Araştırmalar neticesinde, *Scenedesmus obliquus* en yüksek biyokütle konsantrasyonuna ulaştığında lipid içeriği % 29 olarak tespit edilmiştir. *Chlamydomonas pitschmannii*'nin lipid içeriği ise % 51 bulunmuştur. Bu çalışmada, alg türleri içerisinde *Chlamydomonas pitschmannii* yüksek lipid verimi ve oleik asit miktarı nedeniyle biyoyakıt çalışmaları için en uygun tür olduğu vurgulanmıştır.

Halim ve arkadaşları (2011), *Chlorococcum* sp. üzerinde süperkritik CO₂ ve hekzan ekstraksiyonu yöntemi ile, biyodizel üretimi için lipid verim ve kalitesini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, hekzan ekstraksiyon yönteminin hem kuru, hem de yaş kültürlerde lipid ekstraksiyonu için uygulanabilirliği vurgulanmıştır. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ile azalan sıcaklık ve artan basınçın lipid miktarında artışa neden olduğu gözlenmiştir.

Sharma ve arkadaşları (2012), mikroalglerde (özellikle triaçilgliserol), lipid biyosentezini teşvik etmek için kullanılan farklı lipid ekstraksiyon yöntemlerini açıklamışlardır. Her mikroalg türünün farklı stres koşullarına verdiği yanıtın değişik olduğunu belirterek yağ asidi kompozisyonu ve miktarının da farklı olduğunu ifade etmişlerdir. Lipid ve yağ asidi indükleyici streslerin tam kombinasyonu ile büyük ölçekli ticari biyodizel üretiminin gerçekleştirilebileceğini belirtmişlerdir.

Hamedi ve arkadaşları (2012), *Chlorella vulgaris*'i farklı besiyeri koşullarında yetiştirmişler ve bu koşulların biyokütle ve lipid içeriğinde meydana getirdiği değişimleri incelemişlerdir. Lipid üretiminin nitrojen konsantrasyonları ile doğrudan ilişkili olduğunu

belirtmişlerdir. Ayrıca nitratın, diğer azot formlarına göre lipid üretimi üzerinde daha az etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Sathish ve Sims (2012), *Chlorella* sp. ve *Scenedesmus* sp. ile yapmış oldukları çalışmada, asit ve hidroliz yöntemiyle biyokütlenin % 79'unun transesterifik lipid olduğunu ve bu transesterifik lipitin de yaklaşık % 60'ının biyodizele dönüştürülebileceğini belirtmişlerdir.

Mujtaba ve arkadaşları (2012), *Chlorella vulgaris*'i farklı besi ortamlarında yetiştirerek besin sınırlamasının düşük yoğunluklu hücre çoğalması ve yüksek lipid içeriğine neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında, normal havalandırma, ışık şiddeti ve azot eksikliğinin de lipid içeriğinde artışa neden olduğunu vurgulamışlardır.

Popovich ve arkadaşları (2012), *Skeletonema costatum* ve *Navicula gregaria*'da, lipid birikiminin büyümenin durağan fazında gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Buna göre, durağan fazda hücre bölünmesi durmakta ancak fotosentez, depo lipidleri kullanılarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Nascimento ve arkadaşları (2013), 12 mikroalg türü ile yapmış oldukları çalışmada, kuru ağırlıktaki total lipid oranının *Chlamydocapsa bacillus*'da % 13.52, *Botryococcus terrestris*'de % 49'a ulaştığını belirtmişlerdir. Alg türlerindeki yağ asiti profillerini tespit etmişlerdir.

Saha ve arkadaşları (2013), *Haematococcus pluvialis*'e farklı azot ve fosfat konsantrasyonları, farklı ışık yoğunluğu ve kalitesini içeren dokuz stres faktörü uygulayarak, lipid ve biyokütlerdeki değişimleri incelemişlerdir. *Haematococcus pluvialis*'in, kırmızı led ışığına maruz bırakarak, az miktarda azot ile fosfatsız şartlardaki gelişiminde lipid veriminin % 46'ya ulaştığı belirtilmiştir.

Singh ve arkadaşları (2014), biyoyakıt üretimi açısından mikroalgler ile bitkileri karşılaştırmışlardır. Singh ve arkadaşları yaptıkları çalışmalar sonucunda, birçok mikroalg türünün yüksek biyokütle gelişimi ve lipid verimliliği gösterse de bunların yalnızca pek azının yüksek biyodizel verimliliğine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Bitkisel yağlar ile kıyaslandığında yağ ekstraksiyonunu sağlayabilmek için harcanan enerji ve maliyetin daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Wu ve Miao (2014), yaptıkları çalışma ile farklı nitrat konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Chlorella pyrenoidosa* ve *Scenedesmus obliquus*'un biyokimyasal yapısını araştırmışlardır. Yapılan çalışmanın sonucuna göre, en yüksek lipid içeriğinin, nitrat yokluğunda, *Chlorella pyrenoidosa* için % 54,5 ve *Scenedesmus obliquus* için % 47,7 olduğu

bildirilmiştir. Aynı çalışmada, *Chlorella pyrenoidosa* ve *Scenedesmus obliquus*'un doymuş ve doymamış yağ asidi içeriği, farklı azot koşulları altında, sırasıyla % 25 ve % 60 olduğunu belirtmişlerdir.

Guo ve arkadaşlarının (2014), tuz stresinin *Chlamydomonas* sp.'de C20:3 ve C20:5 birikimini tetiklediğini belirtmişlerdir. *Tribonema* sp.'de ise, azot eksikliğinin C16:1, C18:1 ve C20:5 oranlarını artırmış olduğunu rapor etmişlerdir.

Besin eksikliği ve fosil kaynaklı yakıtların sebep olduğu çevre kirliliği insanoğlunun karşılaştığı problemlerin başında gelmektedir. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için farklı alanlarda önemli birçok araştırma yapılırken algler üzerinde yapılan çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır. Pigment, protein ve lipit alglerdeki önemli maddelerden sadece bazılarıdır ve bu makro moleküllerin miktarının bazı ekolojik faktörler ile değiştirilebileceği fikri çalışmaların ağırlık noktasını oluşturmaktadır. Bu nedenle azot, sıcaklık, fotoperiyot ve aydınlanma şiddetinin *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un hücre gelişimi, protein, total klorofil, kuru madde ve lipit miktarı üzerinde meydana getirdiği değişikliklerin neler olduğu çalışmamızın amacını oluşturmaktadır. Protein, total klorofil ve lipit miktarının artışı üzerinde etkili faktörlerin belirlenmesi besin eksikliği ve temiz enerji kaynaklarının daha ekonomik olarak üretilmesi hususunda önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. MATERYAL

2.1.1. Alg Örnekleri

Tatlı sularda geniş bir yayılım gösteren ve fitoplanktonun önemli üyelerinden olan *Chlorella* ve *Scenedesmus* türlerini de içerisinde bulunduran plankton örnekleri, plankton ağı kullanılarak Keban Baraj Gölü'nden toplanmıştır. Toplanan fitoplankton örnekleri Fırat Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiş ve sıvı besi ortamında *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un da içerisinde bulunan fitoplanktonun zenginleşmesi sağlanmıştır.

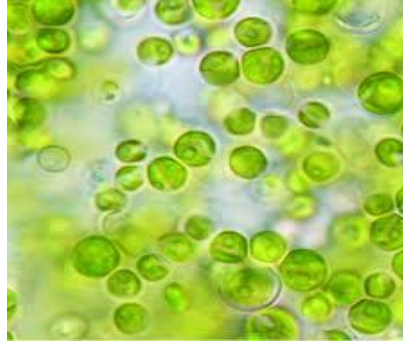
***Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck]**

Yeşil algler (Chlorophyta) bölümünün bir üyesi olan *Chlorella vulgaris*, 2-8µm çapında, tek hücreli mikroskobik bir alg türüdür (John ve ark., 2005) (Şekil 2.1.1.1.). *Chlorella vulgaris* bilinen en eski canlılardan ve besin kaynaklarından biridir. İçerdiği vitamin, protein, mineral maddeler, aminoasitler, nükleik asitler (RNA, DNA), temel yağ asitleri, enzimler ve karotenoidler açısından yoğun bir kaynak olması nedeni ile yıllardır gıda maddesi olarak tüketilmektedir. Hem gıda maddesi olarak tüketimi, hem de katkı maddesi olarak gıdalardaki kullanım alanları her geçen gün artmaktadır.

Eukaryota üst alemi içerisinde yer alan *Chlorella vulgaris*'in canlılar alemindeki taksonomik durumu Tablo 2.1.1.1.' de gösterilmiştir.

Tablo 2.1.1.1. *Chlorella vulgaris*'in sistematigi (URL.1)

Empire	Eukaryota
Kingdom	Plantae
Phylum	Chlorophyta
Class	Trebouxiphyceae
Order	Chlorellales
Family	Chlorellaceae
Genus	<i>Chlorella</i>
Species	<i>Chlorella vulgaris</i>



Şekil 2.1.1.1. *Chlorella vulgaris* (URL.2)

Chlorella vulgaris, doğada bilinen en zengin protein ve klorofil kaynağıdır. Kuru ağırlığının %50-60'ı protein ve klorofilden oluşmaktadır (Tablo 2.1.1.2.). Bazı *Chlorella* türlerinde lipit miktarının kuru ağırlığın % 28-32'si kadar olduğu, ayrıca önemli miktarda demir, iyot, çinko, magnezyum, fosfor ve kalsiyum da içerdiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Chisti, 2007).

Tablo 2.1.1.2. *Chlorella vulgaris* 'in Kimyasal Kompozisyonu (Phang, 1992)

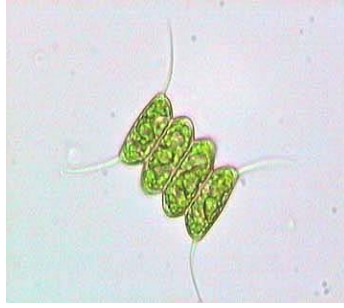
Protein	%51-58
Lipit	%14-22
Karbonhidrat	%12-17
Mineral	%5-10

***Scenedesmus acutus* Meyen**

Scenedesmus acutus, yeşil algler bölümünden bir tür olup, genellikle 2, 4 ve 8 hücreden oluşan tek veya çift sıralı sönobyum olarak adlandırılan koloniler halinde bulunmaktadır (Şekil 2.1.2.1.). *Scenedesmus acutus*, yüksek miktarda protein, beta-karoten, doymamış yağ asitleri, vitaminler ve pigment içeriklerinden dolayı endüstriyel amaçlı biyoteknolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. *Scenedesmus acutus*'un taksonomik durumu Tablo 2.1.2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1.1.3. *Scenedesmus acutus*'un sistematigi (URL.3)

Empire	Eukaryota
Kingdom	Plantae
Phylum	Chloropyta
Class	Chlorophyceae
Order	Sphaeropleales
Family	Scenedesmaceae
Genus	<i>Scenedesmus</i>
Tür	<i>Scenedesmus acutus</i>



Şekil 2.1.1.2. *Scenedesmus acutus* (URL.4)

2.1.2. Besi Ortamı

Alglerin çoğaltılması için Jaworsky besi ortamı kullanılmıştır. Besi ortamının içeriği Tablo 2.1.2.1'de olduğu gibidir.

Tablo 2.1.2.1. Jaworski Besin Çözeltisi (Thompson ve ark., 1988)

Stok Çözeltiler	200 ml.
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	4.0 gr
KH ₂ PO ₄	2.48 gr
MgSO ₄ .7H ₂ O	10.0 gr
NaHCO ₃	3.18 gr
EDTA FeNa	0.45 gr
EDTA Na	0.45 gr
H ₃ BO ₃	0.496 gr
MnCl ₂ . 4H ₂ O	0.278 gr
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂ . 4H ₂ O	0.20 gr
Cyanocobalamin	0.008 gr
Thiamine HCl	0.008 gr
Biotin	0.008 gr
NaNO ₃	16.0 gr
Na ₂ HPO ₄ . 12H ₂ O	7.2 gr

2.2. METOT

2.2.1. Sıvı Besi Ortamının Hazırlanması

Chlorella vulgaris ve *Scenedesmus acutus*'un zenginleştirilmesinde kullanılan sıvı besi ortamı olan Jaworski'yi hazırlamak için Tablo 2.1.2.1.'de belirtilen stok çözeltilerden 1 ml alınarak saf su ile 1000 ml' ye tamamlanmış, *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* örneklerinin çoğaltılmasında kullanılan Jaworski sıvı besi ortamı hazırlanmıştır. Hazırlanan sıvı besi ortamı daha sonra sterilizasyon işlemi için otoklava konmuş ve sterilizasyon işlemi 1 atmosfer basınçta, 121 °C'de 15-30 dakika otoklavda yapılmıştır.

2.2.2. *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un İzolasyonu ve Sıvı Besi Ortamında Çoğaltılması

Chlorella ve *Scenedesmus* türlerini de içerisinde bulunduran plankton örnekleri, plankton ağı kullanılarak araziden toplanmış ve Fırat Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'na

getirilmiştir. Inverted mikroskop altında mikro pipetler yardımı ile fitoplankton örnekleri içerisinde *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* izole edilmiştir.

100 ml Jaworski sıvı besi ortamı 250 ml'lik erlenmayerlere konmuş ve bu ortama 1.5 gr. agar-agar (Difco) ilave edilerek katı besi ortamı hazırlanmıştır. Daha sonra erlenmayerin ağzı pamuk tıkaçla kapatılarak otoklavda 121 °C de 1 atm basınçta 30 dakika süre ile steril edilmiş ve aynı zamanda katı olan agar-agarın erimesi sağlanmıştır. Sterilizasyon işlemi bittikten sonra erlenmayer el yakmayacak sıcaklığa gelene kadar soğutulmuş ve daha önceden steril edilmiş iki ayrı petri kutusuna eşit miktarda ilave edilmiştir. Petri kutularının kapağını kapattıktan sonra besi ortamının homojen bir şekilde petri kutusu tabanına yayılması için düz bir zemin üzerinde hafifçe çalkalanmıştır.

Katı besi ortamının bulunduğu petri kutularına bir sonraki gün alglerin bulunduğu örneklerden ekim yapılmıştır. Ekim yapmak için kullanılan öze, bek alevinde steril edilmiştir. Öze yardımıyla örneklerden numuneler alınıp katı besi ortamına yayma yöntemiyle ekimleri yapılmıştır. Ekim işlemlerinden sonra petri kutuları, 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık (16/8) olacak şekilde sıcaklığı $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ' ye ayarlı bitki büyütme kabininde gelişmeye bırakılmıştır. Bitki büyütme kabininde aydınlatma için flouresans lambalar kullanılarak ortamın ışık yoğunluğunun 2000 lux olması sağlanmıştır. Ekimlerden dört gün sonra petri kutularında farklı alg kolonilerinin oluştuğu gözlenmiştir. Bu koloniler mikroskop altında incelenmiş ve koloniler arasından *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* kolonileri belirlenmiştir. Daha sonra, uygun kolonilerden alınan örnekler petri kutusu üzerine çizim yapılarak tek koloniye düşmesi sağlanmıştır. Oluşan kolonilerin saf kültürler olduğundan emin olunduktan sonra *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* kolonilerinden ayrı ayrı örnekler alınarak içerisinde Jaworski besi ortamı bulunan erlenmayerlere aşılama yapılmıştır. Aşılama işleminden dört gün sonra sıvı kültür ortamlarında gözle görülür bir gelişme gerçekleşmiştir. Mikroskopta incelendiğinde her bir sıvı besi ortamında sadece *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* örneklerinin olduğu görülmüştür.

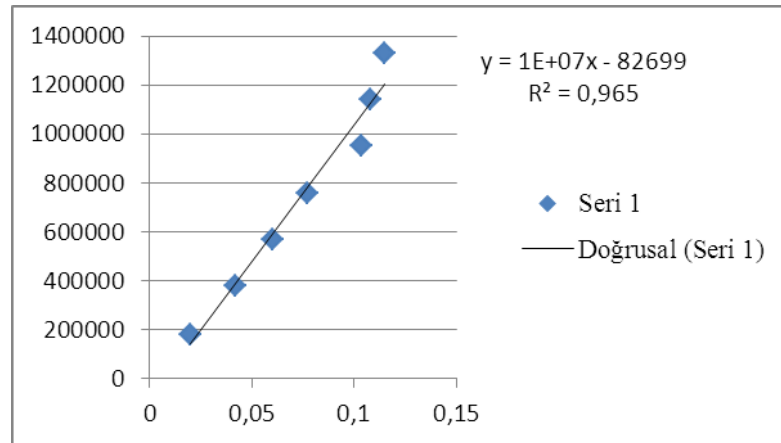
2.2.3. Stok *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* Kültürlerinin Hazırlanması

Besi ortamı 1 ve 2 L'lik erlenmayerlerde hazırlanmış, ağızları pamuk tıkaçlar ile iyice kapatılmış ve otoklavda; 1 atm basınçta, 121 °C 'de 15-30 dk steril edilmiştir. Stok kültürlerin ekimi için kullanılacak olan erlenmayerler ise, önce yıkanarak temizlenmiş ve saf sudan

geçirilmiştir. Daha sonra bu cam malzemeler önceden 160 °C'ye getirilmiş olan sterilizatörde 2 saat boyunca bekletilmiş ve sterilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanacağımız *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* kültürlerini saf olarak elde ettikten sonra 500 ml, 1 L ve 2 L'lik erlenmayerlerde çoğalmaları sağlanmıştır. Ağızları pamuk tıkaçlar ile düzgünce kapatıldıktan sonra bitki büyüme kabininde birbirlerini engellemeyecek şekilde ışık kaynağına eşit uzaklıkta yerleştirmeye özen gösterilmiştir. Erlenmayerler günde üç defa tıkaçları açılarak çalkalanıp havalandırılmıştır.

2.2.4. Kültürlerdeki *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayılarının Belirlenmesi

Belirli konsantrasyonlarda hazırlanan kültürlerden 1 er ml örnekler alınarak ışık mikroskobu altında Thoma lamı kullanılarak sayımları yapılmıştır. Aynı örneklerden 1 er ml alınarak spektrofotometrede ayrı ayrı dalga boyu taraması yapılarak maksimum dalga boyu *Chlorella vulgaris* için 500 nm, *Scenedesmus acutus* için ise 680 nm olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu maksimum dalga boyu değerlerinin literatür ile benzerlik gösterdiği görülmüştür (Li ve ark., 2008; Tang ve ark., 2011; Yadavalli ve ark.,2012; Uslu ve ark., 2012). Farklı hücre sayılarına sahip *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* kültürlerinden örnekler alınarak spektrofotometrede üç tekrarlı olarak ölçümler yapılmış ve aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır. Bulunan bu değerlerle hücre sayısına karşılık gelen absorbans değerleri ile bir grafik çizilmiştir ve buradan doğrunun denklemi bilgisayardan belirlenmiştir. Doğrunun denklemi; $y = 1E+07x - 82699$ 'dir.



Şekil 2.2.4.1. Hücre sayısı standart eğrisi

Hücre sayılarının belirlenmesinde kalibrasyon eğrisinden elde edilen doğrunun denklemi kullanılarak sıvı kültürlerdeki hücre sayıları belirlenmiştir. Hücre sayılarının belirlenmesinde ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

2.2.5. Kuru Madde Miktarlarının Belirlenmesi

Kuru madde miktarlarının belirlenmesi için, 10 gün boyunca, günlük olarak *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* örneklerinden 50 ml alınmıştır. Daha önce 105°C’de 1 saat etüvde tutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve darası alınmış 0.45 µ göz açıklığındaki Whatman GF/C filtre kâğıtlarından filtre edilmiştir. Süzdürülen örnekler HCl ile pH’ı 4’e ayarlanmış olan solüsyon ile yıkanmıştır. 0.001 g’a duyarlı terazide darası alınmış olan petri kapları ile yaş ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örnekler, önceden 105°C’ye getirilmiş etüvde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan petri kaplarının oda sıcaklığında bırakılarak soğumaları sağlanmıştır. Tekrar 0.001 g’a duyarlı terazide tartımları gerçekleştirilmiştir. Örnekler yaş iken yapılan tartım sonuçlarından kuru iken yapılan tartım sonuçları çıkarılarak kuru madde miktarı hesaplanmış ve % değerleri bulunmuştur (Vonshak, 1997).

$$\% \text{ Kuru Madde Miktarı} = \frac{\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{100}$$

2.2.6. Klorofil Miktarının Belirlenmesi

Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarını belirlemek amacıyla kontrol ve stres şartları uygulanan kültürlerden 10 mL örnek alınarak 0.45 µ göz açıklığına sahip Whatman GF/C filtre kâğıtlarından süzdürülmüştür. Filtre kâğıtları oda sıcaklığında 2 saat kurumaya bırakılmış ve filtre kâğıtları içerisinde % 90’lık aseton bulunan deney tüplerine alınmıştır. Asitliğin artması ve pigmentlerin zarar görmemesi için filtre kâğıtlarına 2 damla MgCO₃ eklenerek tüplerin ağızları kapatılmış ve iyice çalkalanmıştır. Deney tüpleri buzdolabında (+4 °C) 24 saat bekletilmiş ve ertesi gün buzdolabından çıkarılarak 3500 rpm’de 5-10 dk SCILogex DMO412 marka santrifüj cihazında santrifüj edilmiştir. Süpernatant

kısımları alınan örnekler, Jenway 6105 UV/VIS marka spektrofotometrede 630, 645, 665 ve 750 nm'deki absorbans değerleri ölçülmüştür. Hesaplamalar aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır (Strickland, 1985).

Hesaplama:

$$\text{Klorofil a} = 11,6 \times D_{665} - 0,14 \times D_{630} - 1,31 \times D_{645}$$

$$\text{Klorofil b} = 20,7 \times D_{645} - 4,34 \times D_{665} - 4,42 \times D_{630}$$

$$\mu\text{g klorofil (a,b)} / L = \text{klorofil (a,b)} \times v / l \times V$$

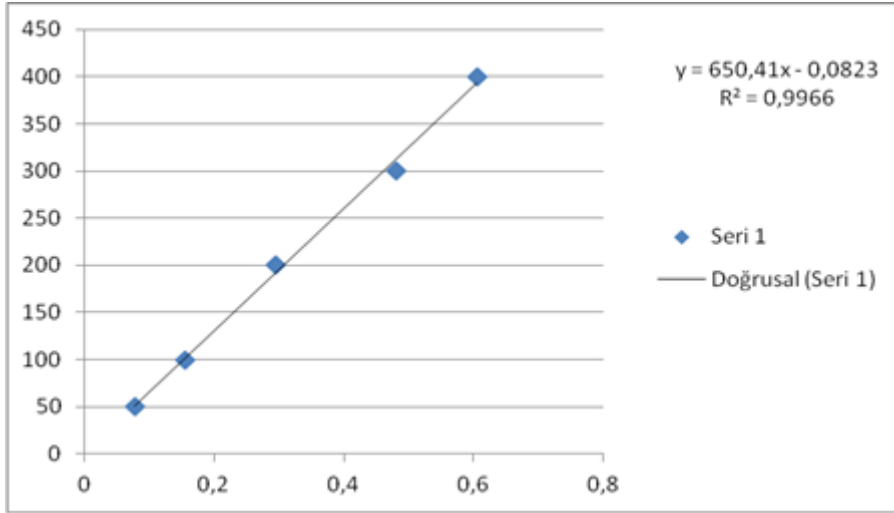
$$V (L) = \text{Filtre edilen su örneği}$$

$$v (ml) = \text{Kullanılan aseton}$$

$$l (cm) = \text{Işık yolu}$$

2.2.7. Protein Miktarının Belirlenmesi

Protein analizleri Lowry (1951) metoduna göre yapılmıştır. Lowry metodu protein miktarının belirlenmesinde laboratuvar çalışmalarında en çok kullanılan ve en eski protein miktarı ölçüm metodudur. Metodun esası biüret yöntemine dayanmaktadır. Bu metoda göre; hazır protein kitindeki protein standartları kullanılarak standart grafik oluşturulmuş ve örneklerde okunan absorbans değerleri standart eğriden değerlendirilmiştir. Bu standart eğri için uygun eğri eşitliği $y = 650,41x - 0,0823$ olarak bulunmuştur. Protein miktarlarının belirlenmesinde kalibrasyon eğrisinden elde edilen doğrunun denklemi kullanılarak sıvı kültürlerdeki protein miktarı belirlenmiştir. Bulunan değerlerle bir grafik çizilmiştir ve regresyon eğrisi belirlenerek absorbansa karşılık gelen protein miktarı tespit edilmiştir.



Şekil 2.2.7.1. Protein standart eğrisi

Protein analizleri için aşılamanın yapıldığı ilk günden başlamak üzere 10 gün boyunca her gün sıvı kültürlerden 5 er ml örnek alınmış ve Deoxycholate (DOC) çözeltisinden ilave edilerek iyice çalkalanmıştır. Trichloroasetik asit (TCA) çözeltisinin ilavesinden sonra 10 dakika bekletilmiş ve 7500 devirde 15 dakika santrifüjlenmiştir. Bu işlemle örneklerin süpernatant kısımları dökülerek her bir örneğe Lowry çözeltisi ilave edilmiş yarım saat süreyle bekletilmiştir. Daha sonra örnekler folin ayıracı ilave edilmiştir. 750 nm de absorbansları ölçülen örneklerin protein miktarları formülden hesaplanmıştır.

Hesaplama;

$$y = 650,41x - 0,0823$$

X= protein derişimini (µg/ mL);

Y= absorbans

2.2.8. Lipit Miktarının Belirlenmesi

Chlorella vulgaris ve *Scenedesmus acutus* kültürlerinde lipid miktarı Bligh and Dyer (1959)'e göre yapılmıştır. Kontrol ve stres uygulaması yapılan kültürlerden 10 gün süresince her gün, ayrı ayrı 0,2 g örnek alınarak üzerine 120 ml metanol/kloroform (1/2 oranında) eklenmiş ve örnekler iyice çalkalanmıştır. Daha sonra örnekler üzerine 20 ml % 0,4'lük $CaCl_2$ ilave edilmiş ve bu karışım 0.45 µ göz açıklığındaki Whatman GF/C filtre kâğıtlarından balon jojelere süzdürülmüştür. Balon jojelerin ağızları hava almayacak şekilde kapatılmıştır ve 1

gece karanlık ortamda bekletilmiştir. Ertesi gün su ve metanolden oluşan kısım ayırma hunisi yardımıyla ayrılmıştır. Balon jojeler 60 °C su banyosunda bekletilerek, kloroformun buharlaşması sağlanmıştır. Daha sonra balon jojeler 1 saat etüvde bekletilmiş, kalan kloroformun tamamen uçması sağlanmıştır. Etüvden çıkarılan balon jojelerin oda sıcaklığına kadar soğumaları sağlanmıştır tartımları gerçekleştirilmiştir. Lipit oranının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

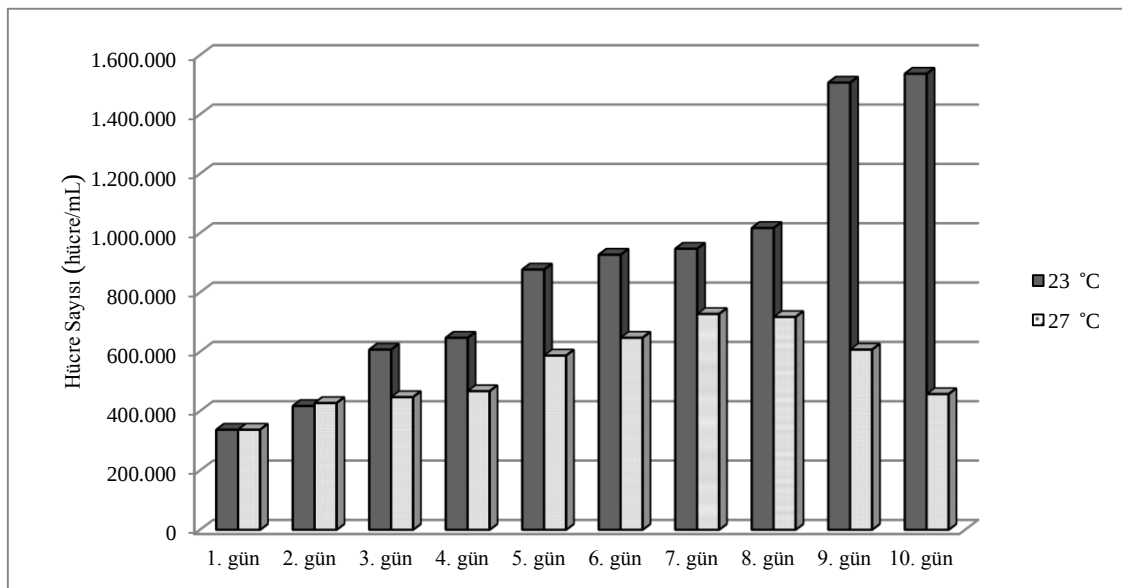
$$\text{Lipit miktarı (\%)} = \frac{[\text{Balon Darası(g)} + \text{Lipit(g)}] - [\text{Balon Darası (g)}] \times 100}{\text{Örnek Miktarı (g)}}$$

3. BULGULAR

Bu çalışmada, *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısı, kuru madde miktarı, klorofil, protein ve lipit miktarı üzerinde, sıcaklık, aydınlanma süresi, aydınlatma şiddeti ve azot miktarının etkileri incelenmiştir. 23°C sıcaklık, 2000 lux ışık şiddeti, 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık aydınlanma periyodu (optimum koşul) esas alınarak *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un sıcaklık, aydınlanma şiddeti, aydınlanma süresi ve azot miktarında değişiklikler yapılarak oluşturulan stres şartlarının etkileri on gün süreyle takip edilmiştir.

3.1. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

Chlorella vulgaris, optimum koşulda yani 23°C, 2000 lux ışık şiddeti, 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık aydınlanma periyodu ile 27 °C, 2000 lux ışık şiddeti, 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık aydınlanma periyodundaki gelişimi 10 gün boyunca takip edilmiştir. Sıcaklık değişiminin *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısı üzerindeki etkisi Şekil 3.1.1'de gösterilmiştir. Aşılamanın yapıldığı ilk gün hücre sayısının 337.300 hücre/mL olduğu tespit edilmiştir. 23°C'ye maruz bırakılan kültürlerde *Chlorella vulgaris* hücre sayısındaki artış 10. güne kadar sürekli olarak devam etmiş ve 10. günde hücre sayısının 1.537.301 hücre/mL olduğu görülmüştür. 27°C sıcaklıkta gelişmeye maruz bırakılan kültürlerde ise maksimum hücre sayısına 7. günde ulaşıldığı (727.300 hücre/mL) tespit edilmiştir (Şekil 3.1.1).

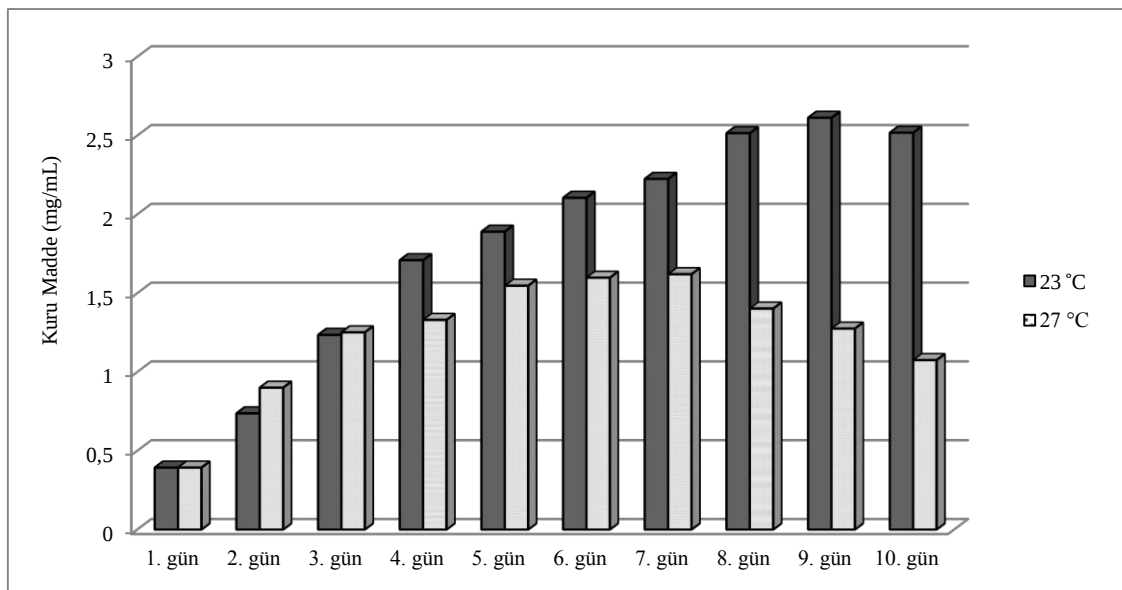


Şekil 3.3.1. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

Chlorella vulgaris'in hücre sayısındaki artış 23°C sıcaklığa gelişmeye bırakılan kültürlerde daha hızlı ve sürekli olurken 27°C sıcaklıkta gelişen kültürlerde hücre sayısındaki artış hem daha yavaş olmuş hem de 7. günde ulaşılan maksimum hücre sayısının optimum şartlarda geliştirilen kültürlerle göre daha küçük olduğu belirlenmiştir. Şekilden de anlaşılabacağı gibi *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısı üzerinde yüksek sıcaklığın olumsuz etkisi açıkça görülmektedir. Yüksek sıcaklığın hücrelerin gelişimini engellediği ve kültürlerin hızlı yaşlanmasına neden olduğu görülmüştür.

3.2. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

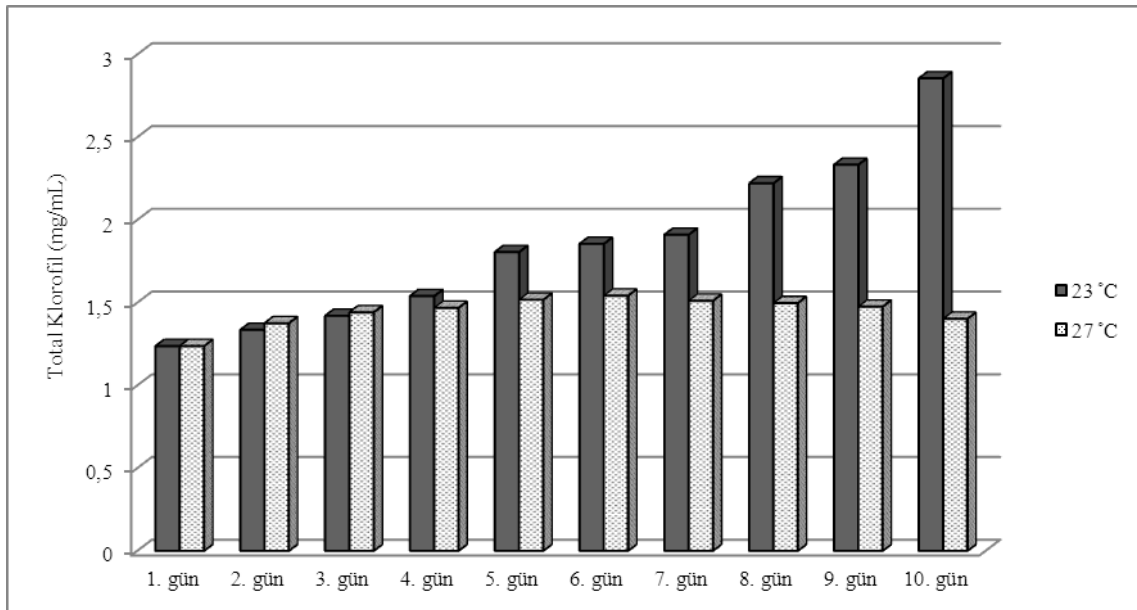
Chlorella vulgaris kültürler 23°C ve 27°C sıcaklıkta bitki büyüme kabininde gelişmeye bırakılmıştır. On gün boyunca yapılan ölçümlerde kuru madde miktarının 23°C sıcaklıkta gelişmeye bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.2.1). Aşılamanın yapıldığı gün kuru madde miktarının 0.393 mg/mL olduğu görülmüştür. 23°C sıcaklıkta geliştirilen *Chlorella vulgaris* kültürlerinde maksimum kuru madde miktarına 9. günde ulaşılırken (2.613 mg/mL), 27°C sıcaklıkta gelişmeye bırakılan kültürlerde ise en yüksek kuru madde miktarına 7. günde ulaşılmıştır (1.620 mg/mL). 23°C'de 9. gün ulaşılan kuru madde miktarı 27°C'de 7. günde ulaşılan kuru madde miktarının yaklaşık 1.6 katı kadar olduğu görülmüştür (Şekil 3.2.1).



Şekil 3.2.1. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.3. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

Sıcaklık değişiminin *Chlorella vulgaris*'in total klorofil miktarı üzerindeki etkisi 10 gün süresince takip edilmiştir (Şekil 3.3.1). Aşılamanın yapıldığı gün total klorofil miktarı 1.237 mg/mL olarak hesaplanmıştır. 23°C ve 27°C sıcaklığa maruz bırakılan kültürlerde ilk dört gün boyunca total klorofil miktarlarının birbirlerine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir. 27°C sıcaklıkta gelişmeye bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde maksimum total klorofil miktarına 6. günde ulaşılmış ve maksimum total klorofil miktarı 1.542 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. 23°C sıcaklığa maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde maksimum total klorofil miktarı ise 2.855 mg/mL olarak bulunmuş ve total klorofil miktarındaki artış deneme süresinin sonuna kadar devam etmiştir (Şekil 3.3.1).

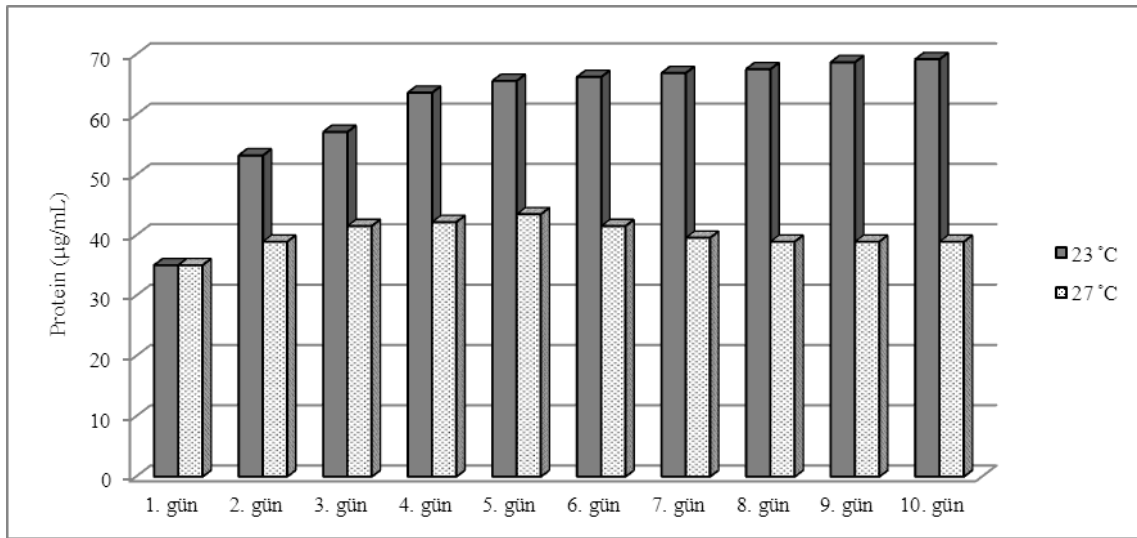


Şekil 3.3.1. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.4. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

Chlorella vulgaris'in 23°C, 2000 lux ışık şiddeti, 18 saat aydınlık- 6 saat karanlık periyodu ve 27 °C, 2000 lux ışık şiddeti, 18 saat aydınlık- 6 saat karanlık periyodundaki gelişimi 10 gün boyunca takip edilmiştir. Sıcaklık değişiminin *Chlorella vulgaris*'in protein miktarı

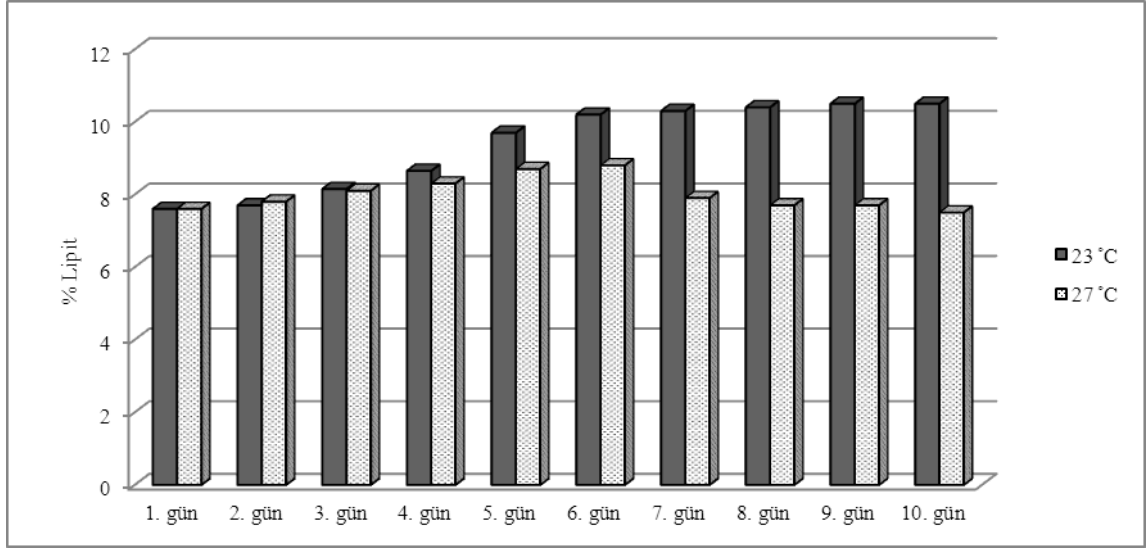
üzerindeki etkisi tespit edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.4.1’de gösterilmiştir. 27°C sıcaklığa maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde 10 gün boyunca protein miktarının 35.039 ile 43.495 µg/mL arasında değiştiği tespit edilmiştir. 23°C sıcaklığa maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde ise aşılamanın yapıldığı ilk gün 35.039 µg/mL olan protein miktarının düzenli bir şekilde artarak 10. gün 69.200 µg/mL’ye ulaştığı belirlenmiştir.



Şekil 3.4.1. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*’in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.5. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*’in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

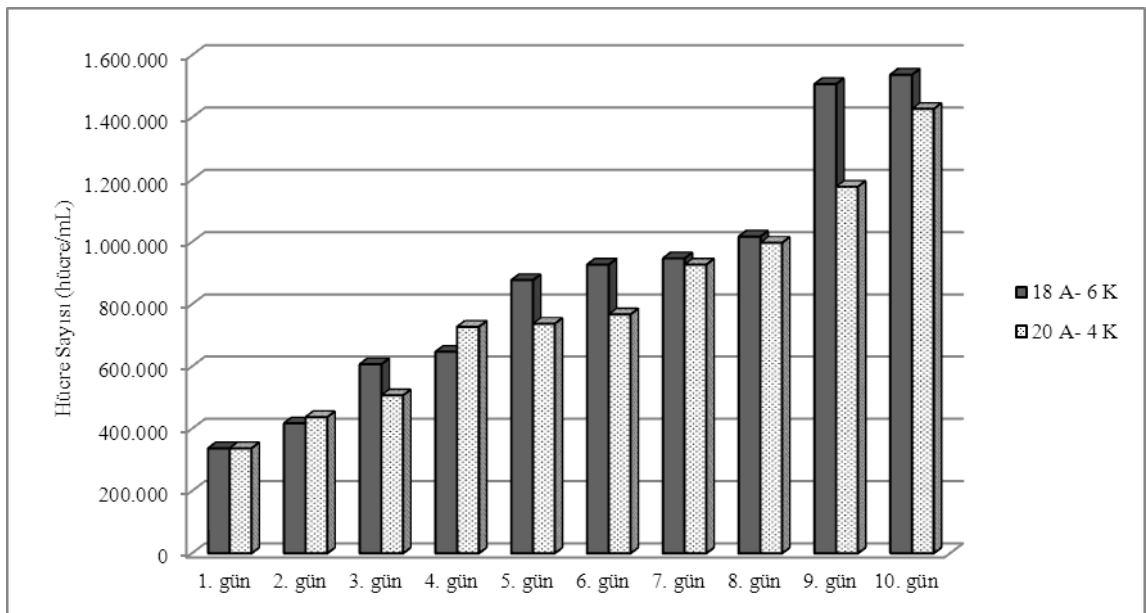
Chlorella vulgaris’in lipit miktarı üzerinde sıcaklık değişiminin etkileri 10 günlük sürede takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.5.1’de gösterilmiştir. Sıvı kültürlerde aşılamanın yapıldığı ilk gün %7.6 olan lipit miktarı 23 ve 27 °C’de geliştirilen kültürlerde ilk dört gün benzer olmuş ve lipit miktarının yaklaşık % 8.5 olduğu görülmüştür. Beşinci günde 23°C sıcaklığa maruz bırakılan kültürlerde lipit miktarında gözle görülür bir artış tespit edilirken (%9.7), 27°C sıcaklıkta gelişen kültürlerde lipit miktarının % 8.7’de kaldığı tespit edilmiştir. 23 °C sıcaklıkta gelişen *Chlorella vulgaris*’te lipit miktarı en yüksek miktarına 9. ve 10. günde (%10.5) ulaşmıştır. 27°C sıcaklıkta gelişmeye maruz bırakılan kültürlerde ise lipit miktarı 6. günden sonra sürekli olarak azalma göstermiştir (Şekil 3.5.1).



Şekil 3.5.1. Sıcaklık Değişiminin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.6. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

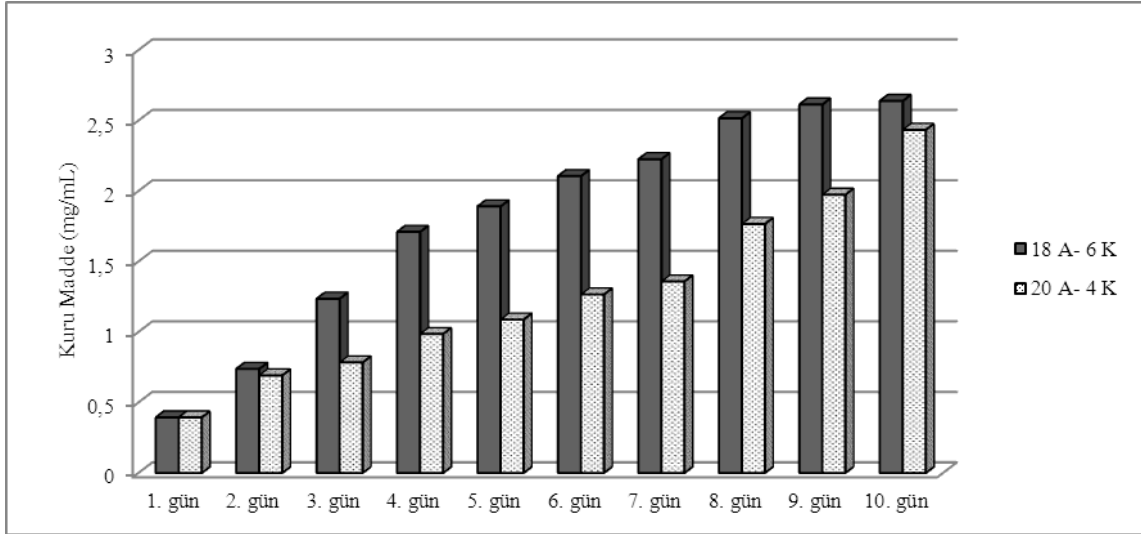
18 saat aydınlık 6 saat karanlık ve 20 saat aydınlık 4 saat karanlık aydınlanma periyotlarda geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısındaki değişiklikler on gün süreyle gözlenmiştir. Aşılamanın yapıldığı ilk gün kültürlerde hücre sayısının 337.300 hücre/mL olduğu belirlenmiştir. İki farklı aydınlanma periyodunda gelişmeye bırakılan kültürlerde hücrelerin çoğalmalarının benzer olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.6.1).



Şekil 3.6.1. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.7. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

Chlorella vulgaris'in kuru madde miktarı üzerinde aydınlanma periyodunun etkileri 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.7.1'de gösterilmiştir. Aşılamanın yapıldığı ilk gün kültürlerde kuru madde miktarının 0.393 mg/ mL olduğu belirlenmiştir. 18 saat aydınlık 6 saat karanlık periyoduna maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde maksimum değere 10. günde ulaşılmıştır (2.638 gr/mL). 20 saat aydınlık 4 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde ise, maksimum kuru madde miktarının onuncu gün 2.433 gr/mL olduğu tespit edilmiştir. Her iki aydınlanma periyodunda da kuru madde miktarının ilk günden itibaren artış gösterdiği ve kuru madde miktarlarıdaki değişikliğin benzer olduğu görülmüştür (Şekil3.7.1).

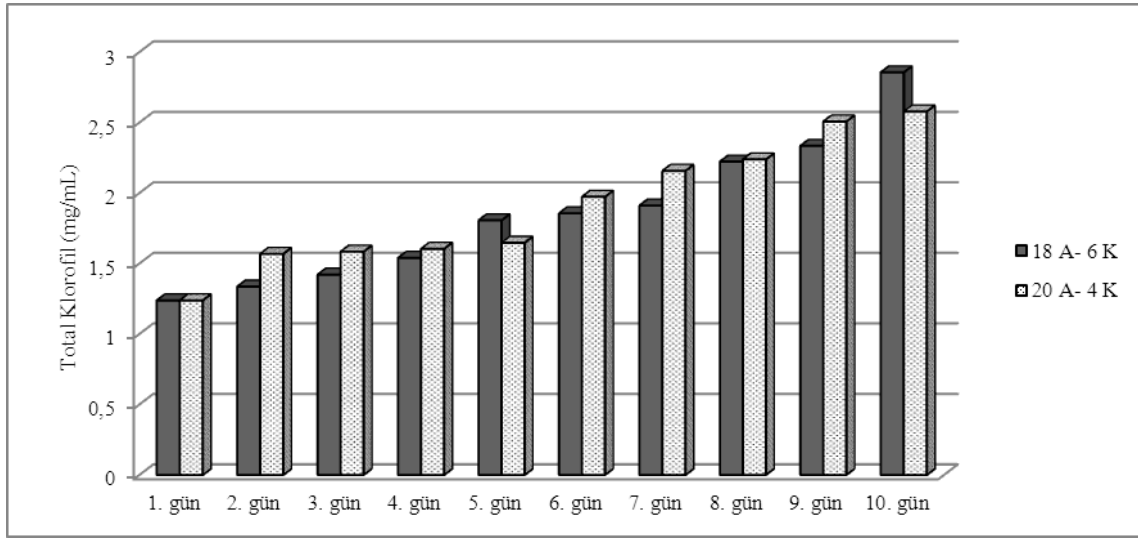


Şekil 3.7.1. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.8. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

Chlorella vulgaris'in total klorofil miktarı üzerinde aydınlanma periyodunun etkisi 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.8.1'de gösterilmiştir. 18 saat aydınlık 6 saat karanlık ve 20 saat aydınlık 4 saat karanlık periyotlarına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde total klorofil miktarlarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. 18 saat aydınlık-

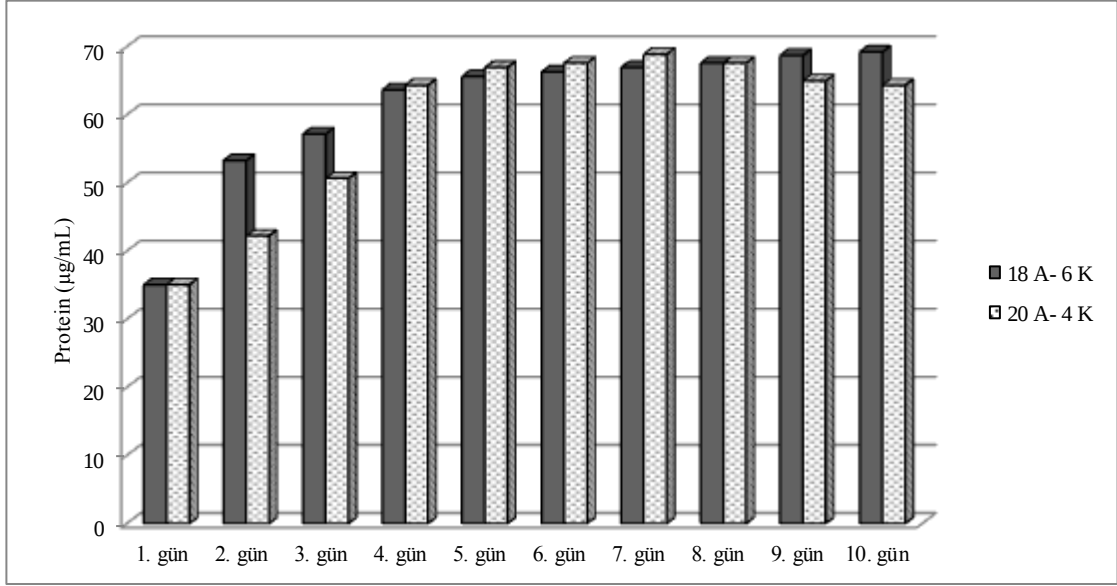
6 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde maksimum total klorofil miktarı onuncu gün 2.855 mg/mL iken 20 saat aydınlık ve 4 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde ise maksimum total klorofil miktarının 2.577 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. Total klorofil miktarları her iki aydınlanma periyodunda da onuncu güne kadar benzer bir şekilde artış göstermiştir.



Şekil 3.8.1. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.9. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

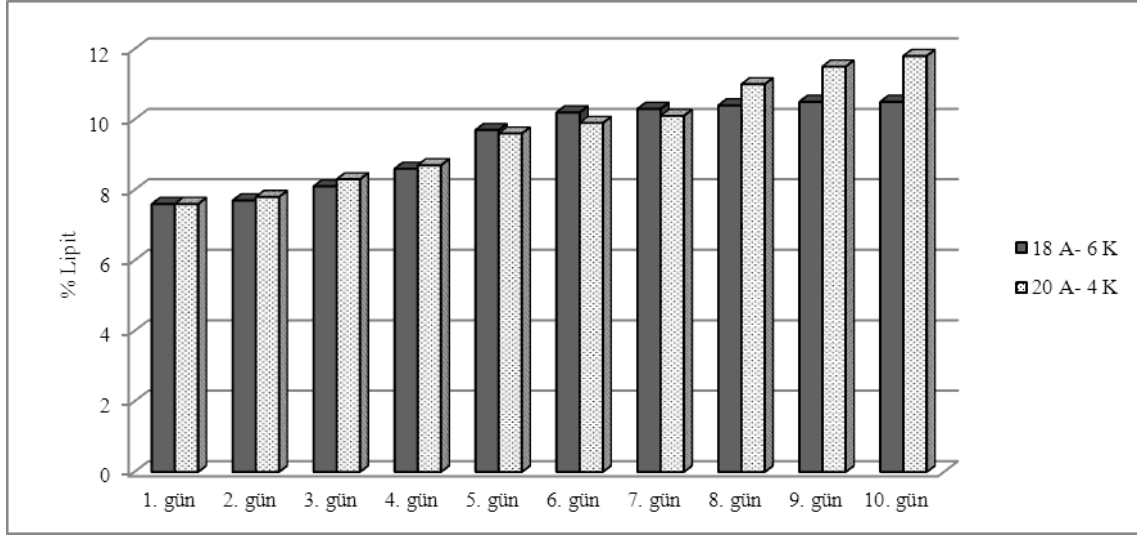
Aydınlanma periyodunun *Chlorella vulgaris*'in protein miktarı üzerindeki etkisi araştırma süresince benzerlik göstermiştir (Şekil 3.9.1). 18 saat aydınlık- 6 saat karanlık periyoduna maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde protein miktarındaki artış sürekli olmuş ve 10. günde maksimum protein miktarına ulaşılmıştır (69.2 $\mu\text{g/mL}$). 20 saat aydınlık- 4 saat karanlık periyodu uygulanan kültürlerde ise maksimum protein miktarı 7. günde kaydedilmiş (68.861 $\mu\text{g/mL}$) ve 7. günden sonra protein miktarında azalma gözlenmiştir (Şekil 3.9.1).



Şekil 3.9.1. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.10. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

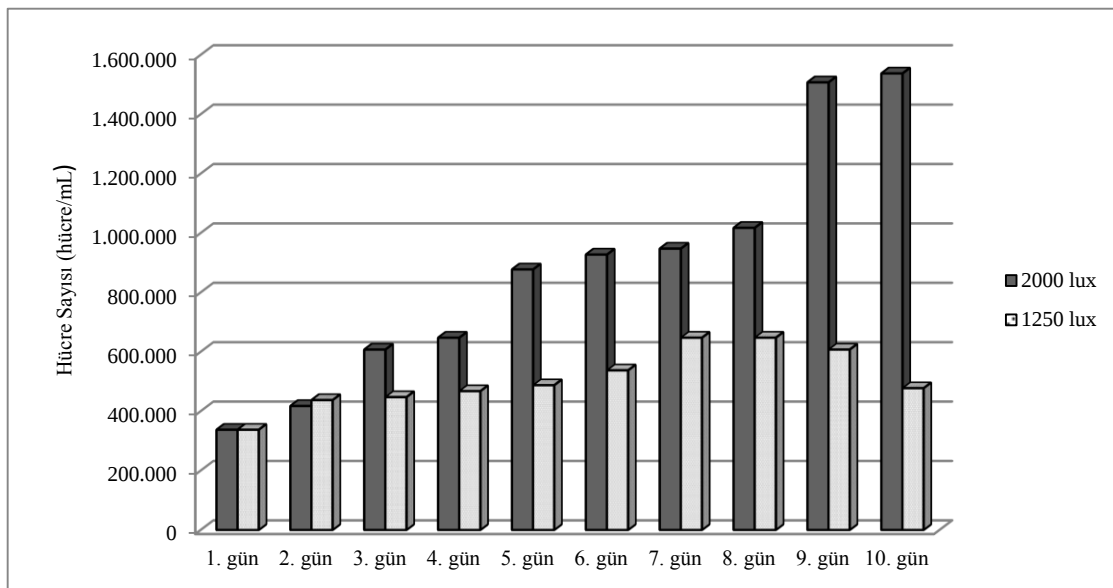
İki farklı aydınlanma süresinin *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarı üzerindeki etkisi 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.10.1'de gösterilmiştir. 18 saat aydınlık- 6 saat karanlık periyoda maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde lipit miktarı 9. günde maksimum düzeye ulaşarak 10. günde de sabit kalmıştır (% 10.5). 20 saat aydınlık- 4 saat karanlık periyoduna maruz bırakılan kültürde protein artışı 10. güne kadar devam etmiş ve 10. günde maksimum lipit değeri % 11.8 olarak bulunmuştur (Şekil 3.10.1).



Şekil 3.10.1. Aydınlanma Periyodunun *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.11. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

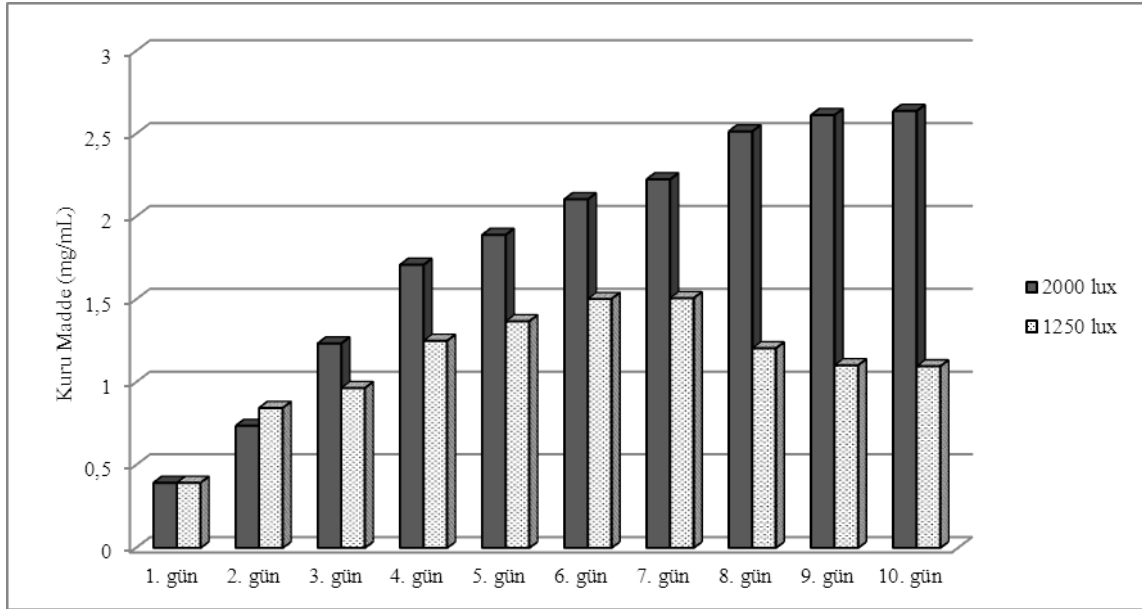
1250 ve 2000 lux aydınlanma şiddeti kullanılarak *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısında meydana gelen değişiklikler gözlenmiştir. 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde hücre sayısındaki artış 10. güne kadar düzenli olarak devam etmiştir (Şekil 3.11.1). 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan kültürlerde ise, hücre sayısındaki artış 7. güne kadar devam ederek 8. gün sabit kalmıştır (647.300 hücre/mL). Daha sonraki günlerde ise azalma gözlenmiştir. Aydınlanma şiddetinin *Chlorella vulgaris* hücre sayısındaki etkisi Şekil 3.11.1'de görülmektedir.



Şekil 3.11.1. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.12. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

Kuru madde miktarındaki değişimi gözlemek amacıyla iki farklı aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde, kuru madde miktarındaki sonuçlar hücre sayısındaki sonuçlar ile paralellik göstermiştir. 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde, kuru madde miktarındaki artış 7. güne kadar devam etmiş (1.508 mg/mL) ve daha sonra azalmıştır. 2000 lux ışık şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde ise kuru madde miktarındaki artışın 10. güne kadar devam ettiği görülmüştür (Şekil 3.12.1).

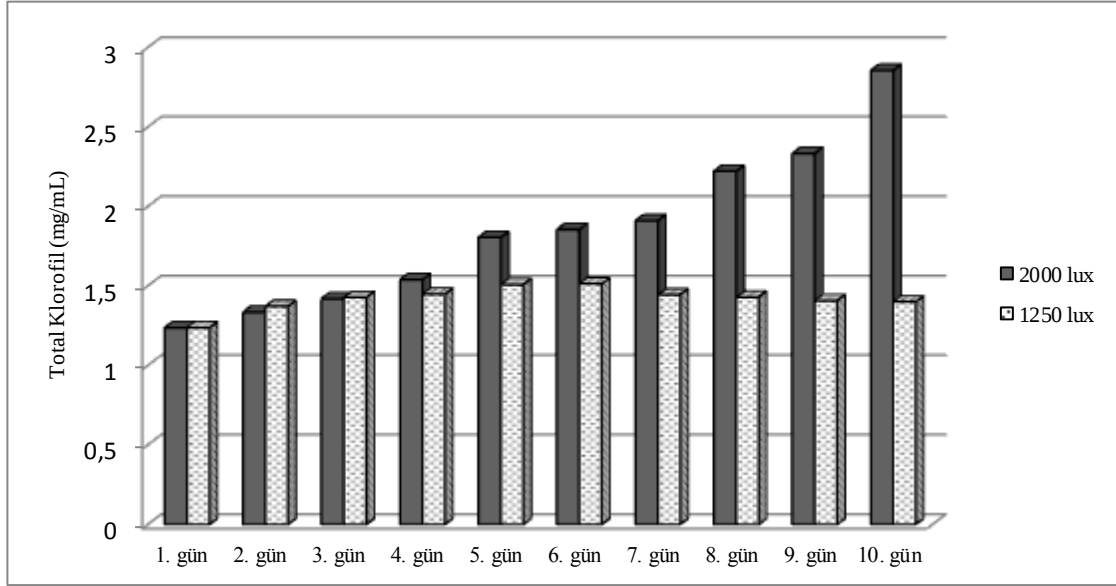


Şekil 3.12.1. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.13. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

Farklı aydınlanma şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in total klorofil miktarı üzerindeki etkileri 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.13.1'de gösterilmiştir. 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde total klorofil miktarındaki artış 6. güne kadar devam etmiş (1.513 mg /mL) ve daha sonraki günlerde azalma olduğu görülmüştür. 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde maksimum total klorofil miktarı 2.855 mg/mL olarak tespit edilmiştir. 2000 lux aydınlanma

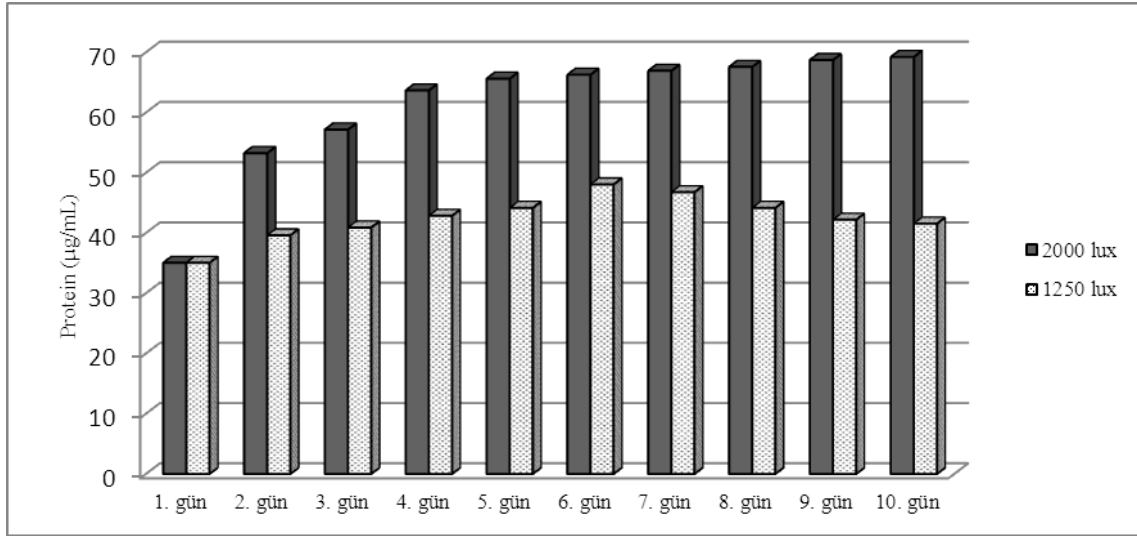
şiddetine maruz bırakılan kültürlerde total klorofil miktarındaki artış 10. güne kadar devam etmiştir (Şekil 3.13.1).



Şekil 3.13.1. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.14. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

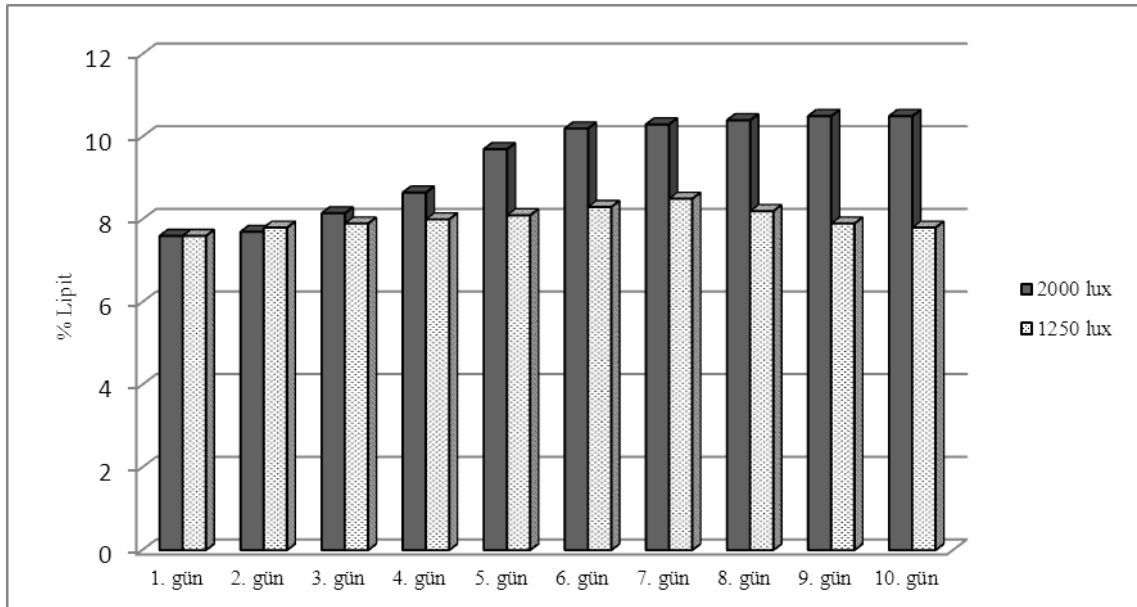
Chlorella vulgaris kültürlerinde, farklı aydınlanma şiddetinin protein miktarı üzerindeki etkisi net bir şekilde görülmektedir (Şekil 3.14.1). 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde, protein miktarındaki artış 6. güne kadar devam etmiş (48,048 $\mu\text{g/mL}$), daha sonra azalmaya başlamıştır. 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde ise protein miktarındaki artış inceleme süresince devam etmiş ve 10. gün maksimum değerine ulaşmıştır (69.200 $\mu\text{g/mL}$).



Şekil 3.14.1. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.15. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

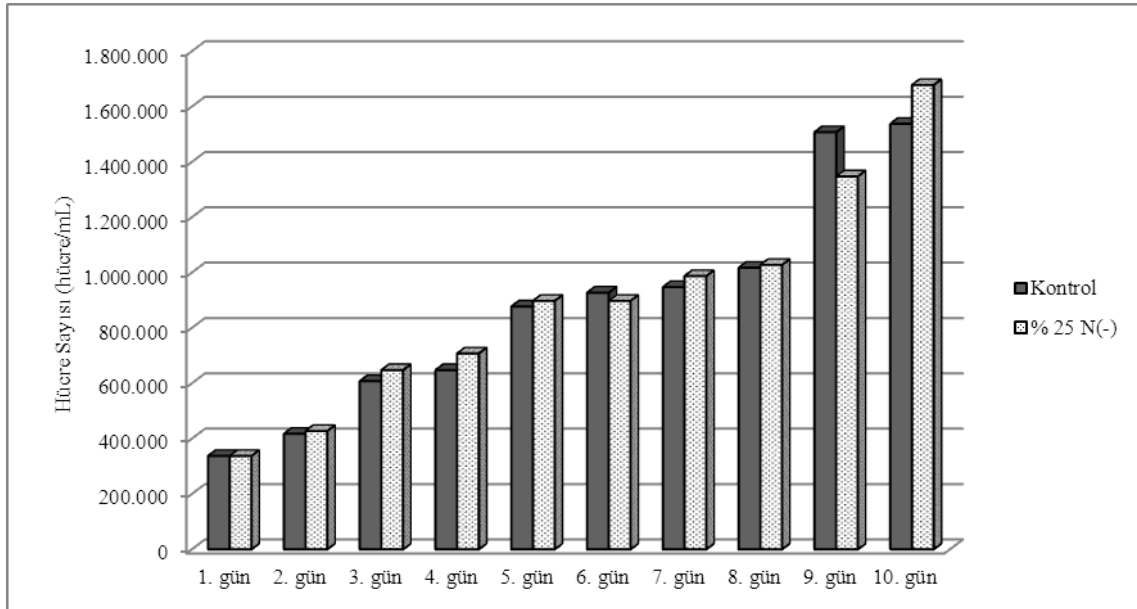
Aydınlanma şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarı üzerindeki etkisi 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.15.1'de gösterilmiştir. 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde lipit miktarı maksimum % 8.5 olarak bulunmuştur (7. gün) ve daha sonra lipit oranında bir azalma tespit edilmiştir (Şekil 3.15.1). 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde ise, lipit miktarı maksim 9. ve 10. günlerde (%10.5) gözlenmiştir.



Şekil 3.15.1. Aydınlanma Şiddetinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.16. %25 N Eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

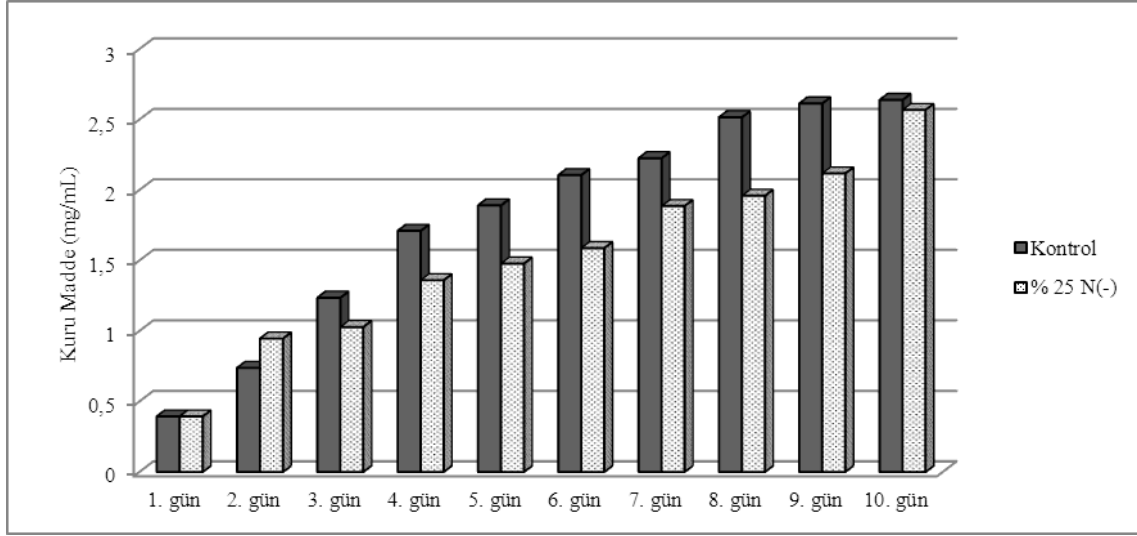
Azot eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla normal gelişme ortamı ve %25 azot eksilmesi yapılan sıvı kültürlerde hücre sayısı tespit edilmiştir. Azot eksilmesi yapılmayan kontrol kültürlerinde ve %25 azot eksilmesi yapılan kültürlerde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısındaki değişimin benzer olduğu görülmüştür (Şekil 3.16.1). Bu sonuçlar hem kontrol kültürlerinde hem de %25 azot eksilmesi yapılan kültürlerde hücre gelişimi için yeterli miktarda azotun olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.16.1. %25 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.17. %25 N Eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

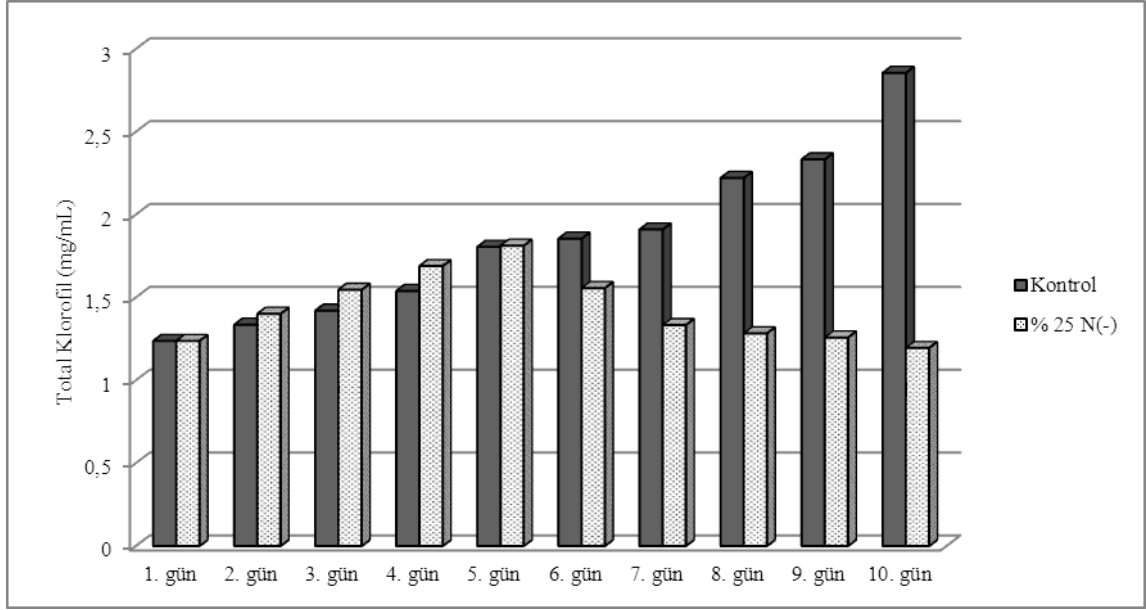
% 25 azot eksilmesi yapılan kültürlerde ve kontrol kültürlerinde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in kuru madde miktarındaki artış 10. güne kadar devam etmiştir (Şekil 3.17.1). % 25 azot eksilmesi yapılan kültürlerde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in maksimum kuru madde miktarı 2.567 mg/mL olarak bulunmuştur. Azot eksilmesi yapılmayan kontrol kültürlerinde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in maksimum kuru madde miktarı ise, 2.638 mg/mL olarak tespit edilmiştir. Kontrol kültürleri ile %25 azot eksilmesi yapılan kültürlerde kuru madde miktarının birbirine yakın olduğu görülmüştür (Şekil 3.17.1).



Şekil 3.17.1. %25 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.18. %25 N Eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

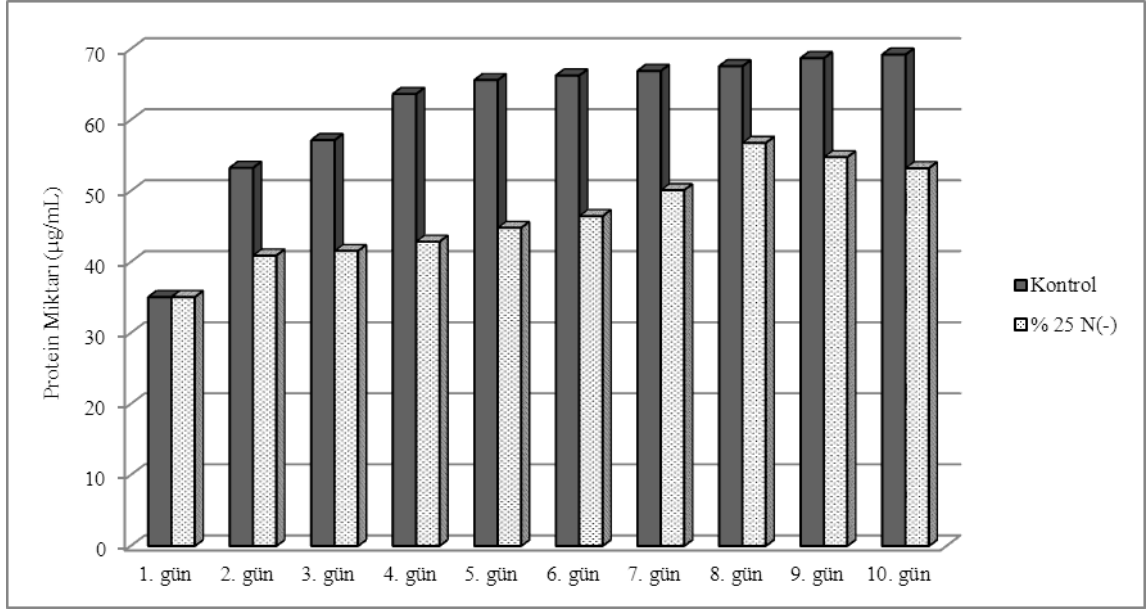
Total klorofil miktarı üzerinde azot eksikliğinin etkilerini incelemek amacıyla sıvı kültür ortamında %25 azot eksiltmesi yapılmıştır. Kontrol kültürleri ile azot eksiltmesi yapılan kültürlerde 10 gün boyunca total klorofil miktarı hesaplanmıştır. Bu analizler sonucunda, % 25 azot eksiltmesi yapılan sıvı kültürlerde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in maksimum total klorofil miktarı 5. gün 1.812 mg/mL olarak tespit edilmiş ve 5. günden sonra total klorofil miktarında azalma meydana geldiği görülmüştür. Kontrol kültürlerinde gelişmeye bırakılan *Chlorella vulgaris*'in total klorofil miktarında ise, artış 10. güne kadar devam etmiş ve maksimum total klorofil miktarı 2.855 mg/mL olarak bulunmuştur (Şekil 3.18.1).



Şekil 3.18.1. %25 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.19. %25 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

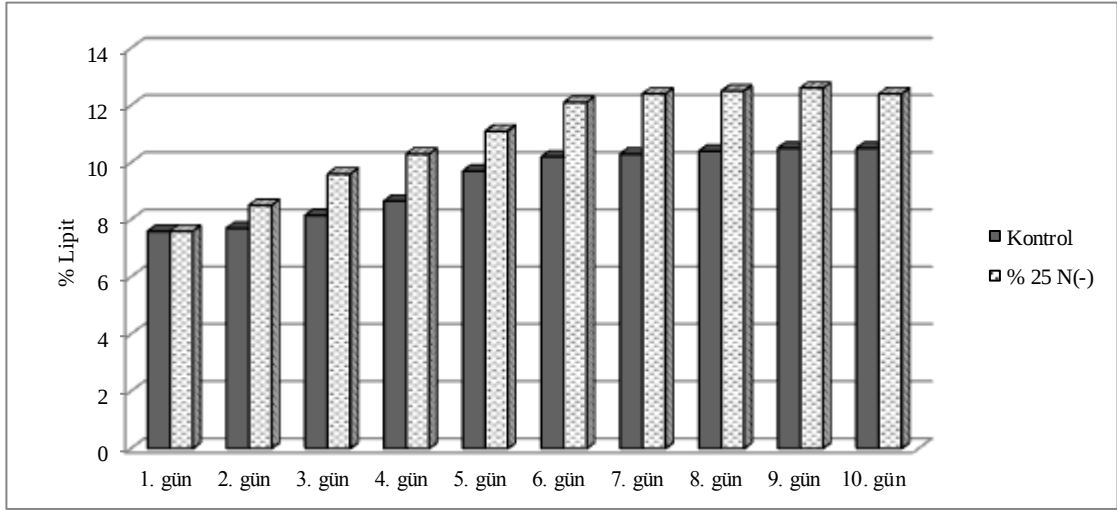
Azot stresine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in protein miktarında meydana gelen değişiklikler % 25 azot eksiltmesi yapılan sıvı kültürler ile ve kontrol kültürlerinde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'de incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3.19.1'de gösterilmiştir. % 25 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'de protein miktarı 8. gün maksimum değerine ulaşmış ve 56.747 $\mu\text{g/mL}$ olarak tespit edilmiştir. Azot eksiltmesi yapılmayan kontrol kültürlerinde gelişmeye maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'de ise, maksimum protein miktarının 10. günde 69.200 $\mu\text{g/mL}$ olduğu görülmüştür (Şekil 3.19.1).



Şekil 3.19.1. %25 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.20. %25 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

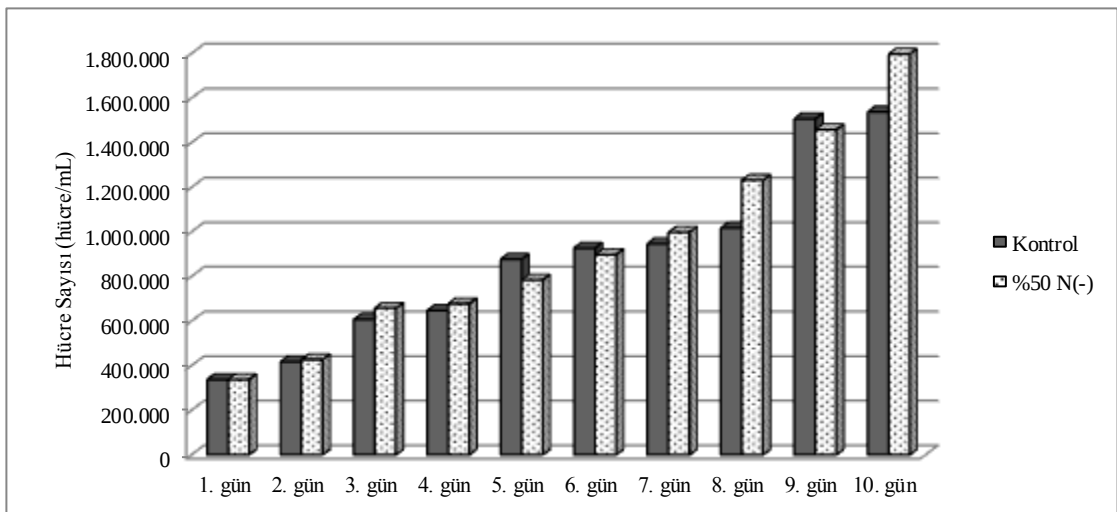
Azot eksiltmesi yapılan kültürlerde gelişmeye bırakılan *Chlorella vulgaris* hücreleri ile kontrol kültürlerinde yetiştirilen kültürlerde lipit miktarı bakımından görülen farklılık aşılamanın yapıldığı ilk günden itibaren gözlenmiştir. %25 azot eksiltmesi yapılan kültürlerinde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarındaki artışı aşılamanın yapıldığı günden başlayarak 9. güne kadar devam etmiş ve 9. gündeki lipit miktarı % 12.6 olarak bulunmuştur (Şekil 3.20.1). Kontrol kültürlerinde ise lipit miktarı 9. Güne kadar artış göstermiş ancak bu artış azot stresine maruz bırakılan kültürlerden daha az olmuştur (Şekil 3.20.1).



Şekil 3.20.1. %25 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.21. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

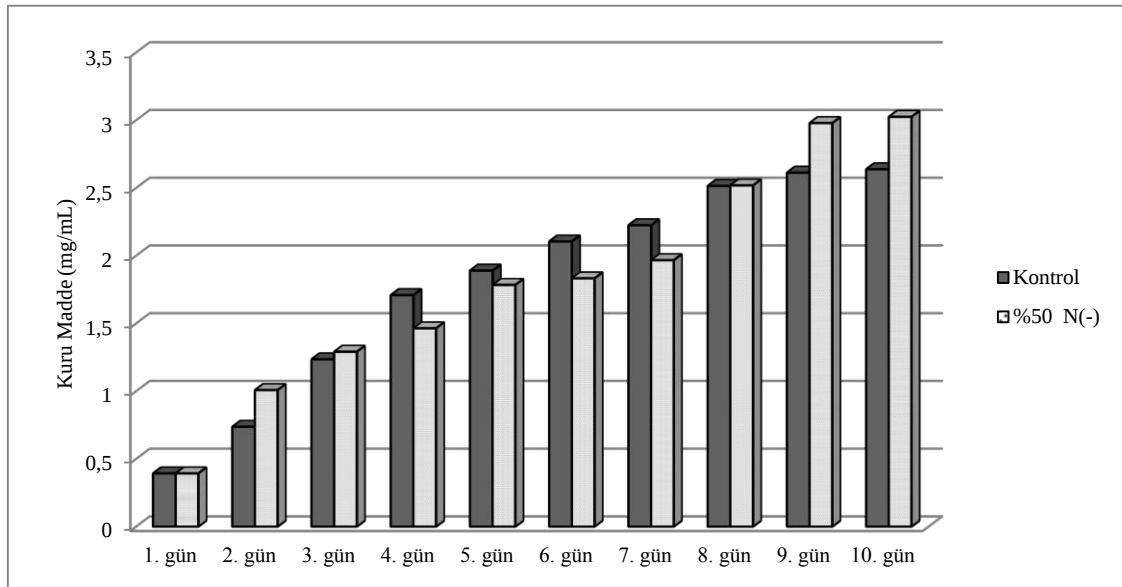
Azot stresinin *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısı üzerindeki etkisini belirlemek amacı ile % 50 azot eksiltmesinin yapıldığı kültürlerde ve azot eksiltmesi yapılmayan kontrol kültürlerinde gelişen *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısında meydana gelen değişiklikler 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.21.1'de gösterilmiştir. Her iki kültür şartlarında da hücre sayısının onuncu güne kadar artış gösterdiği tespit edilmiştir. % 50 azot eksiltmesi uygulanan kültürlerde gelişen *Chlorella vulgaris*'in maksimum hücre sayısının (1.793.300 hücre/mL) kontrol grubu kültürlerinde gelişim gösteren *Chlorella vulgaris*'in maksimum hücre sayısından (1.537.300 hücre/mL) daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.21.1. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.22. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

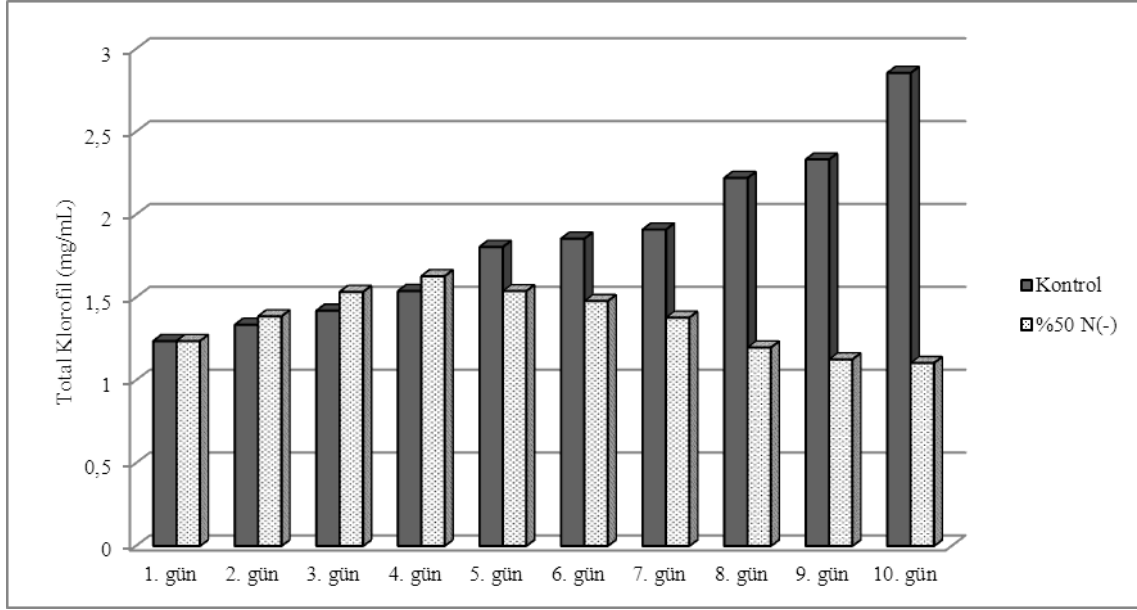
Hem % 50 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde hem de kontrol grubu kültürlerinde gelişen *Chlorella vulgaris*'in kuru madde miktarında artış gözlenmiştir (Şekil 3.22.1). 10 gün boyunca yapılan analizler sonunda, % 50 azot eksiltmesi uygulanan *Chlorella vulgaris* kültürlerindeki maksimum kuru madde miktarı 3.025 mg/mL olarak bulunmuştur. Kontrol grubu kültürlerinde gelişime bırakılan *Chlorella vulgaris*'in maksimum kuru madde miktarının ise, 2.638 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. Kuru madde miktarındaki değişikliğin hücre sayısındaki değişikliklerle uyumlu olduğu görülmüştür (Şekil 3.22.1).



Şekil 3.22.1. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.23. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

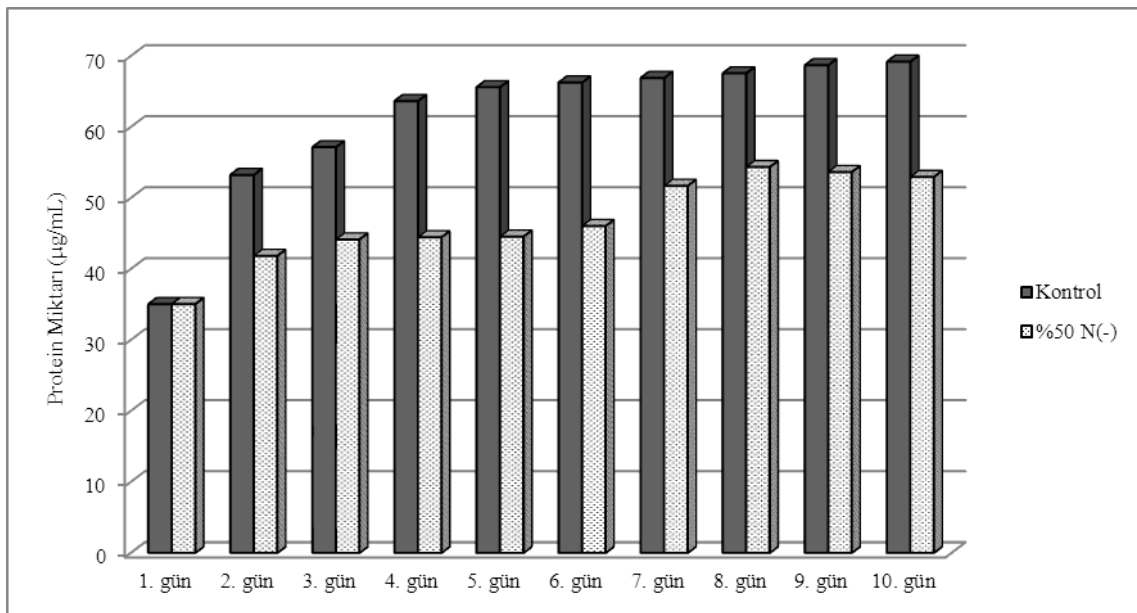
Chlorella vulgaris kültürlerinde, %50 azot eksiltmesi uygulamasının total klorofil miktarı üzerindeki etkisi Şekil 3.23.1'de görülmektedir. Kontrol grubu kültürlerinde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in maksimum total klorofil miktarı 2.855 mg/mL olarak bulunurken %50 azot eksiltmesi uygulanan kültürlerinde maksimum total klorofil miktarının 1.628 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. %50 azot eksiltmesi uygulanan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde total klorofil miktarı 4. güne kadar artış göstermiş (1.628 mg/mL) ve sonra giderek azalmıştır. Kontrol kültürlerinde total klorofil miktarındaki artış araştırmanın sonuna kadar devam etmiştir (Şekil 3.23.1).



Şekil 3.23.1. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.24. %50 N Eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

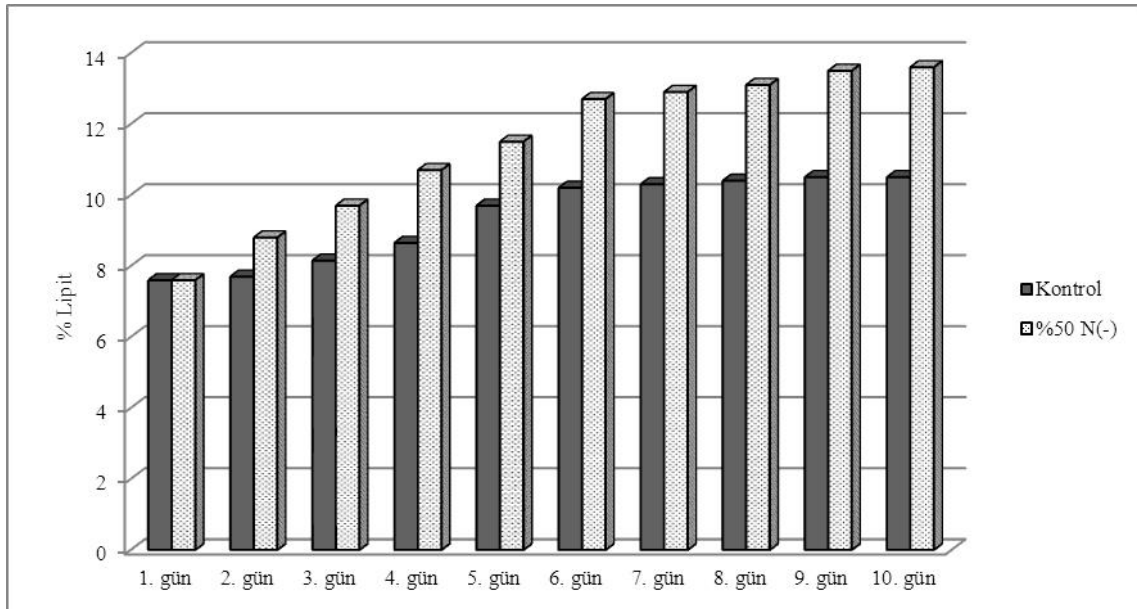
% 50 azot eksiltmesi uygulanan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde maksimum protein miktarına 8. gün ulaşılmış ve maksimum protein miktarı 54.348 $\mu\text{g/mL}$ olarak bulunmuştur (Şekil 3.19.1). Kontrol grubu kültürlerinde gelişmeye bırakılan *Chlorella vulgaris*'in protein miktarındaki artış son güne kadar devam etmiş ve maksimum protein miktarı 10. gün 69.200 $\mu\text{g/mL}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.19.1).



Şekil 3.24.1. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.25. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

Azot stresine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarı üzerindeki etkisi Şekil 3.25.1'de görülmektedir. Azot eksiltmesi yapılmayan kontrol grubu kültürlerinde gelişen *Chlorella vulgaris*'in maksimum lipit oranı % 10.5 olarak tespit edilmiştir (9. gün) ve lipit oranı 10. gün sabit kalmıştır. %50 azot eksiltmesi uygulanan kültürlerde gelişen *Chlorella vulgaris*'in lipit oranındaki artış son güne kadar devam etmiştir ve maksimum lipit oranı % 13.6 olarak bulunmuştur (Şekil 3.25.1). Araştırma süresince kontrol grubunda lipit miktarındaki artış %38.1 ilen %50 azot eksikliğinde geliştirilen *Chlorella vulgaris*'de lipit miktarındaki artış %78.9 olarak tespit edilmiştir.

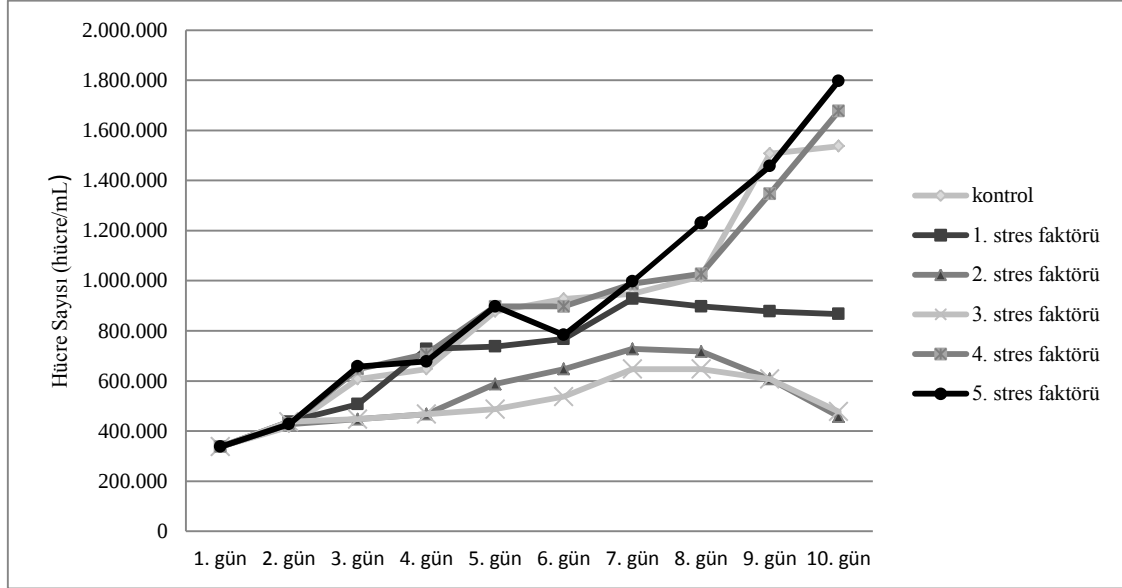


Şekil 3.25.1. %50 N Eksiltmesinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.26. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Sıcaklık, fotoperiyot, aydınlanma şiddeti ve azot eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in hücre çoğalması üzerindeki etkileri incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3.26.1'de gösterilmiştir. En iyi hücre gelişiminin 18 saat aydınlık 6 saat karanlık periyotta, 2000 lüks aydınlanma şiddetinde, 23°C sıcaklıkta ve %50 azot eksiltmesi uygulanan kültür ortamında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Her bir grup stres faktörünün etkileri hücre çoğalmasını değişik şekillerde etkilerken özellikle en düşük hücre çoğalmasının 23°C sıcaklık, 18 saat aydınlık 6 saat

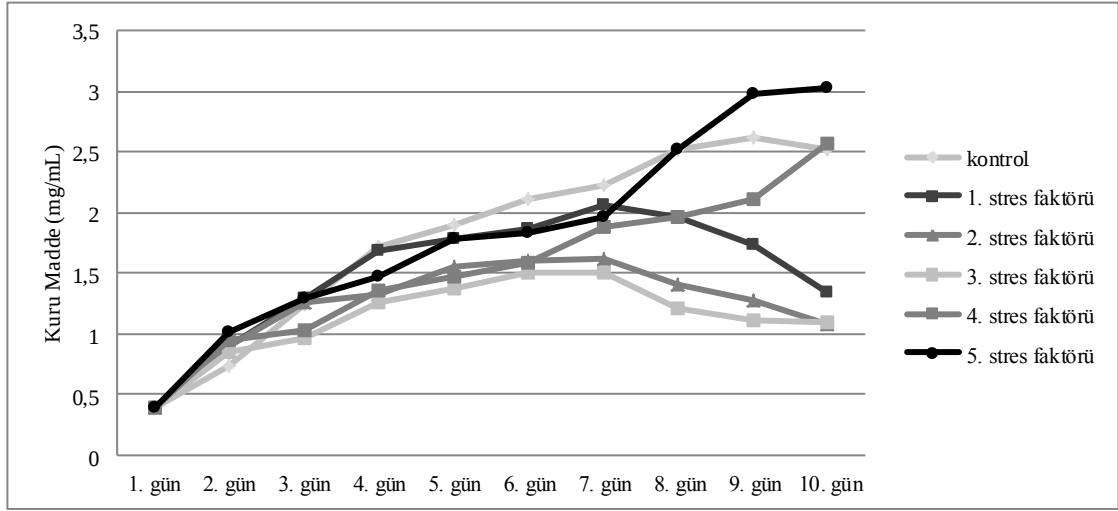
karanlık periyotta, 1250 lux aydınlanma şiddetinde ve normal Jaworski besiyerinde meydana geldiği gözlemlenmiştir (3.26.1). Azot eksikliği uygulamasının mevcut kültürlerde hücre çoğalmasını teşvik ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.26.1. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

3.27. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

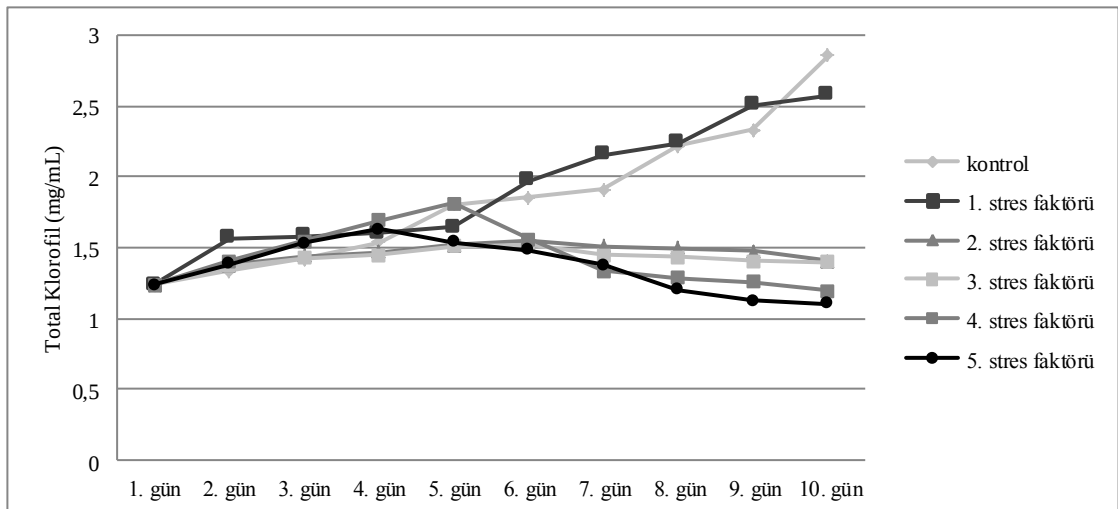
Uygulanan stres faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in kuru madde miktarında meydana getirdiği değişiklikler 10 gün boyunca takip edilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 3.27.1'de gösterilmiştir. Maksimum kuru madde miktarının 2000 lux aydınlanma şiddeti, 18 saat aydınlık 6 saat karanlık periyot, 23°C sıcaklık ve %50 azot eksilmesi uygulanan kültür ortamında gerçekleştiği tespit edilmiştir (3.025 mg/mL). Besi ortamında %50 azot eksikliği uygulamasının *Chlorella vulgaris*'in kuru madde miktarı üzerindeki olumlu etkisinin diğer stres faktörlerinden daha fazla olduğu açıkça görülmüştür (Şekil 3.27.1).



Şekil 3.27.1. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

3.28. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

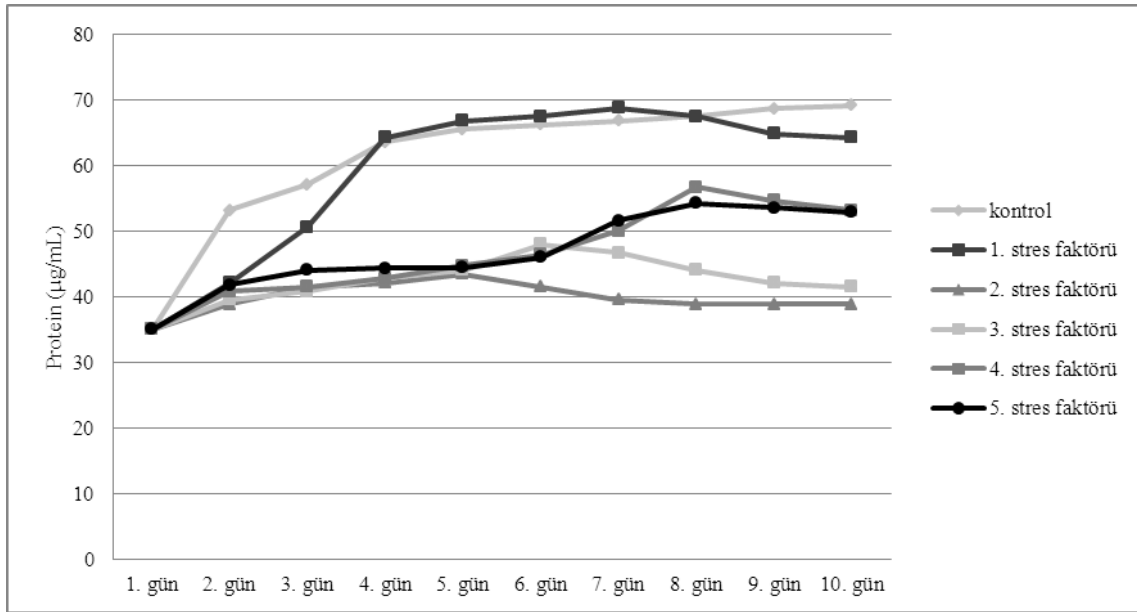
Stres faktörlerinin her biri *Chlorella vulgaris*'in total klorofil miktarında farklı değişikliklerin meydana gelmesine neden olmuştur. Meydana gelen değişiklikler 10 gün süre ile takip edilmiş ve Şekil 3.28.1'de gösterilmiştir. En yüksek total klorofil miktarının kontrol grubu *Chlorella vulgaris* hücrelerinde meydana geldiği görülmüştür. Kontrol grubu ve 1. stres faktörü hariç diğer bütün stres faktörleri *Chlorella vulgaris*'in total klorofil miktarında azalmaya neden olmuştur (Şekil 3.28.1).



Şekil 3.28.1. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

3.29. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

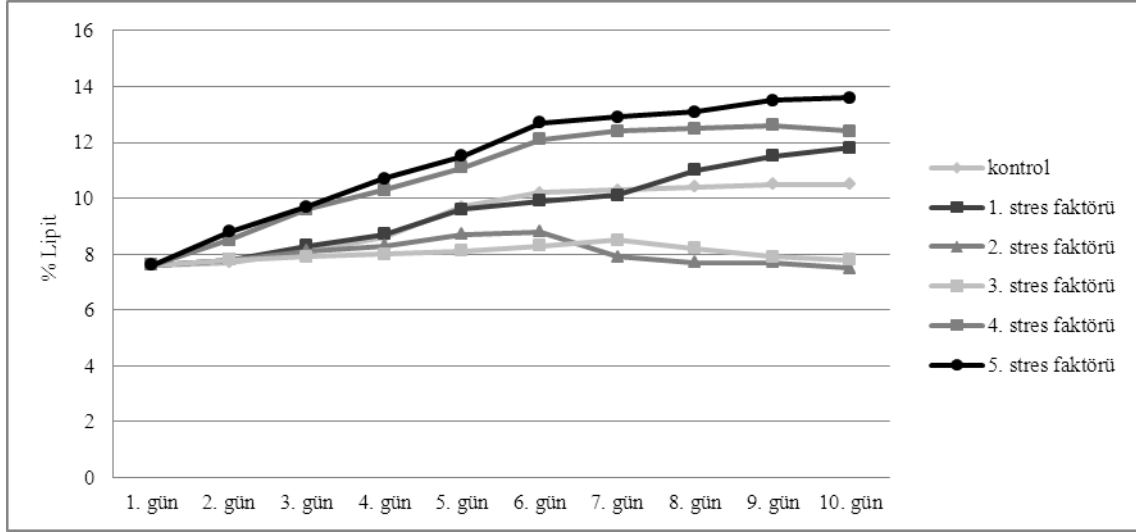
Stres faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in protein miktarı üzerindeki etkileri on günlük bir sürede incelenmiş ve en yüksek protein miktarının 18 saat aydınlık 6 saat karanlık periyot, 23°C sıcaklık, 2000 lux aydınlanma şiddeti ve değişiklik yapılmayan Jaworski besiyerinde meydana geldiği gözlenmiştir (3.29.1). 10 gün boyunca takip edilen araştırmalar sonucunda, uzun süreli aydınlık periyodun *Chlorella vulgaris*'in total klorofil miktarında artışa neden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.29.1. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

3.30. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

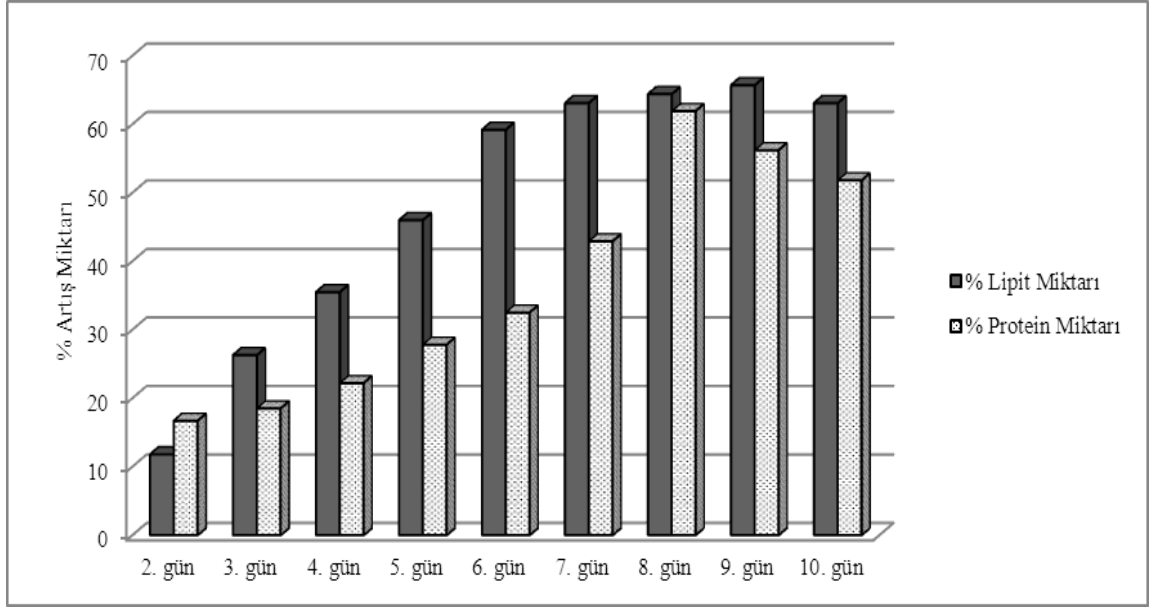
Chlorella vulgaris'in lipit miktarı üzerinde stres faktörlerinin etkileri 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.30.1'de gösterilmiştir. En yüksek lipit miktarına neden olan stres faktörünün besi ortamındaki % 50 azot eksikliğinin uygulandığı kültürlerde meydana geldiği belirlenmiştir (%13.6). Besi ortamındaki azot eksikliği uygulamasının ve daha sonra aydınlanma süresinin uzunluğunun *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarı üzerinde olumlu etkisinin olduğu görülmüştür.



Şekil 3.30.1. Stres Faktörlerinin *Chlorella vulgaris*'in Lipit Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

3.31. %25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Chlorella vulgaris*'in % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması

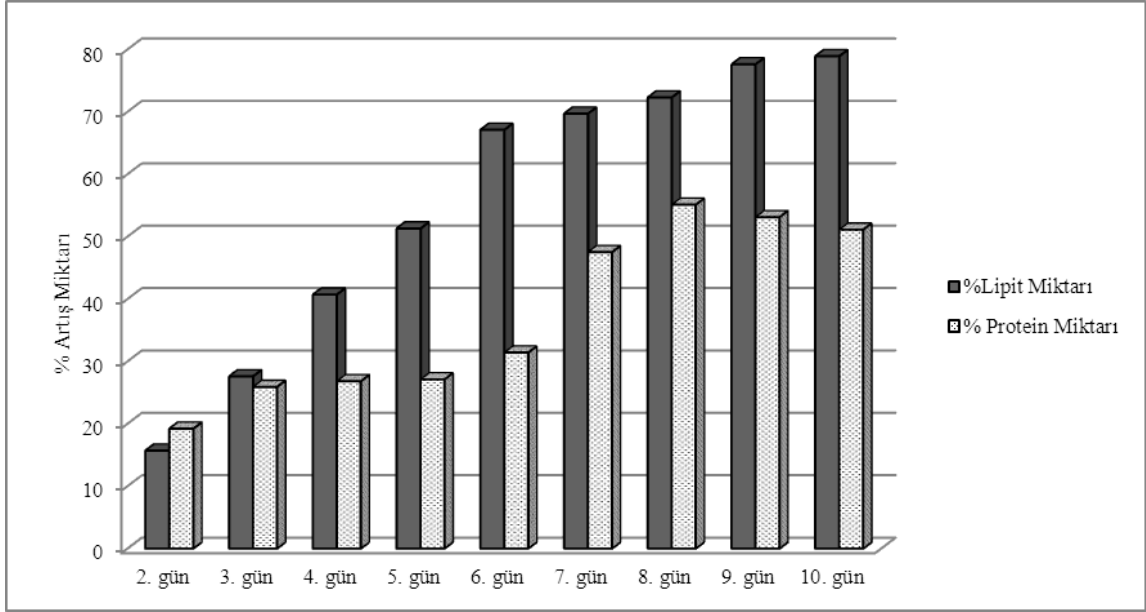
% 25 azot eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in lipit ve protein miktarları üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in lipit oranında artış gözlenirken protein miktarında azalma gözlenmiştir. İncelemeler sonucunda azot eksikliğinin hücrede lipit sentezinde artışa neden olurken protein sentezinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. İnokülasyonun yapıldığı ilk güne oranla lipit miktarında yaklaşık % 66'lık bir artış olduğu ve bu artışın 9. güne kadar devam ettiği tespit edilmiştir. Lipit miktarının maksimum artış gösterdiği gün protein miktarının yaklaşık olarak % 62'den %56'ya düştüğü görülmüştür (Şekil 3.31.1).



Şekil 3.31.1. %25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Chlorella vulgaris*'de % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırması

3.32. %50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Chlorella vulgaris*'in % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırılması

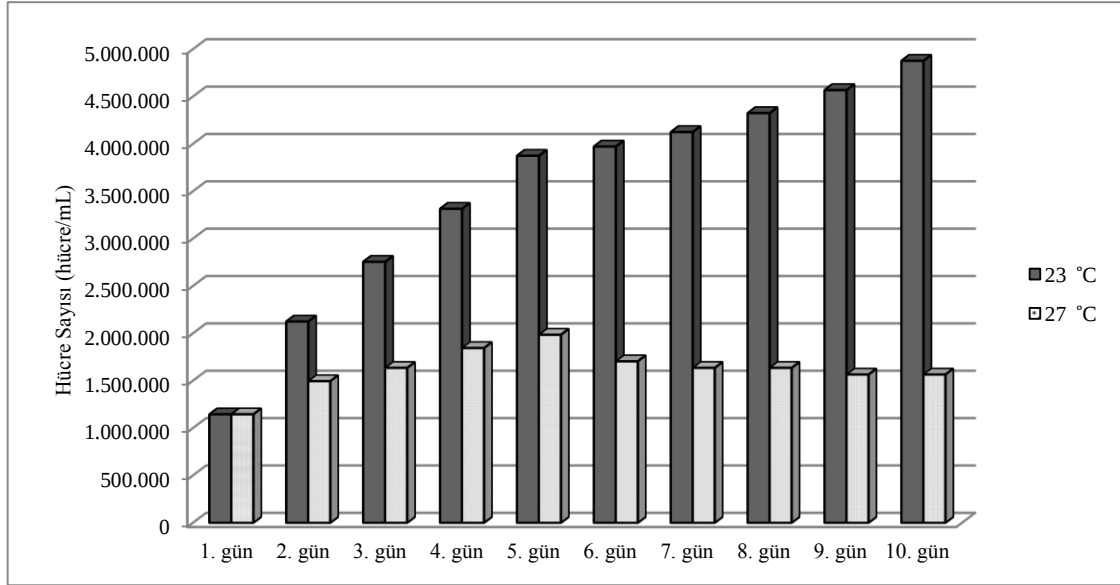
% 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in lipit ve protein miktarında meydana gelen değişiklikler Şekil 3.32.1'de gösterilmiştir. % 50 azot eksikliğinin *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarı üzerindeki etkisi % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan kültürlerden fazla olmuştur. % 50 azot eksikliğine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde lipit miktarındaki artış son güne kadar devam etmiştir. İnokülsayonun yapıldığı güne oranla lipit miktarında yaklaşık %79'luk bir artış gözlenmiştir. Protein miktarı ise % 55'den % 51'e düşüş göstermiştir. Lipit miktarında maksimum artışın gerçekleştiği zaman protein miktarında azalmaların yaşandığı Şekil 3.32.1'de net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.32.1. %50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Chlorella vulgaris*'de % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırması

3.33. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

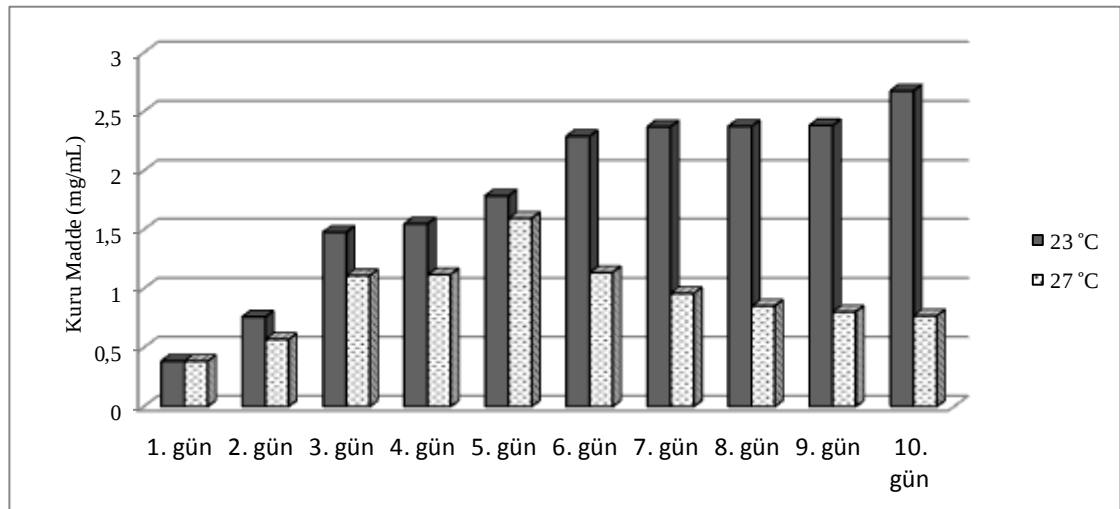
Sıcaklık değişiminin *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısındaki değişime etkisini incelemek amacıyla bitki büyütme kabinine yerleştirilen kültürler 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.33.1'de gösterilmiştir. Aşılamanın yapıldığı ilk gün hücre sayısının 1.144.951 hücre/mL olduğu tespit edilmiştir. 23°C sıcaklık, 2000 lux ışık şiddeti, 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık aydınlanma periyoduna maruz bırakılan kültürlerde *Scenedesmus acutus*'un maksimum hücre yoğunluğuna 10. günde ulaşılmıştır (4.876.951 hücre/mL). 27°C'ye maruz bırakılan kültürlerde ise maksimum hücre yoğunluğuna 5. günde ulaşılmış (1.984.951 hücre/mL) ve daha sonra hücre sayısında bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 3.33.1). *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısındaki artış 23°C sıcaklığa maruz bırakılan kültürlerde daha hızlı olmuştur. Şekilden de anlaşılacağı gibi *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısı üzerinde yüksek sıcaklığın olumsuz etkisi açıkça görülmektedir (Şekil 3.33.1).



Şekil 3.33.1. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.34. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

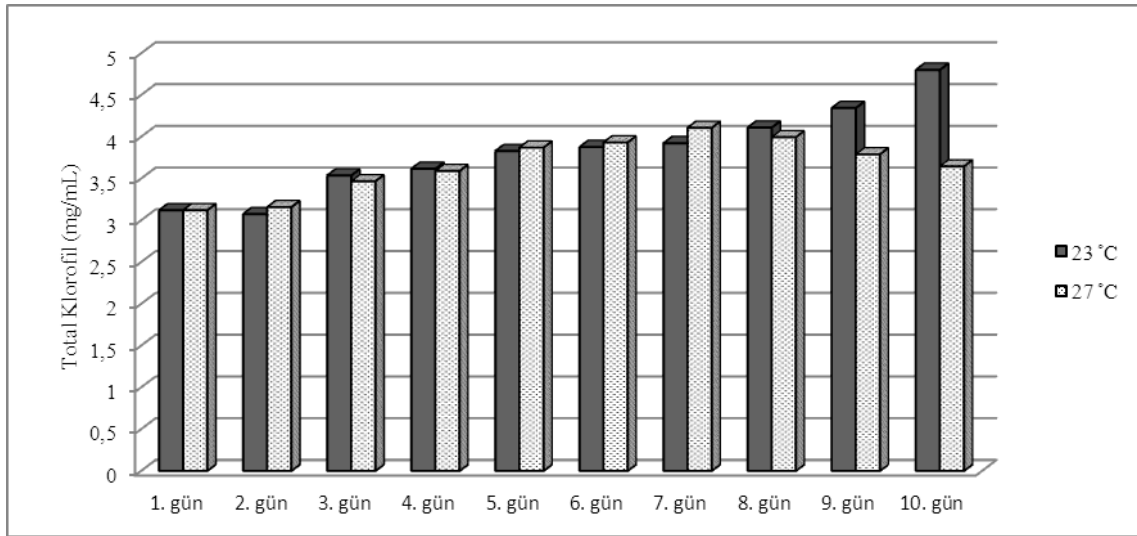
23°C'de gelişen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde kuru madde miktarındaki artış aşılamanın yapıldığı günden başlayarak 10. güne kadar devam etmiş ve maksimum kuru madde miktarı 2.675 mg/mL olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.34.1). 27°C'de geliştirilen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise maksimum kuru madde miktarına 5. günde ulaşılmış (1.594 mg/mL) ve daha sonra kuru madde miktarı 10. güne kadar azalma göstermiştir (Şekil 3.34.1).



Şekil 3.34.1. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.35. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

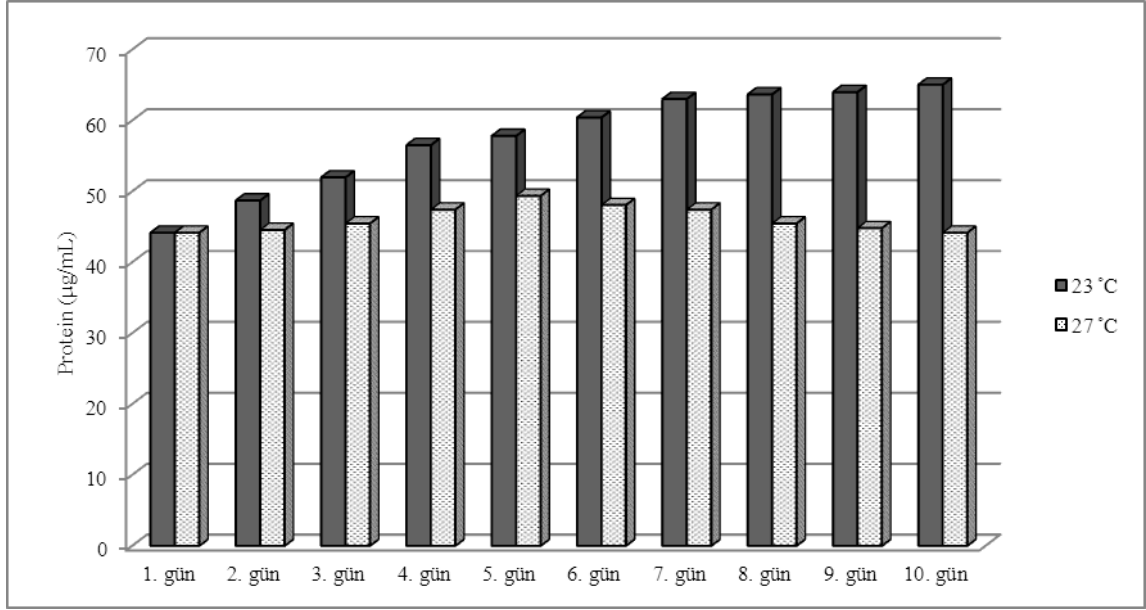
İki farklı sıcaklık uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinin total klorofil miktarlarında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. 23°C sıcaklığa maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum total klorofil miktarının 10. günde gerçekleştiği görülmüş ve 4.801 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. 27°C sıcaklığa maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise, maksimum total klorofil miktarına 7. gün ulaşılmış ve maksimum total klorofil miktarının 4.107 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.35.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.35.1. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.36. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

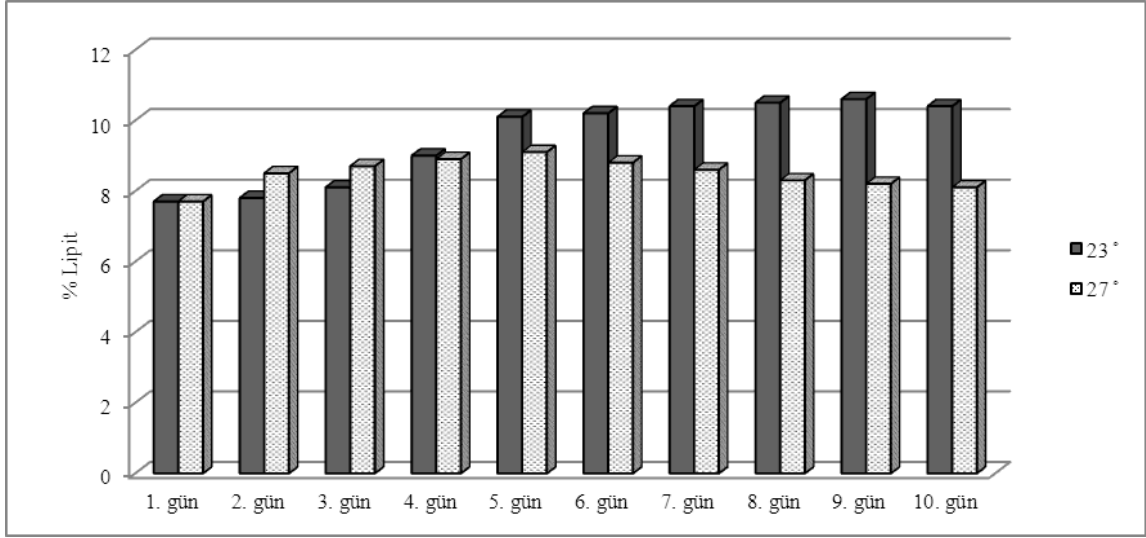
Sıcaklık değişiminin *Scenedesmus acutus*'un protein miktarında meydana getirdiği değişiklikler 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.36.1'de gösterilmiştir. 23°C sıcaklığa maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde protein miktarının 44.145 ile 65.029 µg/mL arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. 27°C sıcaklığa maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde protein miktarının 44.145 ile 49.384 µg/mL arasında değişiklik gösterdiği, maksimum protein miktarına 5. Gün ulaşıldığı ancak bu maksimum değer 23°C sıcaklıkta elde edilen maksimuma göre oldukça küçük olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra protein miktarının düzenli bir şekilde azalma gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 3.36.1. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.37. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

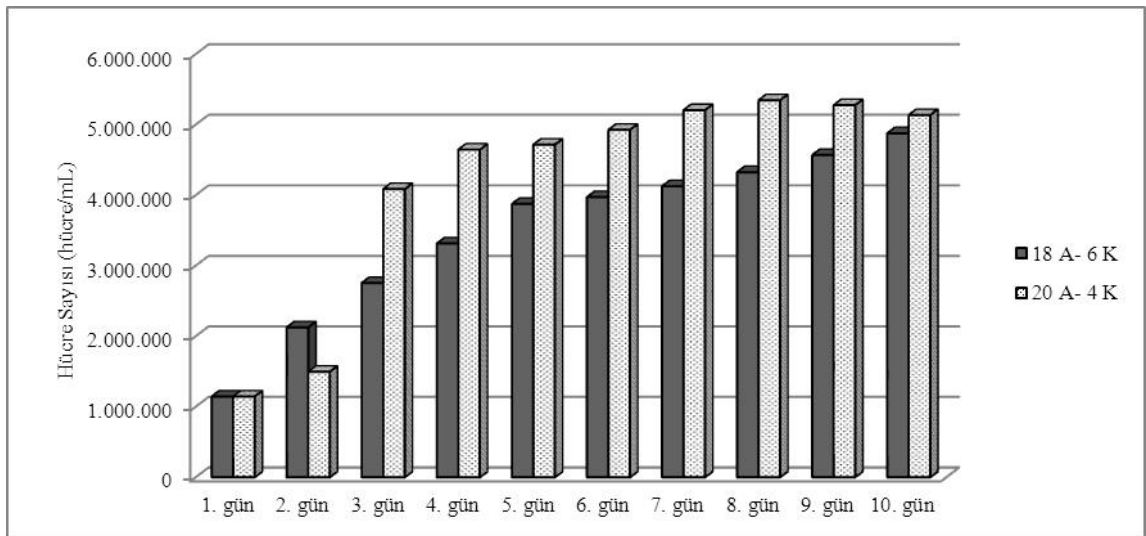
Scenedesmus acutus'un lipit miktarı üzerinde sıcaklık değişiminin etkileri 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.37.1'de gösterilmiştir. Sıvı kültürlerde aşılamanın yapıldığı ilk gün lipit miktarının % 7.7 olduğu belirlenmiştir. 27°C sıcaklığa maruz bırakılan kültürlerde lipit miktarı beşinci gün % 9.1 olarak belirlenirken daha sonraki günlerde lipit miktarında gözle görülür bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. 23°C sıcaklıkta gelişen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum lipit miktarı 9. gün % 10.6 iken, 10. gün bu oranın % 10.4'e düştüğü görülmüştür (Şekil 3.37.1).



Şekil 3.37.1. Sıcaklık Değişiminin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.38. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

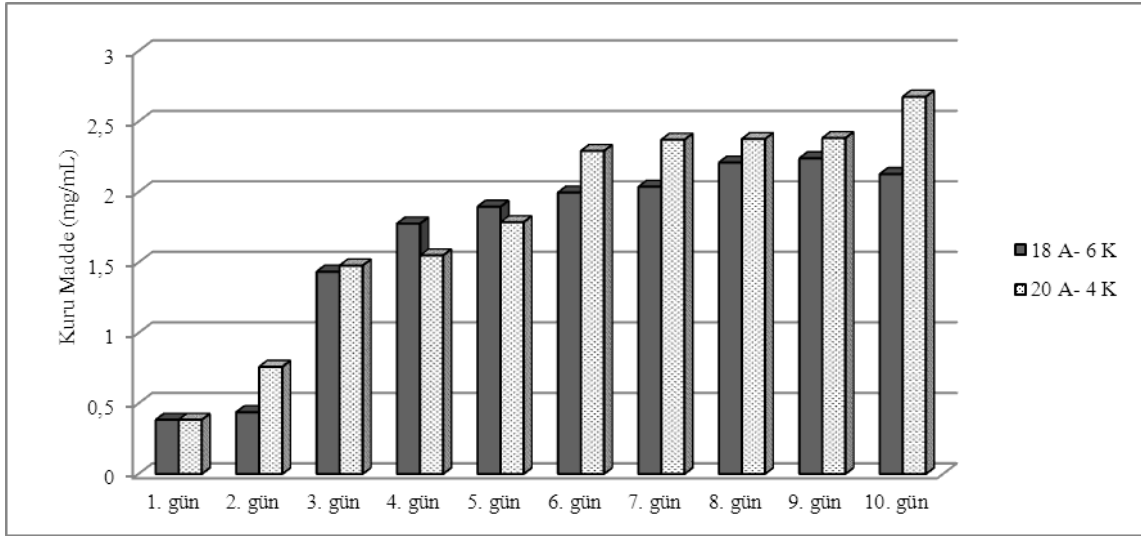
Farklı aydınlanma periyoduna maruz bırakılan kültürlerde gelişen *Scenedesmus acutus* hücreleri ile kontrol grubu kültürlerinin hücre sayısı bakımından farklılığı aşılamanın yapıldığı ilk günden itibaren gözlenmiştir. 20 saat aydınlık - 4 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerdeki maksimum hücre sayısına 8. gün ulaşılmış ve maksimum hücre sayısı 5.344.951 hücre/ mL olarak belirlenmiştir (Şekil 3.38.1). 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık periyotta gelişen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise maksimum hücre sayısı, 4.876.951 hücre/mL olarak tespit edilmiştir (10. gün).



Şekil 3.38.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.39. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

Scenedesmus acutus'un kuru madde miktarı üzerinde aydınlanma periyodunun etkisi 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.39.1'de gösterilmiştir. 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık ve 20 saat aydınlık - 4 saat karanlık periyotlarına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde kuru madde miktarlarının birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde maksimum kuru madde miktarı 9. gün 2.238 mg/mL iken, 20 saat aydınlık - 4 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde ise maksimum kuru madde miktarının 2.675 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. 20 saat aydınlık - 4 saat karanlık periyoda maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde kuru madde miktarlarının çalışmanın son gününe kadar düzenli bir artış gösterdiği ancak 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde son gün kuru madde miktarında azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.39.1).

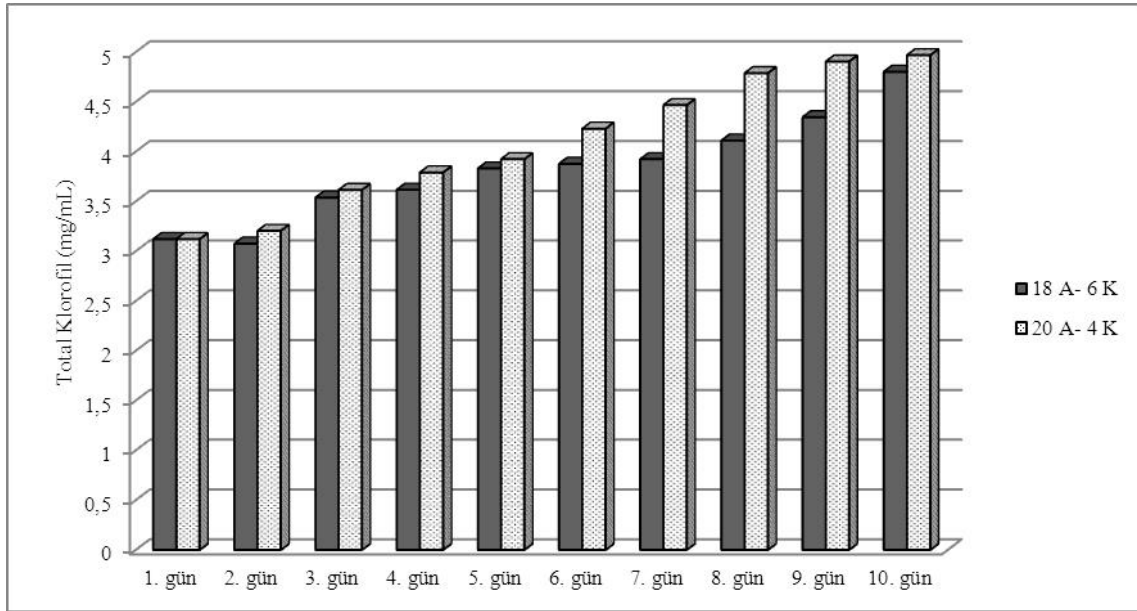


Şekil 3.39.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.40. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

Farklı aydınlanma periyodu uygulamasının *Scenedesmus acutus*'un total klorofil miktarında meydana getirdiği değişiklikleri incelenmiştir. Maksimum total klorofil miktarı 20 saat aydınlık - 4 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde 10. gün meydana gelmiştir

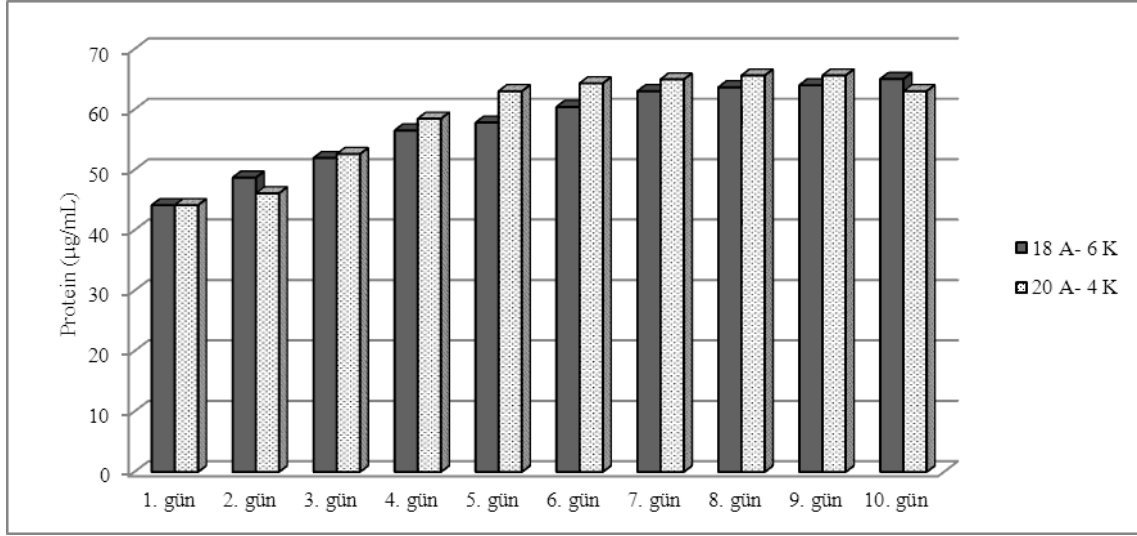
(4.967 mg/mL). 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık periyoda maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise, maksimum total klorofil miktarı 4.801mg/mL olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.40.1).



Şekil 3.40.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.41. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

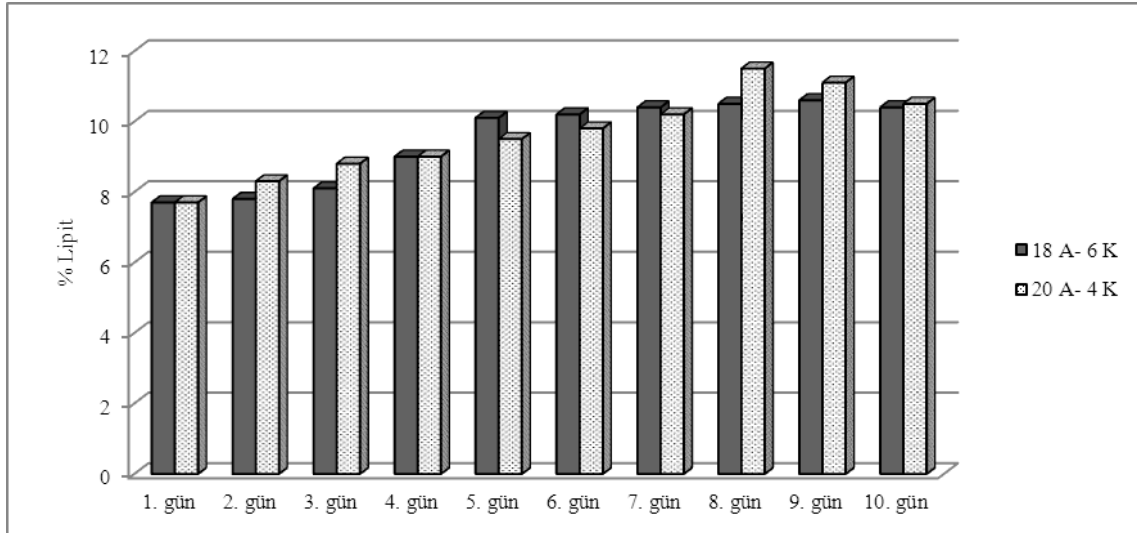
Aydınlanma periyodunun *Scenedesmus acutus*'un protein miktarı üzerindeki etkisi 10 gün boyunca takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 3.9.1'de gösterilmiştir. 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık periyoda maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde protein miktarındaki artış sürekli olmuş ve 10. günde maksimum protein miktarına ulaşılmıştır (65.029 μ g/mL). 20 saat aydınlık - 4 saat karanlık periyodunda gelişen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise maksimum protein miktarına 8.gün ulaşılmış (65.609 μ g/mL), daha sonraki gün bu değer sabit kalırken son gün protein miktarı 63.007 μ g/mL'ye düşmüştür. Ancak, iki farklı aydınlanma periyoduna bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerindeki protein miktarında çok önemli bir farkın meydana gelmediği görülmüştür (Şekil 3.41.1).



Şekil 3.41.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.42. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

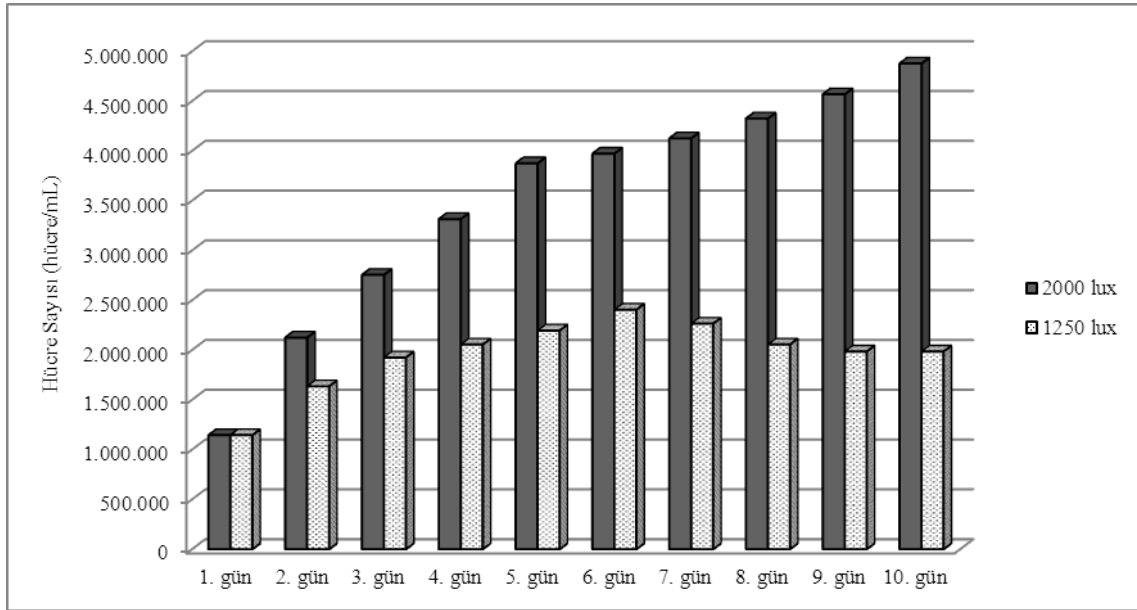
Aşılamanın yapıldığı ilk gün *Scenedesmus acutus* kültürlerinde lipit oranı % 7.7 olarak bulunmuştur. 20 saat aydınlık - 4 saat karanlık periyoda maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum lipit oranına 8. gün (% 11.5) ulaşılmış ve daha sonra lipit oranında azalma gözlenmiştir. 18 saat aydınlık - 6 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde ise, maksimum lipit oranı % 10.6 olarak (9. gün) tespit edilmiştir. Farklı aydınlanma periyotlarına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürleri 10 gün boyunca takip edilmiş ve lipit miktarında önemli bir farklılığın meydana gelmediği tespit edilmiştir (Şekil 3.42.1).



Şekil 3.42.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.43. Aydınlanma Şiddetinin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

Farklı aydınlanma şiddetine (2000 lux ve 1250 lux) maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinin hücre sayısında meydana gelen değişiklikler 10 gün süresince takip edilmiştir ve sonuçlar Şekil 3.43.1'de gösterilmiştir. 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan kültürlerde gelişen *Scenedesmus acutus*'un maksimum hücre sayısı 4.876.951 hücre/mL olarak tespit edilmiştir (10. gün). 1250 lux aydınlanma şiddetinde gelişen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise, maksimum hücre sayısı 2.404.951 hücre/mL olduğu belirlenmiştir. 1250 lux aydınlanma şiddetinde gelişen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum hücre sayısına 5. gün ulaşılmış ve daha sonra 10. güne kadar gözle görülür bir azalma meydana gelmiştir. 2000 lux aydınlanma şiddetinde gelişen kültürlerde hücre gelişiminin çok daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.43.1).

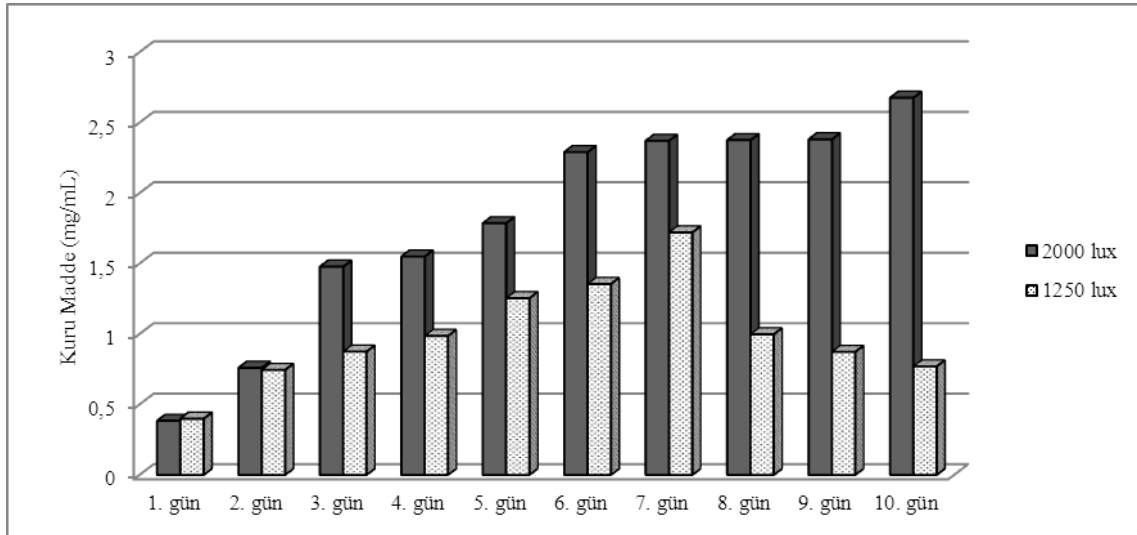


Şekil 3.43.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.44. Aydınlanma Şiddetinin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

Kuru madde miktarındaki değişimi gözlemek amacıyla iki farklı aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde, kuru madde miktarındaki sonuçlar hücre sayısındaki sonuçlar ile paralellik göstermiştir. 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde, kuru madde miktarındaki artış 7. güne kadar

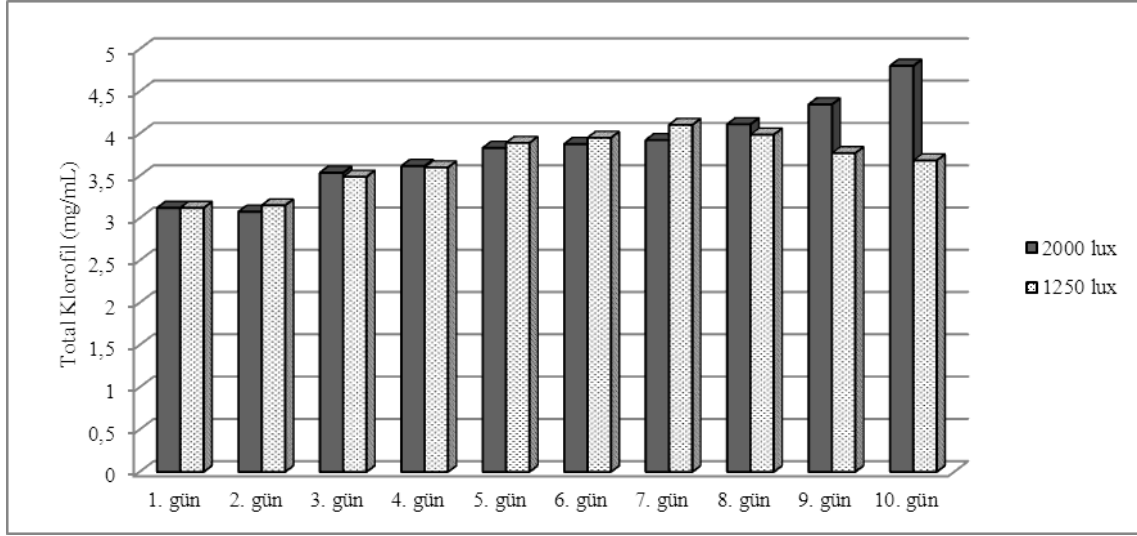
devam etmiş (1.72 mg/mL) ve daha sonra azalmıştır. 2000 lux ışık şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise kuru madde miktarındaki artışın 10. güne kadar devam ettiği görülmüştür (Şekil 3.12.1.).



Şekil 3.44.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.45. Aydınlanma Şiddetinin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

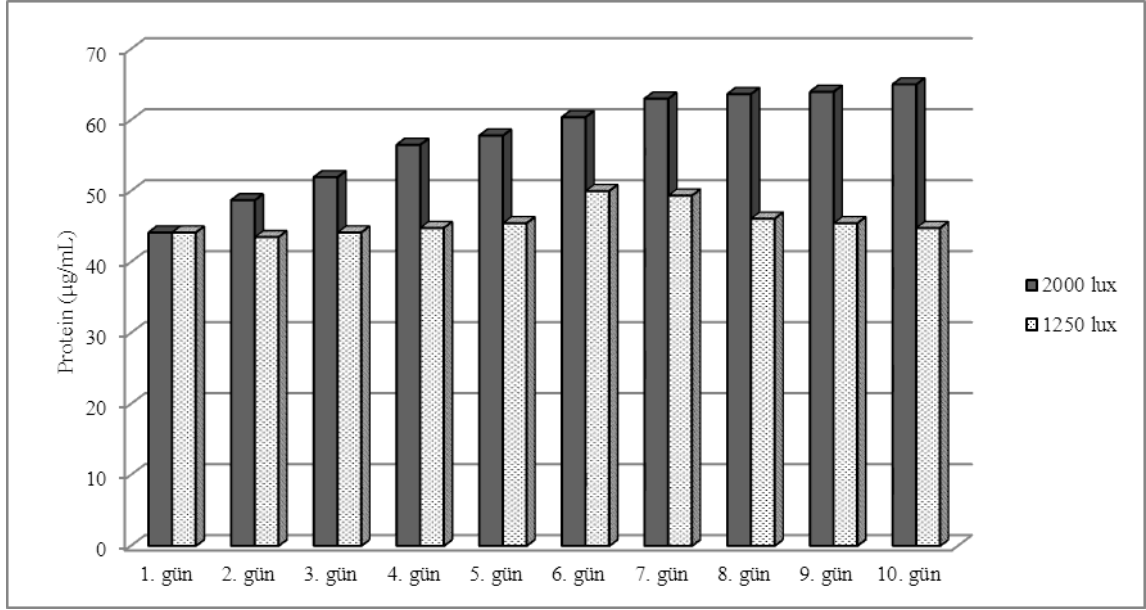
Farklı aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinin total klorofil miktarlarında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum total klorofil miktarı 10. gün 4.801mg/mL olarak tespit edilmiştir. 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise maksimum total klorofil miktarına 7. gün (4.102 mg/mL) ulaşılmış ve daha sonra total klorofil miktarında azalma görülmüştür (Şekil 3.45.1).



Şekil 3.45.1. Aydınlanma Şiddeti *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.46. Aydınlanma Şiddetinin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

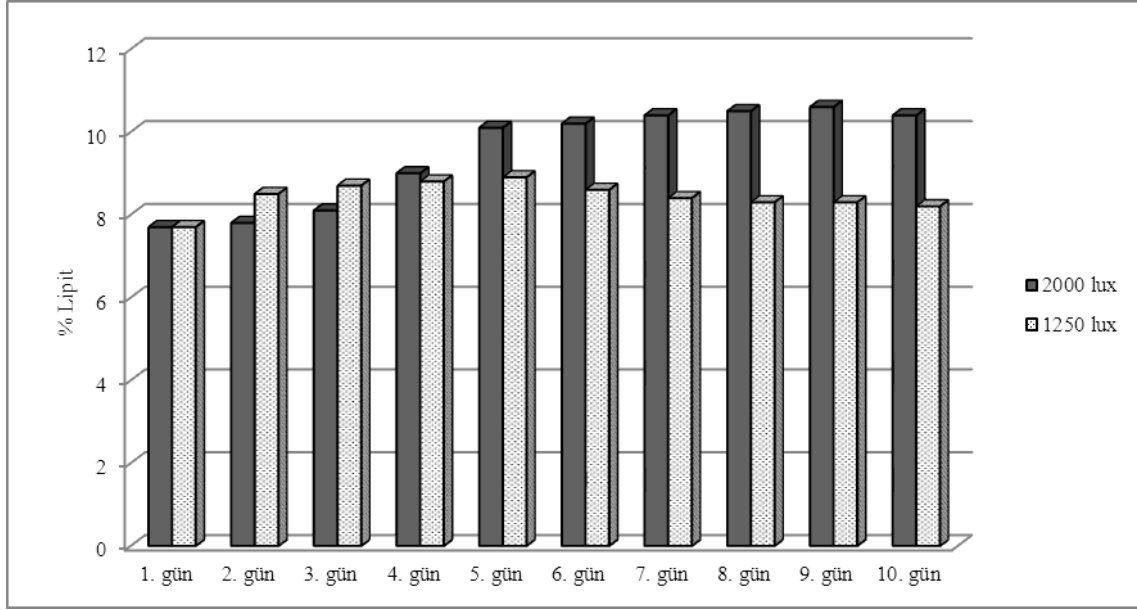
Farklı aydınlanma şiddetinin *Scenedesmus acutus*'un protein miktarı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla kültürler 10 gün süre ile 1250 lux ve 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılmıştır. 1250 lux aydınlanma şiddetinde geliştirilen *Scenedesmus acutus* kültürlerindeki maksimum protein miktarı 49.999 $\mu\text{g/mL}$ (6. gün) olarak tespit edilmiş ve daha sonraki günlerde protein miktarında azalma gözlenmiştir (Şekil 3.46.1). 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerindeki maksimum protein miktarı ise, 65.029 $\mu\text{g/mL}$ olarak bulunmuştur. 1250 lux aydınlanma şiddetinde gelişmeye bırakılan kültürlerde protein miktarı 6. günden sonra azalırken 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerindeki ki protein miktarındaki artış son güne kadar devam etmiştir (Şekil 3.46.1) .



Şekil 3.46.1. Aydınlanma Şiddeti *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.47. Aydınlanma Şiddetinin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

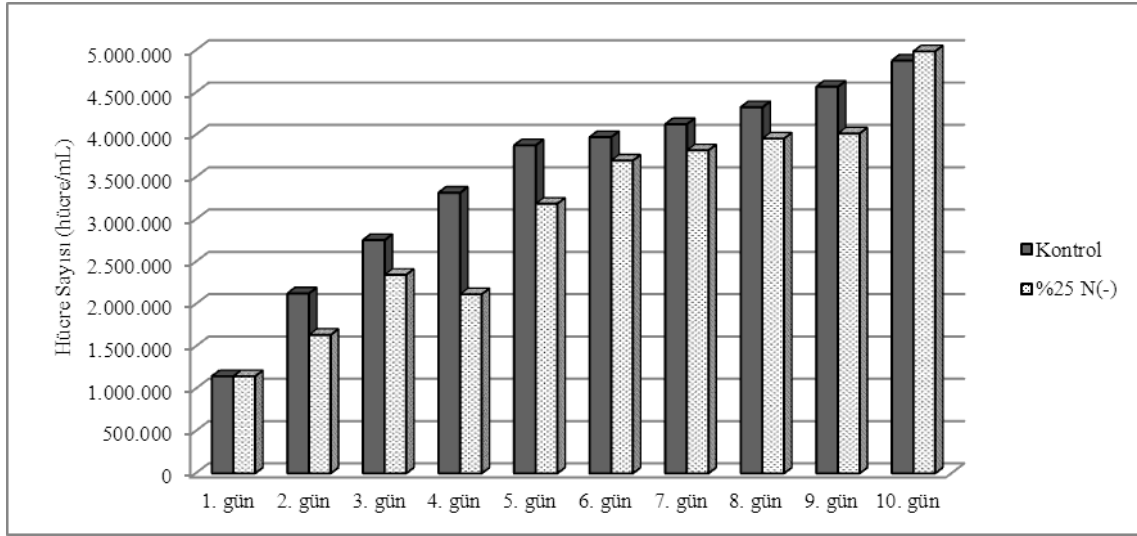
Scenedesmus acutus'un lipit miktarı üzerinde aydınlanma şiddetinin etkisini incelemek amacı ile sıvı kültürlerle aşılamanın tapıldığı ilk günden başlayarak 10 gün süre ile analizler yapılmıştır. İnokülasyonun yapıldığında lipit miktarının % 7.7 olduğu tespit edilmiştir. 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum lipit miktarına beşinci gün ulaşılmış ve % 8.9 olarak bulunmuştur. 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum lipit miktarına ise, dokuzuncu gün ulaşılmış ve % 10.6 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.47.1).



Şekil 3.47.1. Aydınlanma Periyodunun *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.48. % 25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

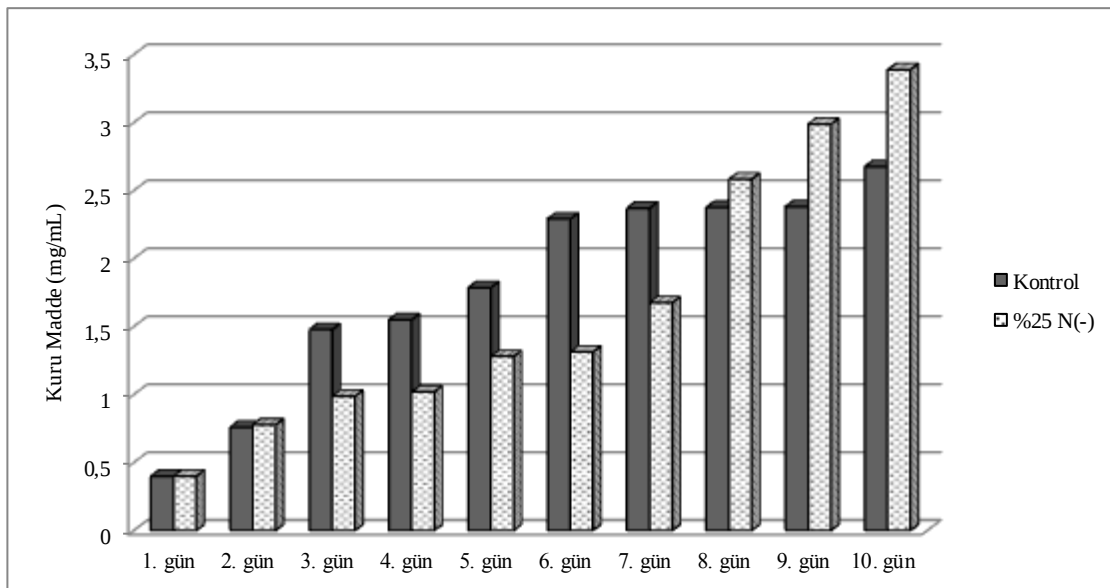
Azot eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla normal gelişme ortamı ve %25 azot eksiltmesi yapılan sıvı kültürlerde hücre sayıları tespit edilmiştir. Azot eksiltmesi yapılmayan kontrol grubu kültürlerinde *Scenedesmus acutus*'un maksimum hücre sayısına inokülasyonu takip eden onuncu gün ulaşılmış ve maksimum hücre sayısının 4.876.951 hücre/mL olduğu görülmüştür (Şekil 3.48.1). % 25 azot eksiltmesi uygulanan kültürlerde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'un maksimum hücre sayısına da onuncu gün ulaşılmıştır (4.984.951 hücre/mL) (Şekil 3.48.1). Azot eksikliği uygulamasının *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısında önemli bir değişikliğe sebep olmadığı tespit edilmiştir. Sıvı besi ortamında %25 oranında azot eksiltmesinin hücre gelişimini sınırlamadığı ortamdaki mevcut azotun *Scenedesmus acutus*'un gelişimi için yeterli olduğu görülmüştür.



Şekil 3.48.1. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.49. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

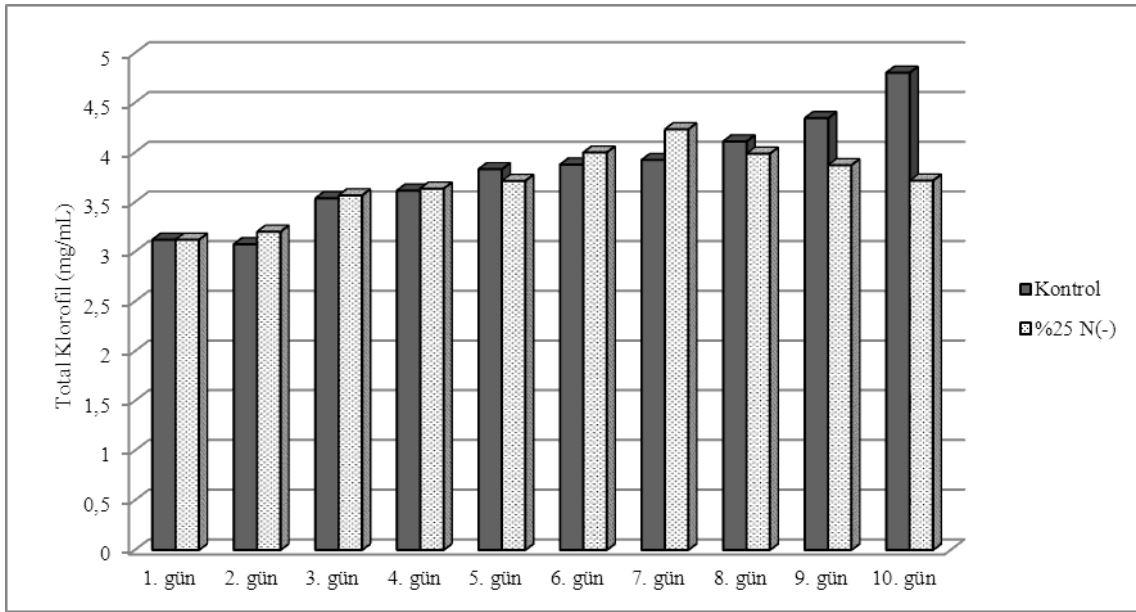
%25 azot eksikliği uygulaması yapılan ve azot eksikliği uygulaması yapılmayan kontrol grubu kültürlerinde *Scenedesmus acutus*'un kuru madde miktarında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Azot eksikliği uygulaması yapılmayan kontrol grubu kültürlerinde *Scenedesmus acutus*'un maksimum kuru madde miktarına onuncu gün ulaşılmıştır (2.675 mg/mL). %25 azot eksikliği uygulanan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise, maksimum kuru madde miktarı 3.387 mg/mL olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.49.1).



Şekil 3.49.1. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.50. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

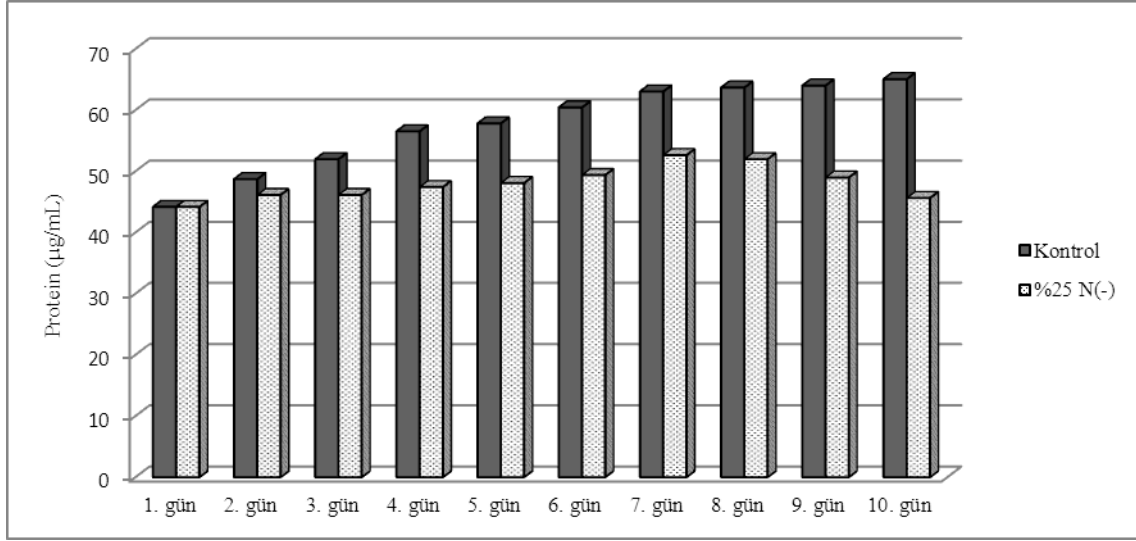
Azot stresinin total klorofil miktarı üzerinde meydana getirdiği değişiklikler kontrol kültürleri ile %25 azot eksiltmesine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3.50.1'de gösterilmiştir. Azot eksiltmesi uygulanmayan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde total klorofil miktarındaki artış 10. güne kadar sürmüştür (4.801 mg/mL). %25 azot eksiltmesi uygulanan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise total klorofil miktarındaki artış 7. güne kadar devam etmiş (4.232 mg/mL) ve daha sonra azalma meydana gelmiştir (Şekil 3.50.1).



Şekil 3.50.1. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.51. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

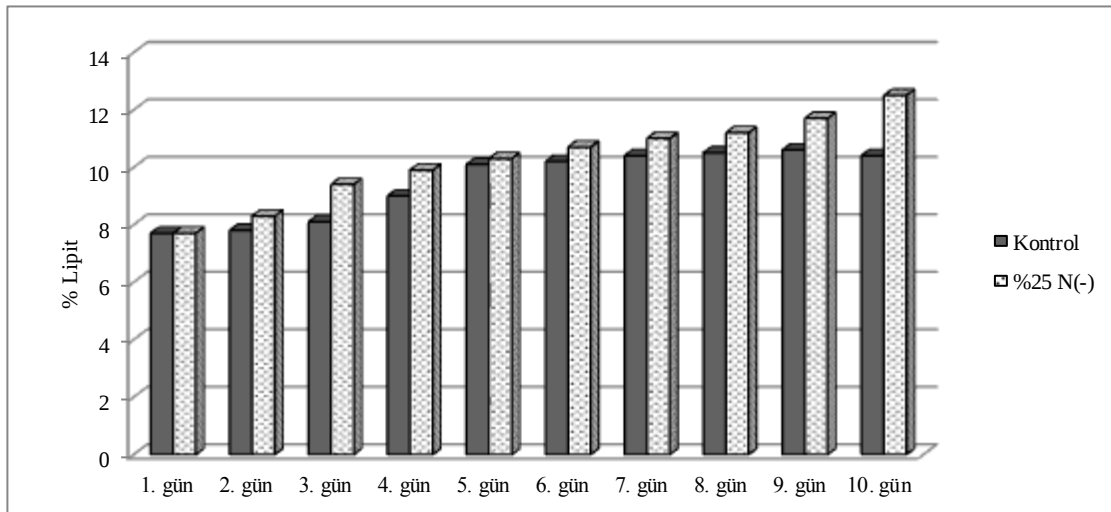
Protein miktarındaki değişimi gözlemek amacıyla azot miktarı farklı iki farklı besiyerinde geliştirilen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde, protein miktarı bakımından belirgin bir farklılık tespit edilmemiştir. %25 azot eksikliğinde geliştirilen *Scenedesmus acutus* kültürlerinde, protein miktarındaki artış 7. güne kadar devam etmiştir (52.600 µg/mL) 10 gün ise bu değer, 45.600 µg/mL'ye düşmüştür. Azot eksikliği uygulaması yapılmayan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde de protein miktarındaki artış 10. güne kadar devam etmiş ve maksimum protein miktarı 65.029 µg/mL olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.51.1).



Şekil 3.51.1. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.52. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

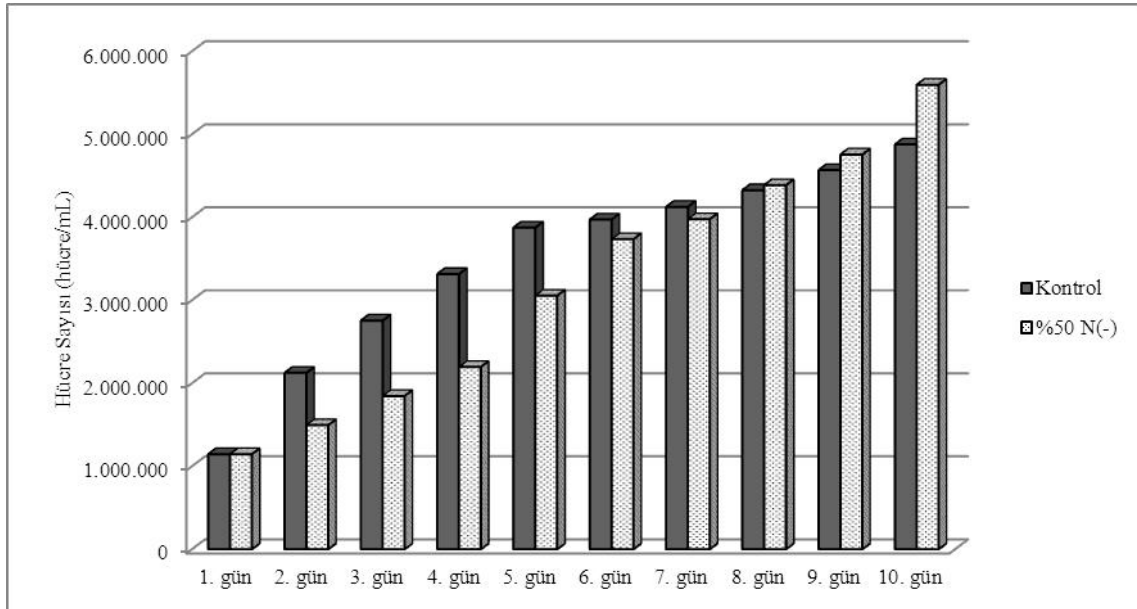
Azot stresinin *Scenedesmus acutus*'un lipit miktarında meydana getirdiği değişiklikleri incelemek amacı ile kültürler 10 gün boyunca takip edilmiş ve meydana gelen değişiklikler Şekil 3.52.1'de gösterilmiştir. %25 azot eksikliğine maruz bırakılan kültürlerde gelişen *Scenedesmus acutus*'un maksimum lipit oranına onuncu gün ulaşılmış ve maksimum lipit miktarı %12.5 olarak tespit edilmiştir. Azot eksiltmesi yapılmayan kültürlerde ise *Scenedesmus acutus*'un maksimum lipit oranı %10.6 olarak bulunmuştur (Şekil 3.52.1). Azot stresine maruz bırakılan kültürlerde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'da lipit birikiminin kontrol grubuna göre daha fazla olduğu görülmüştür.



Şekil 3.52.1. %25 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.53. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

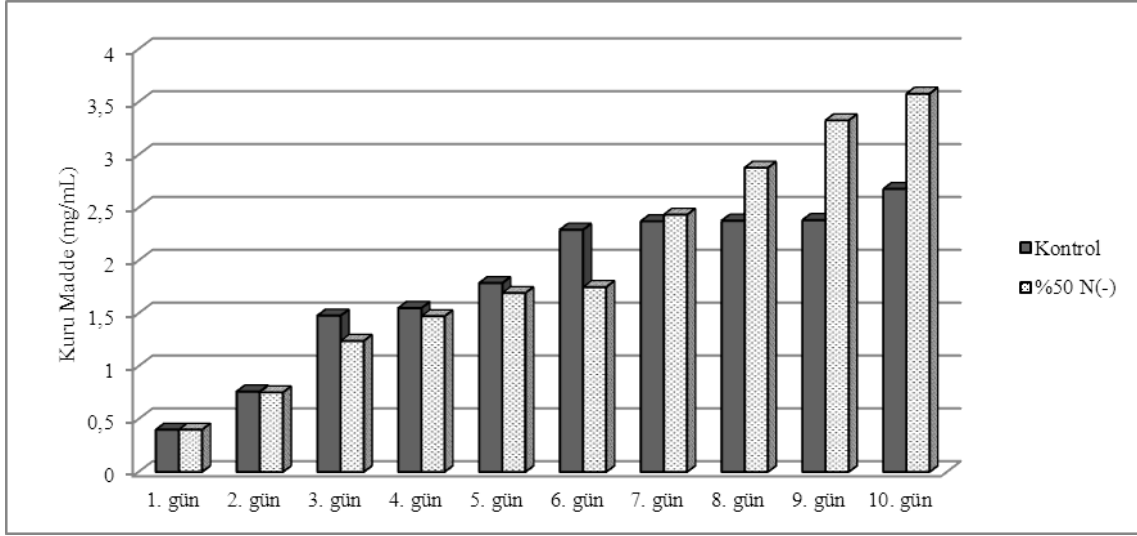
Azot eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısı üzerindeki etkisini belirlemek amacı ile % 50 azot eksiltmesinin yapıldığı kültürlerde ve azot eksiltmesi yapılmayan kontrol grubu kültürlerinde gelişen *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısında meydana gelen değişiklikler 10 gün boyunca takip edilmiş ve hücre sayısında meydana gelen değişiklikler Şekil 3.53.1'de gösterilmiştir. Her iki kültür şartlarında da hücre sayısının onuncu güne kadar artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak, % 50 azot eksiltmesi uygulanan kültürlerde gelişen *Scenedesmus acutus*'un maksimum hücre sayısının (5.594.951 hücre/mL) kontrol grubu kültürlerinde gelişim gösteren *Scenedesmus acutus*'un maksimum hücre sayısından (4.876.951 hücre/mL) daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.53.1. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkisi

3.54. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

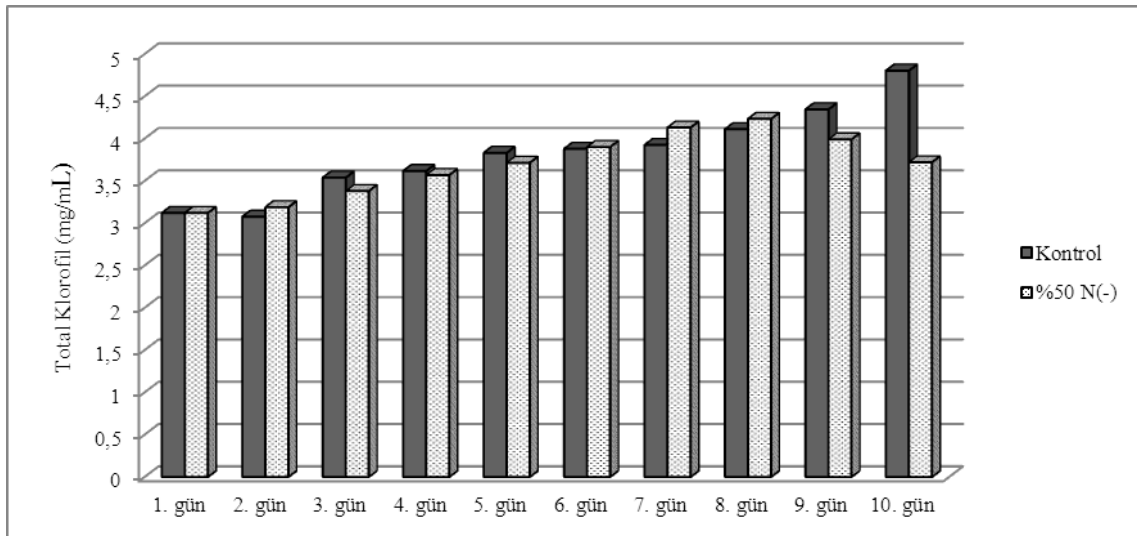
%50 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde ve kontrol kültürlerinde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'un kuru madde miktarındaki artış 10. güne kadar devam ettiği görülmüştür (Şekil 3.54.1). % 50 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'un maksimum kuru madde miktarı 3.576 mg/mL olarak bulunmuştur. Azot eksiltmesi yapılmayan kontrol kültürlerinde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'un maksimum kuru madde miktarı ise, 2.675 mg/mL olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.54.1).



Şekil 3.54.1. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.55. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

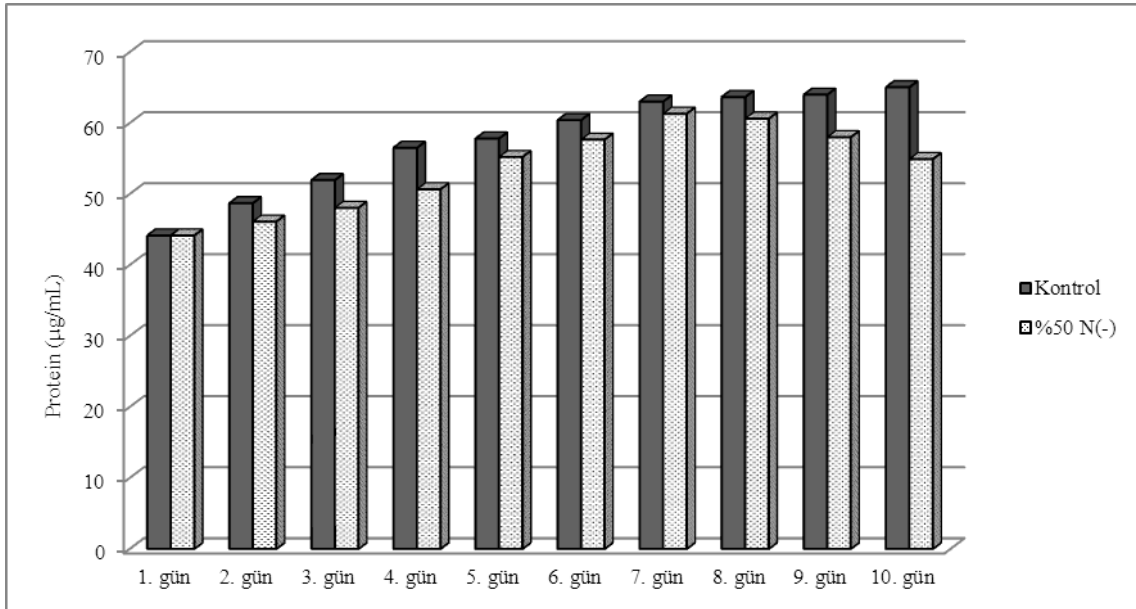
%50 azot eksiltmesine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürleri ve kontrol grubu kültürleri 10 gün süre ile incelenmiştir. İncelemeler sonucunda, kontrol grubu kültürlerinde maksimum total klorofil miktarının 10. gün 4.801 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. %50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus actus* kültürlerinde ise maksimum total klorofil miktarı 4.231 mg/mL olarak bulunmuş ve 10. gün bu değer 3.718 mg/mL'ye düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 3.55.1).



Şekil 3.55.1. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.56. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

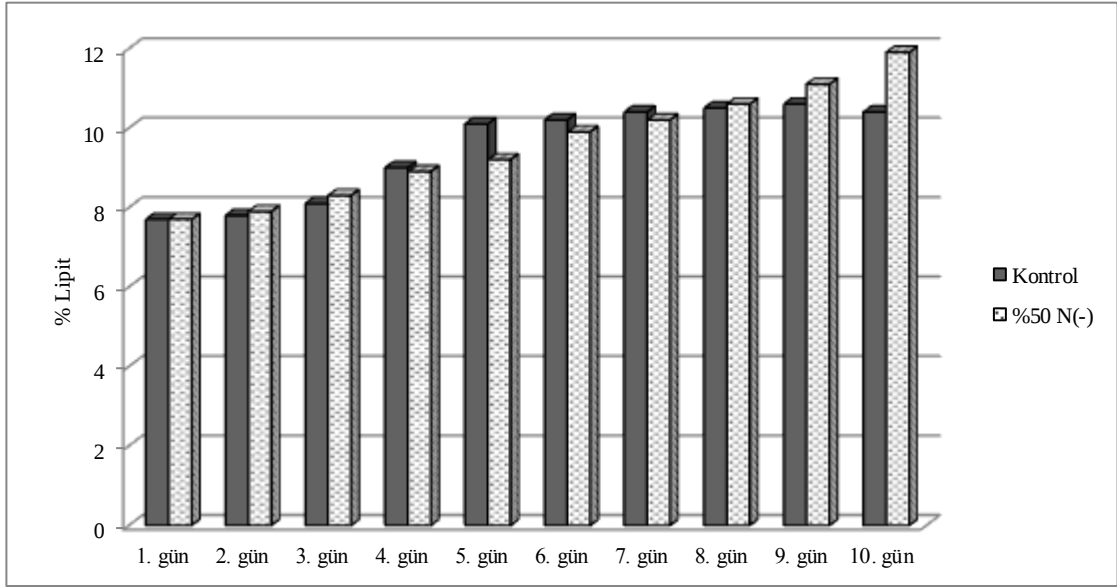
Azot stresinin *Scenedesmus acutus*'un protein miktarında meydana getirdiği değişiklikler % 50 azot eksilmesi yapılan sıvı kültürler ve kontrol kültürlerinde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'da incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3.56.1'de gösterilmiştir. % 50 azot eksilmesi yapılan kültürlerde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'un protein miktarı 7. gün maksimum değerine ulaşmış ve 61.300 µg/mL olarak tespit edilmiştir. 10. gün ise, protein miktarının 54.902 µg/mL'ye düştüğü gözlenmiştir. Kontrol grubu kültürlerinde gelişen *Scenedesmus acutus*'da maksimum protein miktarının 10. günde 65.029 µg/mL olduğu görülmüştür (Şekil 3.56.1).



Şekil 3.56.1. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.57. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

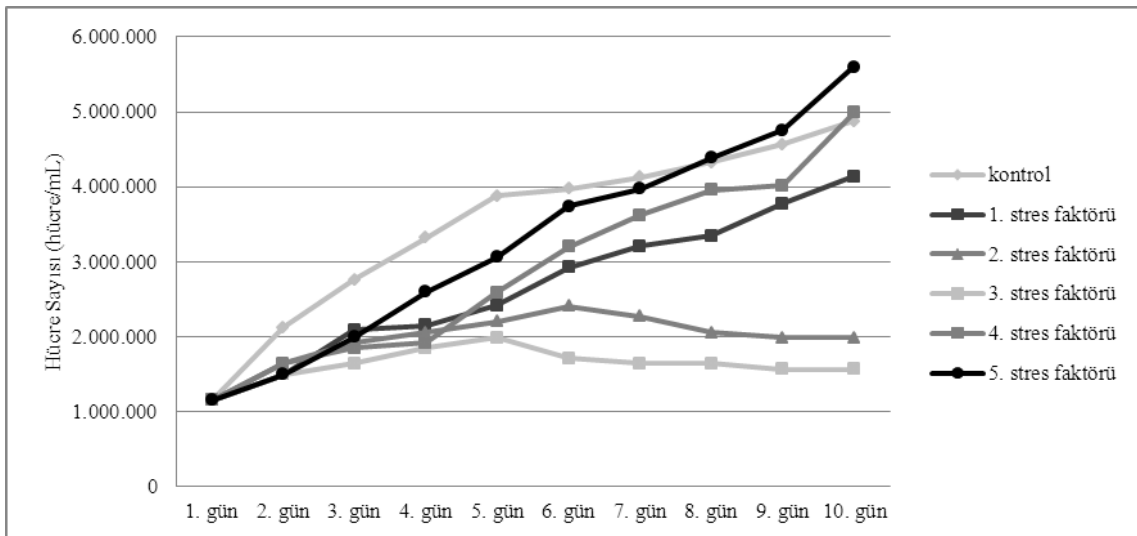
%50 azot eksikliğine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un lipit miktarındaki değişim Şekil 3.57.1'de gösterilmiştir. Azot eksikliği uygulaması yapılmayan kontrol grubu kültürlerinde gelişen *Scenedesmus acutus*'un maksimum lipit oranı % 10.6 olarak tespit edilmiş (9. gün) ve lipit oranında sonraki gün azalma görülmüştür. %50 azot eksilmesi uygulanan kültürlerde gelişen *Scenedesmus acutus*'un lipit oranındaki artış son güne kadar devam etmiş ve maksimum lipit oranı % 11.9 olarak bulunmuştur (Şekil 3.57.1).



Şekil 3.57.1. %50 N Eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Etkisi

3.58. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

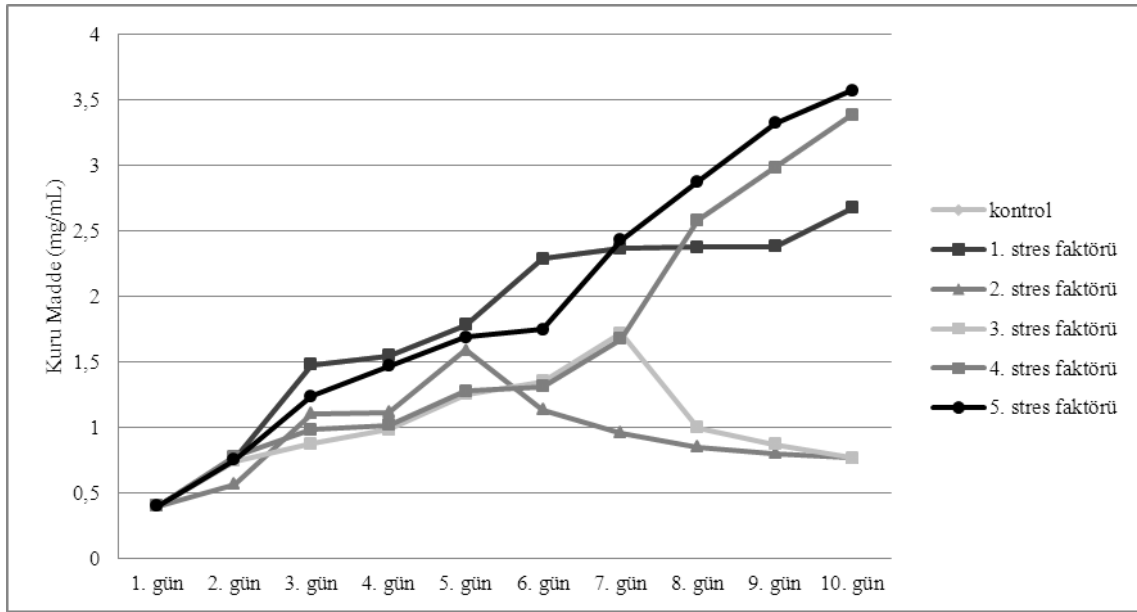
Sıcaklık, aydınlanma şiddeti, fotoperiyot ve azot eksikliği gibi stres faktörlerine maruz bırakılan kültürlerindeki *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısında meydana gelen değişiklikler 10 gün boyunca takip edilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 3.58.1'de gösterilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum hücre sayısının, azot eksikliği uygulaması yapılan kültürler ve kontrol grubu kültürlerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.58.1. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un Hücre Sayısı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

3.59. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

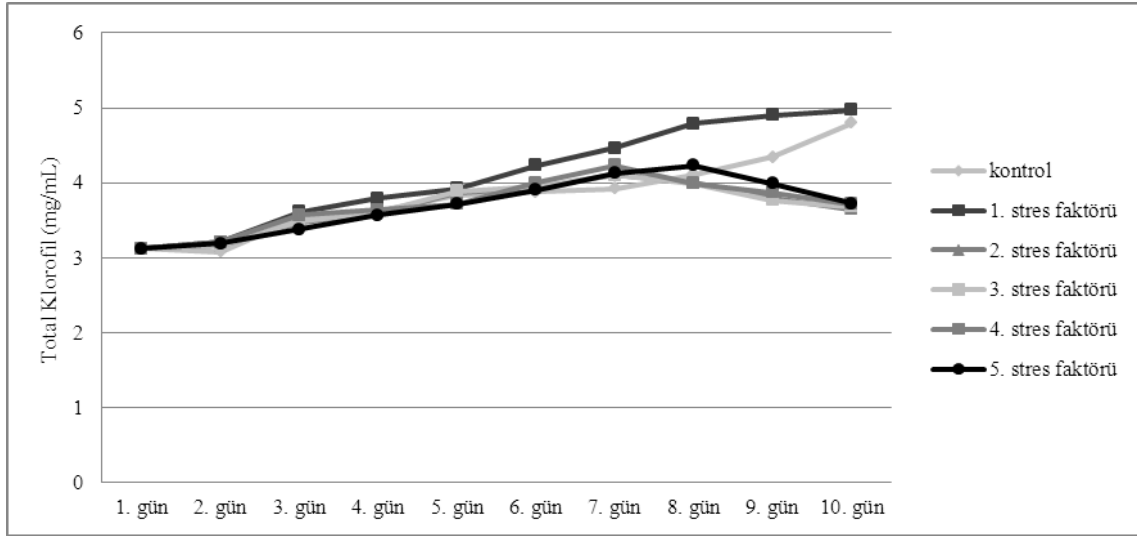
Stres faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un kuru madde miktarı üzerindeki etkisinin hücre sayısında meydana gelen değişikliğe benzer bir şekilde olduğu görülmüştür. Azot eksikliği uygulaması yapılan *Scenedesmus acutus* kültürlerindeki kuru madde miktarının belirgin bir artış gösterdiği kaydedilmiştir (Şekil 3.59.1).



Şekil 3.59.1. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'da Kuru Madde Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

3.60. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

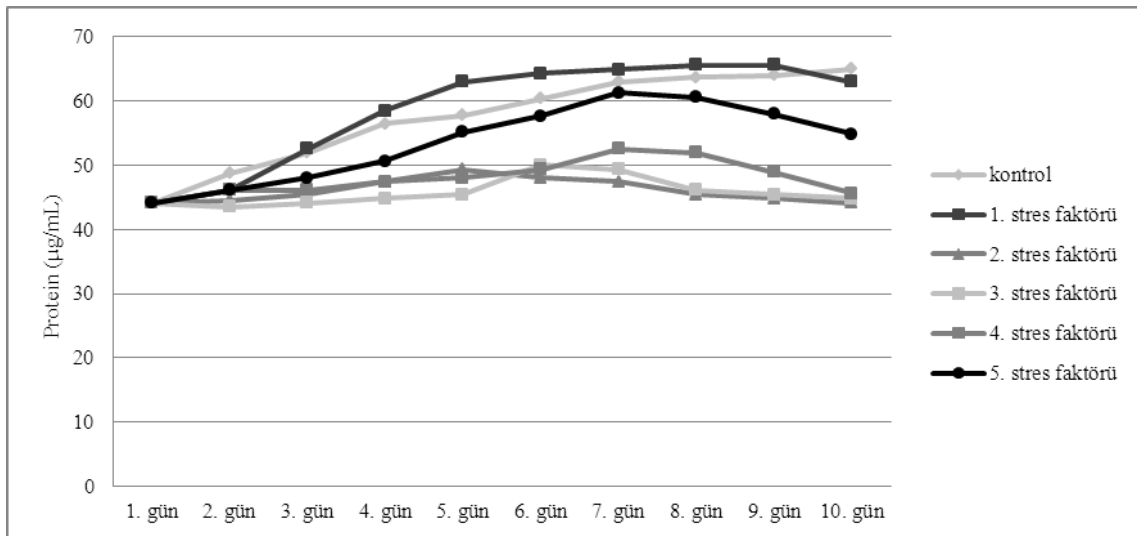
Scenedesmus acutus kültürlerinde total klorofil miktarında meydana gelen değişiklikler 10 gün süre ile takip edilmiş ve stres faktörlerinin total klorofil miktarı üzerindeki etkileri Şekil 3.60.1'de gösterilmiştir. *Scenedesmus acutus* kültürlerinde maksimum total klorofil miktarının kontrol grubu kültürleri ve 20 saat aydınlık, 23°C sıcaklık, 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan kültürlerde meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 3.60.1).



Şekil 3.60.1. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'da Total Klorofil Miktarı Üzerindeki Etkilerin Karşılaştırması

3.61. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

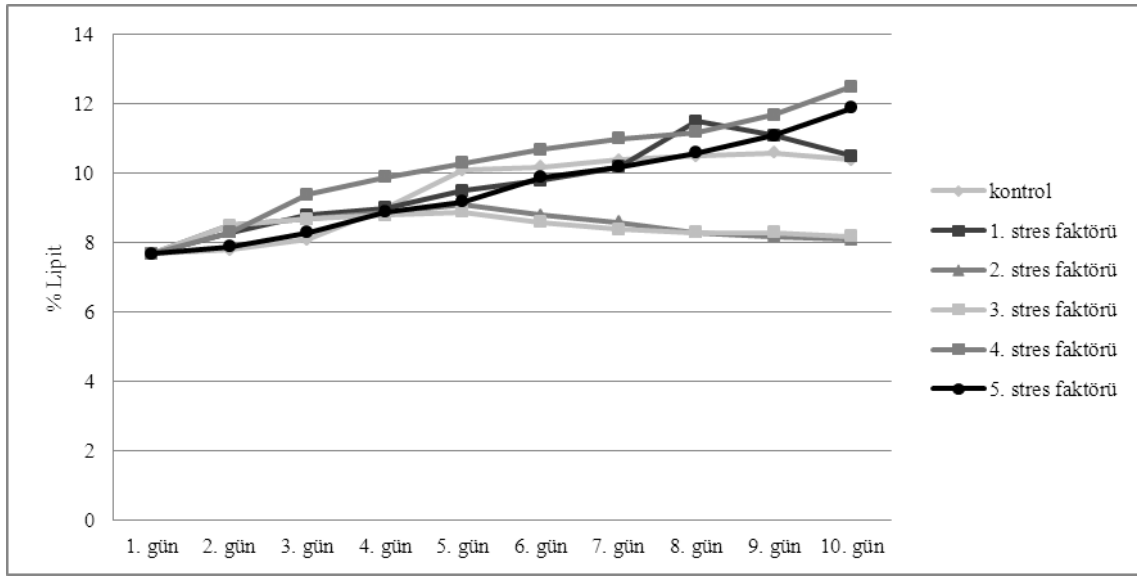
Scenedesmus acutus kültürlerinde protein miktarında meydana gelen değişiklikler 10 gün süre ile takip edilmiş ve stres faktörlerinin protein miktarı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, *Scenedesmus acutus* kültürlerinde protein miktarının kontrol grubu kültürleri ve 20 saat aydınlık, 23°C sıcaklık, 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan kültürlerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.61.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.61.1. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'da Protein Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırması

3.62. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un Lipit Miktarı Üzerindeki Karşılaştırması

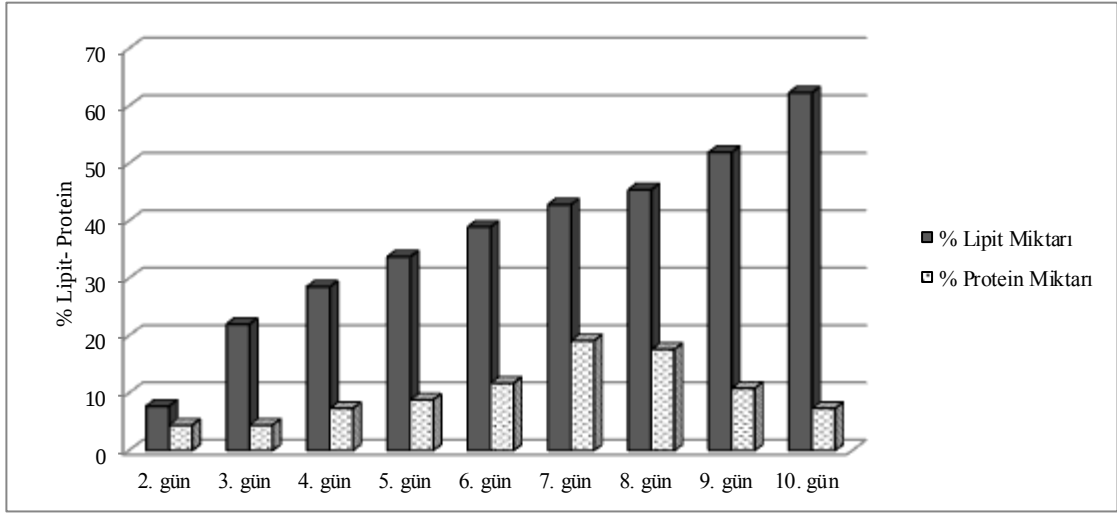
Stres faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'un lipit miktarı üzerindeki etkisi incelenmiştir (Şekil 3.62.1). *Scenedesmus acutus* kültürlerindeki en yüksek lipit miktarlarının, azot eksikliği uygulaması yapılan kültürlerde ve 20 saat aydınlık periyoduna maruz bırakılan kültürlerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.62.1).



Şekil 3.62.1. Stres Faktörlerinin *Scenedesmus acutus*'da Lipit Miktarı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

3.63. %25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Scenedesmus acutus*'da % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırması

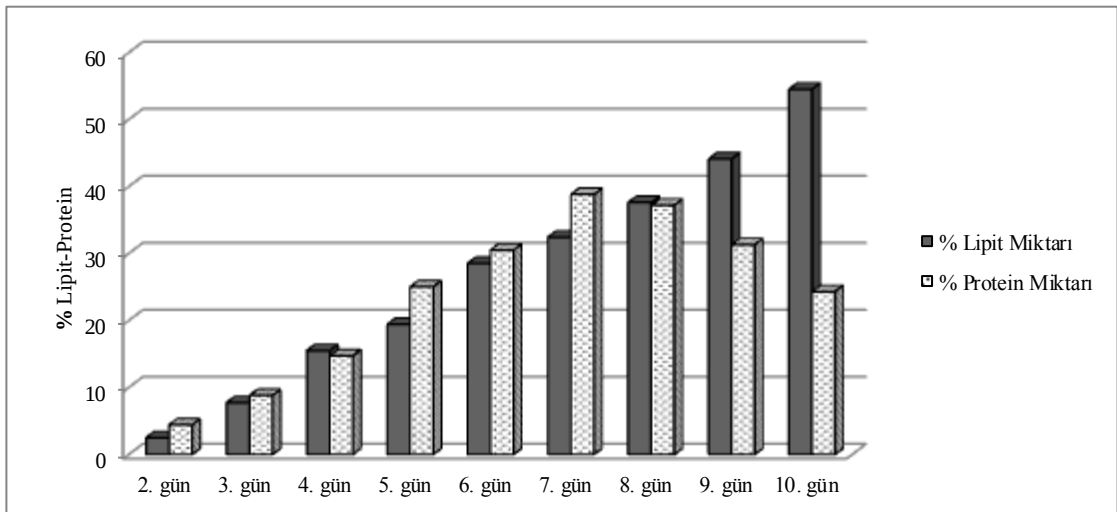
% 25 azot eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un lipit ve protein miktarları üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un lipit oranında sürekli artış gözlenirken protein miktarında ise 7. güne kadar artış olmuş (% 19.1) daha sonra azalma gözlenmiştir. Deney süresince, azot eksikliğinin *Scenedesmus acutus*'un lipit miktarında artışa sebep olurken protein miktarında azalmaya neden olduğu görülmüştür. İnokülasyonun yapıldığı ilk güne oranla lipit miktarında yaklaşık % 62'lik bir artış olduğu ve bu artışın 10. güne kadar devam ettiği tespit edilmiştir. Lipit miktarının maksimum artış yaşandığı gün, protein miktarında ise düşüş tespit edilmiştir (Şekil 3.63.1).



Şekil 3.63.1. %25 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Scenedesmus acutus*'da % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırması

3.64. %50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Scenedesmus acutus*'da % Lipit ve %Protein Miktarlarının Karşılaştırması

Scenedesmus acutus'un protein ve lipit miktarı üzerinde azotun etkisi %50 azot eksiltmesine maruz bırakılan kültürlerde incelenmiş ve sonuçlar Şekil 3.64.1'de gösterilmiştir. Azot stresine maruz bırakılan kültürler 10 gün süresince takip edilmiş ve 8. Güne kadar *Scenedesmus acutus* kültürlerinde protein ve lipit miktarındaki artış beraber devam etmiş, ancak 9. günden sonra lipit miktarı hızla artarken protein miktarında azalma kaydedilmiştir. İnceleme süresinin son günü olan 10. günde lipit miktarı % 54.5'e ulaşırken protein miktarı ise %24.3' kadar azalmıştır (Şekil 3.64.1).



Şekil 3.64.1. %50 Azot Eksiltmesine Maruz Bırakılan *Scenedesmus acutus*'da % Lipit ve % Protein Miktarlarının Karşılaştırması

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Artan dünya nüfusu ve beraberinde getirdiği çevre problemleri, protein eksikliği ve enerjiye olan talep geçtikçe artmakta, bu problemlerin üstesinden gelebilmek için arayışlar her gün artarak devam etmektedir. Dünyanın sürekli artan enerji ihtiyacını ve besin eksikliğini karşılamak için bilim insanları yenilenebilir kaynakların bulunması ve bu kaynakların gündelik yaşamın pek çok alanında kullanılabilir olmasına yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Kaynakların daha ekonomik kullanımı kısa vadede problemlerin çözümüne katkı sunmakla birlikte uzun vadede alternatif kaynaklara yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Mikroalgler sahip oldukları yüksek yağ içerikleri, hızlı büyümeleri ve üretilibilmeleri için gereken alan ihtiyacının düşük olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynağı olarak yüksek potansiyele sahiptirler. Özellikle mikroalglerden protein, lipit ve değerli metabolitlerin eldesi konularında önemli çalışmalar yapılmaktadır. Biyoteknolojik çalışmalarda kullanılan mikroalglerin önemli bir kısmı yeşil algler bölümünde yer alan tatlı su algleridir. Yüksek protein, vitamin, mineral madde ve yağ içeriği *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'u biyoteknolojik olarak önemli duruma getirmiştir. *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısı, total klorofil, protein ve lipit miktarı üzerinde sıcaklık, ışık şiddeti, fotoperiyot ve azot eksikliğinin etkileri laboratuvar ortamında detaylı olarak incelenmiş ve her bir stres faktörünün etkilerinin farklı olduğu görülmüştür.

Su sıcaklığı, akuatik canlıların büyüme ve gelişimlerini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kimyasal reaksiyonların hızını kontrol etmek sureti ile canlıdaki biyokimyasal ve fizyolojik faaliyetleri etkiler. Çalışmamızda farklı sıcaklıklarda kültüre alınan *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısında önemli değişikliklerin olduğu belirlenmiştir. Özellikle 23°C sıcaklıkta kültüre alınan *Chlorella vulgaris*'te hücre sayısının 10. günde 27°C sıcaklıkta kültüre alınanlara göre yaklaşık olarak % 236 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar *Scenedesmus acutus*'da da görülmüştür. 23°C sıcaklıkta kültüre alınan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde birey sayısının 4.877.000 birey/mL olduğu, 27°C sıcaklıkta geliştirilen kültürlerde ise birey sayısının 1.565.000 birey/mL olduğu belirlenmiştir. Rodolfi ve arkadaşları (2009) *Scenedesmus* türlerinin genel olarak 25°C sıcaklıkta iyi gelişim gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Özellikle *Chlorella vulgaris* için optimum sıcaklığın 23°C olduğu yapılan çalışmalarda ifade edilmekle birlikte *Scenedesmus acutus* için sıcaklık değerlerinin 23-25°C arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir.

Çalışmamızda hem *Chlorella vulgaris* hem de *Scenedesmus acutus*'un en iyi gelişimini 23°C'de gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Tang ve arkadaşları (2011), yaptıkları çalışmada yeşil alglerden *Chlorella minutissima*'nın en iyi gelişimini 23°C'de gerçekleştirdiğini belirlemiş, fotoperiyot ve ışık yoğunluğu deneylerini de bu sıcaklık derecesi üzerinden gerçekleştirerek *Chlorella minutissima*'nın gelişimi için optimum sıcaklığın 23°C olduğunu belirtmişlerdir. Gökpınar ve arkadaşları (2013), *Chlorella vulgaris*'in en iyi gelişimini 24°C sıcaklıkta olduğunu belirtirken, Illman ve arkadaşları (2000), Mujtaba ve arkadaşları (2012), Cha ve arkadaşları (2011), optimum gelişimin 25°C'de olduğunu ifade etmektedirler. *Chlorella* cinsine ait farklı türlerin değişik sıcaklıklarda optimum gelişme gösterdikleri literatürde belirtilmektedir. Yadavalli ve arkadaşları, (2012), *Chlorella pyrenoidosa*'nın en iyi gelişiminin 28°C'de, Feng ve arkadaşları (2012), *Chlorella zofingensis*'in 25°C'de maksimum çoğalmasını gerçekleştirdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, *Scenedesmus* cinsine ait türlerin de optimum gelişmelerini farklı sıcaklıklarda gerçekleştirdikleri değişik çalışmalarda belirtilmektedir. Tan ve Lin (2011), *Scenedesmus rubescens*'in en iyi gelişimini 26°C'de, Gim ve arkadaşları (2014) ise *Scenedesmus obliquus*'un 25-27°C sıcaklıkta iyi gelişme gösterdiklerini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalarda *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* için en iyi gelişmenin yaklaşık 23-25°C'lik bir sıcaklıkta gerçekleştiği belirtilmektedir. *Chlorella vulgaris*'in kuru madde miktarındaki değişiklik hücre sayısında meydana gelen değişikliklerle benzerlik göstermiştir. 27°C sıcaklığa maruz bırakılan kültürlerde maksimum kuru madde miktarına 7. günde ulaşılırken (1.620 mg/mL), 23°C sıcaklıkta gelişmeye bırakılan kültürlerde 7. gün kuru madde miktarının (2.225 mg/mL) olduğu görülmüş ancak maksimum kuru madde miktarına 9. gün ulaşılmıştır (2.613 mg/mL). 23°C sıcaklıkta gelişmeye bırakılan kültürlerde hücre sayısındaki artışa paralel olarak kuru madde miktarında da artış tespit edilmiştir. Klorofil miktarındaki değişiklikler 23 ve 27°C sıcaklıkta önemli bir değişiklik göstermeyip hücre sayısındaki artış ile benzerlik göstermiştir. 27°C sıcaklıkta geliştirilen *Chlorella vulgaris* kültürlerinde protein miktarında on günlük deney süresince önemli bir değişiklik gözlenmezken 23°C sıcaklıkta gelişen kültürlerde aşılamanın yapıldığı gün protein miktarı 35.039 µg/mL iken 10. gün 69.200 µg/mL'ye ulaşmıştır. Sıcaklık değişiminin lipid miktarı üzerindeki etkisinin önemli olmadığı hücre sayısındaki artış ile beraber lipid miktarının da değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada maksimum çoğalmanın 23°C'lik sıcaklıkta gerçekleştiği, hücre çoğalmasına paralel olarak kuru madde ve klorofil miktarının da artış gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmamızdan elde

ettiğimiz sonuçlar yapılan çalışmaların sonuçları ile büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

Işık şiddeti canlıların yaşamını doğrudan etkileyen faktörlerden biridir. Alglerin su içerisindeki dağılımları ve fotosentez aktiviteleri ışık şiddetine bağlı olarak değişebilir. Bir dereceye kadar ışık şiddeti ile fotosentez hızı arasında bir ilişki vardır. Tang ve arkadaşları (2011) mikroalgler üzerinde ışık şiddetinin, fotosentez, biyokütle ve biyokimyasal kompozisyon üzerindeki etkisini incelemişlerdir. *Chlorella minutissima*'yı farklı aydınlanma şiddetinde gelişime tabi tutmuşlar ve *Chlorella minutissima*'da aydınlanma şiddeti arttıkça biyokütlenin de arttığını tespit etmişlerdir. Gim ve arkadaşları (2014), *Chlorella vulgaris*, *Chlorella* sp., *Scenedesmus obliquus* ve *B. braunii*'de farklı aydınlanma şiddetlerinin biyokütle ve total lipit içeriği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, *Chlorella vulgaris* ve *B. braunii*'de artan aydınlanma şiddetine rağmen biyokütle miktarında çok fazla değişikliğin olmadığını belirtmişlerdir. Ancak, *Chlorella* sp., ve *Scenedesmus obliquus*'da aydınlanma şiddeti arttıkça biyokütle miktarının da arttığını tespit etmişlerdir. Çalışan dört türde de aydınlanma şiddeti arttıkça, total lipit içeriğinin de artmış olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak ışık şiddetindeki değişikliğin alg türlerinin gelişimini farklı şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda, kültürler 2000 ve 1250 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılmıştır. Maksimum biyokütle, kuru madde miktarı, klorofil, lipit ve protein içeriğine 2000 lux aydınlanma şiddetine maruz bırakılan kültürlerde ulaşıldığı tespit edilmiştir. Artan ışık şiddetinin bir dereceye kadar lipit ve biyokütle artışına sebep olduğu çalışmamızda belirlenmiştir. Araştırmaların sonuçları çalışmamızdan elde edilen bulguları desteklemektedir.

Bir günlük zaman dilimi içerisindeki gün uzunluğu, aydınlık süresi veya ışık süresi olarak tanımlanan fotoperiyot, dünyanın kendi eksenini ve güneşin etrafında dönmesi sonucu oluşan doğal bir olaydır. Canlı organizmalarda biyolojik ritimlerin çoğu aydınlık ve karanlık dönemlere doğrudan ve dolaylı olarak bağlılık gösterir. Fotosentez süresi de aydınlanma periyoduna bağlı olarak değişir. Fotoperiyot alglerde büyüme ve gelişimi etkileyen en önemli olaylardan birisidir. Özellikle biyoteknolojik çalışmalarda biyoreaktörlerin tasarımında aydınlanma süresinin çok önemli olduğu bilinen bir gerçektir.

Bandarra ve arkadaşları (2003), yapmış oldukları çalışmada, *Isochrysis galbana*'yı iki farklı aydınlatma periyodunda (24 saat devamlı ışık, 16: 8 aydınlık- karanlık) kültüre almışlar ve en yüksek lipit miktarının 16 saatlik aydınlatma yapılan kültürde meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, aydınlanma periyodunun hücre çoğalmasında da olumlu yönde

etkilediği sonucuna varmışlardır. Peitryczuk ve arkadaşları (2008), *Chlorella vulgaris*'in büyüme ve metabolik içeriği üzerindeki değişikliklerini araştırdıkları çalışmalarında, 16 saat aydınlık 8 saat karanlık periyoda maruz bırakılan kültürleri 7 gün boyunca takip etmişler ve kültürlerde, hücre yoğunluğu ve klorofil miktarında artış olduğunu belirtmişlerdir. Oh ve arkadaşları (2009), *Pyrenodoissa cruentum*'u farklı büyüme koşullarında kültüre almışlardır, maksimum lipit değerinin 12 saat aydınlık 12 saat karanlık periyot uygulanan kültürlerde 19.3 olarak bulmuşlardır. Yapılan çalışma sonucunda aydınlanma süresi uzadıkça hücre yoğunluklarının arttığını belirtmişlerdir. 18 saatlik aydınlanma süresi ile 12 saatlik aydınlanma süresi karşılaştırıldığında, hücre konsantrasyonları arasında çok fazla bir fark olmadığını ve her iki aydınlanma süresinde de maksimum hücre yoğunluğuna ulaşıldığını tespit etmişlerdir. Cha ve arkadaşları (2011), *Chlorella* türleri ile yapmış oldukları çalışmada, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık ve 24 saat aydınlık periyoda maruz bırakılan kültürlerde maksimum lipit miktarını, her iki aydınlanma periyodunda ve aynı zamanda düşük nitrat uygulaması yaptıkları kültürlerde elde etmişlerdir. Muhtaba ve arkadaşları (2012), *Chlorella vulgaris*'in azot eksikliği uygulamasıyla birlikte sürekli aydınlığa maruz bıraktıkları kültürlerde, lipit miktarında artış gözlemlediklerini belirtmişlerdir.

Aydınlanma süresinin fotosentez ve buna bağlı olarak hücre çoğalması gibi metabolik olayları da artırdığı yapılan çalışmaların sonucunda tespit edilmiştir. Çalışmamızda, *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un gelişimi, pigment, protein, lipit ve kuru madde miktarı üzerinde aydınlanma süresinin etkisi incelenmiştir. İki farklı fotoperiyot uygulamasının yapıldığı kültürlerde maksimum hücre çoğalmasının 18 saat aydınlık, 6 saat karanlıkta bırakılan kültürlerde gerçekleştiği ancak 20 saat aydınlık, 4 saat karanlıkta gelişmeye bırakılan kültürlerdeki hücre sayısı, kuru madde miktarı ve total klorofil miktarında da benzer olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar yapılan çalışmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Azot bitki kuru ağırlığının yaklaşık %1.5-2'sini oluşturur. Bitki bünyesindeki karbonlu bileşiklerle bir araya gelerek çeşitli organik molekülleri yapar, solunum enzimlerinde ko-enzim olarak vazife gören bazı vitaminlerin ayrıca nükleik asitlerin bileşimine girer. Fakat hepsinden daha önemli proteinlerin yapısına girer. Azot, protein ve yağ asitleri sentezi, algal hücrelerin protein fonksiyonları ve yapılaşmasında önemlidir. Azot kaynağı ve konsantrasyonları, alg kültürlerinde büyümeyi ve biyokimyasal kompozisyonu etkilemektedir. Özellikle yağ asidi değerlerinde ve karotenoid miktarlarında değişikliklere neden olmaktadır.

Azot, karbonhidratlar ve yağlar üzerinde de etkilidir. Ayrıca azot hücre sel yağ asitleri ve hücre sel büyü me ile ilişki li olduğ undan yağ asitleri bakım ından zenginle ştirmede azot sınırlaması etkilidir. Mikroalg költürlerinde azot sınırlaması biyokötle ve klorofil miktar ında azalmaya neden olurken, mikroalglerin biyokimyasal yapı sındaki yağlar gibi organik karbon bileşiklerinde artışa neden olmaktadır. Azot sınırlamasında mikroalglerde klorofil oranı azalırken, karotenoidlerde artış olduğ u belirtilmektedir (Shifrin ve Chisholm, 1981; Sukenik ve ark., 1989).

Piorreck ve Pohl (1984), *Porphyridium cruentum* ile yapmış oldukları çalışmada, azot eksikliğ inin lipit miktar ının 2 kat artmasına neden olduğ unu tespit etmişlerdir. Utting (1985), *I. galbana*'nın költür ortam ındaki azot miktar ının yükseltilmesi ile lipit oran ının %22'den % 16.9'a düş tüğ ünü belirtmiştir. Reitan ve arkadaşları (1994), çeşitli mikroalg türlerini azot sınırlaması yapılan költürde yetiştirmişler ve azot eksikliğ inin bu türlerde lipit miktar ında artışa neden olduğ unu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, Illman ve arkadaşları (2000), azot stresinin maruz bırak ılan *Chlorella vulgaris*, *Chlorella minutissima*, *Chlorella emersonii*, *Chlorella sorokiniana* ve *Chlorella protothecoides*'in lipit metabolizması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Düşük azot ortam ında gelişimi sağ lanan *Chlorella emersonii*'nin lipit miktar ının % 29'dan % 63'e yükseldiğ ini belirtmişlerdir. *Chlorella protothecoides*'de ise lipit miktar ının % 11'den % 23'e yükseldiğ ini tespit etmişlerdir. Araştırm anın sonunda azot eksikliğ inin *Chlorella vulgaris*'in lipit içeriğ i üzerinde önemli değ işiğ iye yol açtığ ını belirterek, lipit miktar ının % 18'den % 40'a yükseldiğ ini, protein miktar ının ise % 29'dan % 7'ye düş tüğ ünü tespit etmişlerdir. En yüksek lipit içeriğ inin ise, *Chlorella emersonii*'de (%63) olduğ unu ifade etmişlerdir. Xu ve arkadaşlar (2001), azot kaynağ ı olarak sodyum nitrat, amonyum klorit ve üre ile gelişimini sağ ladıkları *Ellipsoidion* sp'nin lipit içeriğ inde meydana gelen değ işiğ likleri incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, nitrat eksikliğ i koşullar ında geliştirilen *Ellipsoidion* sp'nin lipit içeriğ i % 32.8 olarak tespit edilmiştir. amonyum klorit eksikliğ inde geliştirilen *Ellipsoidion* sp'nin lipit içeriğ i ise, % 33.5 olarak bulunurken üre eksikliğ inde geliştirilen *Ellipsoidion* sp'nin lipit içeriğ inin % 33.5 olduğ unu belirtmişlerdir. Converti ve arkadaşları (2009), biyodizel üretimi için farklı azot konsantrasyonlarının *Nannochloropsis oculata* ve *Chlorella vulgaris* üzerindeki etkilerini araştırm ışlardır. % 75 azot eksikliğ inde yetiştirilen *Nannochloropsis oculata*'da lipit içeriğ inin % 7.9'dan 15.31'e yükseldiğ ini, *Chlorella vulgaris*'de ise bu oran ın % 5.9'dan % 16.41'e yükseldiğ i rapor edilmiştir. Azot eksikliğ inin *Nannochloropsis oculata* ve *Chlorella vulgaris*'de lipit artış ını

olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Gouveia ve Oliveira (2009), *Chlorella vulgaris*, *Spirulina maxima*, *Nannochloropsis* sp., *Neochloris oleabundans*, *Scenedesmus obliquus* ve *Dunaliella tertiolecta* ile yapmış oldukları çalışmada, bu türlerin biyoyakıt üretimi için lipit kaynağı açısından kalitelerini araştırmışlardır. Bu alg türlerinden özellikle, *Neochloris oleabundans* ve *Nannochloropsis* sp.'i yüksek yağ içerikleri (sırasıyla % 29 ve % 28,7) nedeniyle biyoyakıt üretimi için önermişlerdir. Bu iki mikroalg türünün, azot eksikliği koşullarında yağ içeriklerinin yaklaşık olarak % 50'ye ulaştığını belirtmişlerdir. Rodolfi ve arkadaşları (2009), içerisinde hem deniz hem de tatlı su alglerini içeren 30 tür ile azot eksikliği uygulaması içeren farklı besiyerlerinde gelişimlerini sağlamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, *Chlorella vulgaris*'in maksimum lipit miktarı % 19.6, *Scenedesmus* sp.'nin maksimum lipit miktarı % 21.1 iken; deniz alglerinden olan *Chaetoceros calcitrans*'ın maksimum lipit miktarının yaklaşık olarak % 39 olduğunu tespit etmişlerdir. Mutlu ve arkadaşları (2011), *Chlorella vulgaris*'in lipit içeriği üzerinde azotun etkisini inceledikleri çalışmada, sıvı besi ortamına azot ilavesi, %50 ve %100 azot eksiltmesi yaparak protein ile lipit üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sıvı besi ortamında azot eksikliğinin protein miktarını azalttığı, lipit miktarını ise artırdığı belirlenmiştir. Kontrol grubunda protein miktarının %50.9, lipit miktarının ise %12.29 olduğu, %50 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde protein miktarının %20.3 ve lipit miktarının ise %17.5 olduğu görülmüştür. % 100 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde ise protein miktarının % 13.1, lipit miktarının ise %35.6'ya ulaştığını tespit etmişlerdir. Azot miktarındaki artışın lipit üretimini teşvik ederken protein miktarında azalmaya sebep olduğunu belirtmişlerdir. Cha ve arkadaşları (2011), farklı azot konsantrasyonlarının *Chlorella vulgaris* ve *Chlorella sorokiniana*'nın yağ içeriğinde meydana getirebileceği değişiklikleri araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, azot eksikliğinde *Chlorella vulgaris*'in yağ içeriği kuru ağırlığın yaklaşık % 10-11'i iken, *Chlorella sorokiniana*'da bu oranın yaklaşık olarak % 15-17 olduğunu tespit etmişlerdir. Azot eksikliğinin bu iki türün lipit miktarını artırdığı sonucuna varmışlardır. Tan ve Lin (2011), *Scenedesmus rubescens* ile yapmış oldukları çalışmada düşük fosfat ve nitrojen uygulamasına maruz bırakılan kültürlerdeki yağ asidi içeriklerini 15 gün boyunca incelemişlerdir. Düşük nitrojen – fosfat konsantrasyonunda yetiştirilen *Scenedesmus rubescens* kültürlerinde lipit oranının yaklaşık olarak %40'a kadar yükseldiğini tespit etmişlerdir. Hamedi ve arkadaşları (2012), farklı azot konsantrasyonlarına sahip besi ortamına gelişmeye maruz bıraktıkları *Chlorella vulgaris*'de düşük azot konsantrasyonunda daha yüksek biyokütle ve lipit artışı bulduklarını belirtmişlerdir.

Farklı azot eksiltmesi uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde, maksimum lipit içeriklerinin sırası ile 19.7, 26.8, 28.1 ve 34.9 olduğu tespit edilmiştir. Feng ve arkadaşları (2012), farklı azot ve fosfat konsantrasyonlarında gelişimini sağladıkları *Chlorella zofingiensis*'in biyokütle ve lipit içeriklerinde meydana gelen değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, maksimum lipit oranı azot eksikliği ile birlikte fosfat koşullarında geliştirilen *Chlorella zofingiensis*'de % 65.1 olarak elde edildiği bildirilmiştir. Muhtaba ve arkadaşları (2012), *Chlorella vulgaris* ile yapmış oldukları çalışmalarında, kültürleri iki aşamalı olarak geliştirmişlerdir. İlk aşamada, azot eksikliği koşullarında geliştirilen *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarının %24.6 olduğunu tespit etmişlerdir. Besin koşulları ve CO₂ miktarında değişikliğin yapıldığı ikinci aşamada ise, *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarı %43 olarak bulunmuştur. Uslu ve arkadaşları (2012), farklı familyalara ait dört alg türünün geliştirildiği sıvı besi ortamında azot eksiltmesi yapılarak optik yoğunluk, biyokütle, klorofil a ve lipit değerlerini araştırmışlardır. Çalışmada optik yoğunluk ve biyokütle miktarlarına göre en yüksek değer kontrol grubunda elde edildiğini ve diğer iki grubun istatistiki olarak benzerlik gösterdiği belirtilmiştir. Klorofil a miktarının ise %100 azot eksiltmesi yapılan grupta en düşük, en yüksek klorofil a miktarının ise kontrol grubunda görüldüğünü tespit etmişlerdir. Lipit değerlerinin ise gruplar arasında istatistiki olarak farklı bulunduğunu ifade edilerek, en yüksek lipit miktarının %50 azot eksiltmesi yapılan grupta olduğunu tespit etmişlerdir. Wu ve Miao (2014), farklı nitrat konsantrasyonlarında geliştirilen *Chlorella pyrenoidosa* ve *Scenedesmus obliquus* kültürlerinde, biyodizel kalitesi ile ilişkili biyokimyasal bileşenleri incelemişlerdir. Nitrat eksikliği uygulanan kültürlerde en yüksek lipit içeriğinin, *Chlorella pyrenoidosa* için %54.5 ve *Scenedesmus obliquus* için %47,7 olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada, nitrat yokluğunda protein içeriğinde türlere bağlı olarak oldukça önemli bir azalma olduğunu gözlemişler, maksimum protein miktarının *Chlorella pyrenoidosa* için % 11.2, *Scenedesmus obliquus* için % 8,8 olduğunu tespit etmişlerdir. *Chlorella pyrenoidosa* ve *Scenedesmus obliquus*'da nitrat eksikliği uygulamasının lipit miktarlarında artışa neden olurken protein miktarında azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmalar ile *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus* üzerinde azot stresinin etkilerini incelediğimiz çalışmamızın sonuçları benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda, % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in lipit miktarı inokülasyonun yapıldığı gün % 7.6 iken, 10. gün 12.6'ya yükselmiştir. İlk güne oranla

lipit miktarının % 65.7'lik bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde ise, lipit miktarının inokülasyonun yapıldığı gün % 7.6 iken, 10. gün % 13.6'ya yükseldiği gözlenmiş ve lipit miktarı ilk güne oranla % 78.9'luk bir artış göstermiştir. % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in protein miktarı maksimum 56.747 µg/mL iken, son gün bu miktar 53.194 µg/mL'ye düşmüştür. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan kültürlerde ise, protein miktarı maksimum 54.348 µg/mL iken son gün bu miktar 52.950 µg/mL olduğu tespit edilmiştir. % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un lipit miktarı inokülasyonun yapıldığı gün % 7.7 iken, son gün % 12.5'e yükselmiştir. % 25 azot eksiltmesi uygulanan kültürlerde % 62.3'lük bir artış gözlenmiştir. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise, lipit miktarı inokülasyonun yapıldığı gün % 7.7 iken, son gün % 11.9 olarak bulunmuştur. Lipit miktarı ilk güne oranla % 54.5'lik bir artış göstermiştir. % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un protein miktarı maksimum 52.600 µg/mL iken, 10. gün bu değer 45.600 µg/mL'ye düşmüştür. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan kültürlerde ise, protein miktarı maksimum 61.300 µg/mL iken son gün bu değer 54.902 µg/mL'ye düştüğü gözlenmiştir.

Azot stresinde yetiştirilen mikroalglerde lipit miktarında artış olurken protein miktarında bir azalmanın olduğu konu ile ilgili yapılan çalışmaların ortak sonucu olarak görülmektedir. Yapılan çalışmalar ile çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar açık bir şekilde benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda azot eksiltmesi yapılan sıvı kültürlerde geliştirilen *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'da en yüksek hücre gelişiminin % 50 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde olduğu görülmüştür. Total klorofil miktarı ise 20 saat aydınlık 4 saat karanlık fotoperiyot 23°C sıcaklık ve azot eksiltmesi yapılmayan kültürlerde en yüksek değerlerde bulunmuştur. % 50 azot eksiltmesi yapılan kültürlerde ise lipit miktarının maksimum düzeyde olduğu belirlenmiştir. % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısı, inokülasyonun yapıldığı gün 337.301 hücre/mL iken, son gün 1.677.301 hücre/mL olarak bulunmuştur. % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısında, % 397.2'lik bir artış gözlenmiştir. Kontrol grubu *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısı ilk gün 337.301 hücre/mL iken, son gün 1.507.301 hücre/mL olarak gözlenmiştir. Kontrol grubu *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısı % 355,7'lik bir artış gözlenmiştir. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in

hücre sayısı, inokülasyonun yapıldığı gün 337.301 hücre/mL iken, son gün 1.797.301 hücre/mL olarak bulunmuştur. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in hücre sayısında, % 432.8'lik bir artış gözlenmiştir.

Scenedesmus acutus'un hücre sayısı, % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan kültürlerde inokülasyonun yapıldığı gün 1.144.951 hücre/mL iken, son gün 4.984.951 hücre/mL olarak bulunmuştur. % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısında, % 335.3'lik bir artış gözlenmiştir. Kontrol grubunda *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısı ilk gün 1.144.951 hücre/mL iken, son gün 4.876.951 hücre/mL olarak gözlenmiştir. Kontrol grubunda *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısında % 325,9'lik bir artış gözlenmiştir. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısı, inokülasyonun yapıldığı gün 1.144.951 hücre/mL iken, son gün 5.594.951 hücre/mL olarak tespit edilmiştir. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un hücre sayısında, % 388.6'lık bir artış gözlenmiştir.

Chlorella vulgaris'in kuru madde miktarı % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan kültürlerde 0.393 mg/ml iken, son gün bu değer 2.567 mg/ml olarak bulunmuştur. Kuru madde miktarının ilk güne göre % 553.1 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Kontrol grubu *Chlorella vulgaris*'in kuru madde miktarı ilk gün 0.393 mg/ml iken, son gün bu değer 2.638 mg/ml'ye yükseldiği gözlenmiştir. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in kuru madde miktarı ilk gün 0.393 mg/ml iken, son gün bu değer 3.025 mg/ml olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, azot eksikliği uygulamasının kuru madde miktarı üzerinde olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Scenedesmus acutus'un kuru madde miktarı % 25 azot eksikliği uygulaması yapılan kültürlerde 0.398 mg/ml iken, son gün bu değer 3.387 mg/ml olarak bulunmuştur. Kontrol grubu *Scenedesmus acutus*'un kuru madde miktarı ilk gün 0.398 mg/ml iken, son gün bu değer 2.675 mg/ml'ye yükseldiği gözlenmiştir. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un kuru madde miktarı ilk gün 0.398 mg/ml iken, son gün bu değer 3.576 mg/ml olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, % 50 azot eksikliği uygulaması yapılan kültürlerde geliştirilen *Scenedesmus acutus*'un kuru madde miktarının daha yüksek olduğu ve azot eksikliği stresinin *Scenedesmus acutus*'un kuru madde miktarını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Chlorella vulgaris'in total klorofil miktarı, % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan kültürlerde, inokülasyonun yapıldığı gün 1.237 mg/ml olarak bulunmuştur. Total

klorofil miktarında maksimum seviyeye beşinci gün ulaşılmış ve 1, 812 mg/ml olduğu tespit edilmiştir. son gün ise, total klorofil miktarı 1.195 mg/ml'ye düştüğü gözlenmiştir. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in total klorofil miktarı ilk gün 1.237 mg/ml olarak bulunmuştur. Maksimum seviyeye dördüncü gün (1.628 mg/ml) ulaşılmıştır. Sonuncu gün total klorofil miktarının 1.104 mg/ml'ye düştüğü gözlenmiştir.

Scenedesmus acutus'un total klorofil miktarı, % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan kültürlerde inokülasyonun yapıldığı gün 3.120 mg/ml olarak bulunmuştur. Maksimum seviyeye 7. Gün ulaşılmış (4.232 mg/ml), son gün ise bu değerin 3.715 mg/ml olduğu tespit edilmiştir. % 50 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un total klorofil miktarı ise, ilk gün 3.120 mg/ml olarak bulunmuştur. Maksimum seviye 4.129 mg/ml (yedinci gün) olarak bulunmuş, son gün ise bu değerin 3.718 olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre, azot eksikliği uygulaması total klorofil miktarını belirli bir güne kadar artırmakta fakat daha sonra bir düşüşe neden olduğu gözlenmiştir.

Chlorella vulgaris'in lipit miktarı, % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan kültürlerde inokülasyonun yapıldığı gün % 7.6 iken, 10. gün 12.6'ya yükselmiştir. İlk güne oranla lipit miktarının % 65.7'lik bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ise, maksimum lipit miktarı % 10.5 olarak, 10 gün bulunmuştur. İnokülasyonun yapıldığı güne oranla lipit miktarı kontrol grubu kültürlerinde % 38.1'lik bir artış gözlenmiştir. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan *Chlorella vulgaris* kültürlerinde ise, lipit miktarı inokülasyonun yapıldığı gün % 7.6 iken, 10. gün % 13.6'ya yükseldiği gözlenmiştir. Lipit miktarı ilk güne oranla % 78.9'luk bir artış göstermiştir. . % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Chlorella vulgaris*'in protein miktarı maksimum 56.747 µg/mL iken, son gün bu miktar 53.194 µg/mL'ye düşmüştür. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan kültürlerde ise, protein miktarı maksimum 54.348 µg/mL iken son gün bu miktar 52.950 µg/mL olduğu tespit edilmiştir.

Scenedesmus acutus'un lipit miktarı, % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan kültürlerde inokülasyonun yapıldığı gün % 7.7 iken, son gün % 12.5'e yükselmiştir. % 25 azot eksiltmesi uygulanan kültürlerde % 62.3'lük bir artış gözlenmiştir. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan *Scenedesmus acutus* kültürlerinde ise, lipit miktarı inokülasyonun yapıldığı gün % 7.7 iken, son gün % 11.9 olarak bulunmuştur. Lipit miktarı ilk

güne oranla % 54.5'lik bir artış göstermiştir. % 25 azot eksikliği uygulamasına maruz bırakılan *Scenedesmus acutus*'un protein miktarı maksimum 52.600 µg/mL iken, 10. gün bu değer 45.600 µg/mL'ye düşmüştür. % 50 azot eksiltmesine maruz bırakılan kültürlerde ise, protein miktarı maksimum 61.300 µg/mL iken son gün bu değer 54.902 µg/mL'ye düştüğü gözlenmiştir.

Mikroalgler besin eksikliği, yüksek ışık yoğunluğu veya yüksek tuz konsantrasyonu gibi olağanüstü koşullarda hayatta kalma stratejisi olarak morfolojik ve biyokimyasal değişikliklere uğrarlar. Mikroalglerde yüksek büyüme oranı ile önemli biyokütle artışı sağlanırken genellikle stres koşulları altında yetiştirilenler yüksek oranda lipit biriktirirler. *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'a uygulanan stres faktörlerinin hücre çoğalması, kuru madde miktarı, total klorofil, protein ve lipit miktarında meydana getirdiği değişikliklerden elde ettiğimiz bulgular konu ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen bulgularla büyük ölçüde paralellik göstermiştir. Özellikle azot stresine maruz bırakılan kültürlerde lipit miktarındaki artış oldukça dikkat çekici olmuştur. Yetiştirme ortamında metabolik olayları karşılayacak düzeyde azotun bulunması halinde organizma canlılık faaliyetlerini sürdürürken protein miktarında bir azalmanın olduğu buna karşılık lipit miktarında artışın olduğu görülmüştür.

Azot eksikliği, protein sentezi ve hücre bölünmesini azaltırken lipit sentezinin artması ile sonuçlanmaktadır. Azotun ortamda tükenmesi, protein sentezinden lipit sentezine olan karbon akışını değiştirerek mikroalglerde lipit artışına neden olmaktadır. Çalışmamızda özellikle %50 oranında azot eksiltmesinin *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'da önemli miktarda lipit artışına sebep olduğu tespit edilmiştir.

5. ÖNERİLER

Günümüzde yaşanmakta olan enerji, protein açığı ve çevre kirliliği gibi problemlerin üstesinden gelebilmek için mikroalgler ilgi çekici organizmalar arasında ilk sırada yer almaktadır. Algler, ihtiva ettikleri değerli metabolitleri sayesinde; gıda, koruyucu, hayvan yemi, gübre, doğal gıda boyası, kozmetik sanayi gibi farklı alanlarda kullanılabildikleri gibi, metal bağlama yetenekleri sayesinde atık su arıtımında da kullanılmaktadır.

Fosil yakıtların sebep olduğu çevresel sorunlar nedeniyle günümüzde daha çevreci ve yenilenebilir enerji kaynakları aranmaktadır. Günümüzde yapılan çalışmalar, geleneksel fosil yakıtların yerine yüksek enerji çıkışları sağlayabilen, uygun biyokütle oluşturabilen türlerin tespitine yönelmiştir. Bu amaçla mikroalgler, biyoyakıt ve biyoteknolojik çalışmalarda ilgi çekmektedirler. Mikroalglerin basit besin ihtiyaçları, güneş ışığı ile hemen her yerde yetiştirilebilmeleri, yüksek fotosentez yetenekleri ve üreme dönemlerinin çok kısa olması onların biyodizel üretimi için umut vadeden bir hammadde olabileceğini düşündürmektedir. Mikroalgler büyüme oranı ve yağ içeriği bakımından diğer bitkisel ürünlerden çok daha yüksek yağ içeriğine sahiptirler. Mikroalglerin fotosentez verimi karasal bitkilerle kıyaslandığında oldukça yüksektir ve yağ içeriği bakımından oldukça zengin organizmalardır.

Büyüme hızı, yağ, protein ve pigment içeriği bakımından zengin mikroalg türlerinin tespit edilmesi ve mikroalglerdeki bu değerli metabolitlerin miktarının artırılabilmesi için yetiştirme koşullarının belirlenebilmesine yönelik çalışmalar gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Mikroalg türlerinin ekolojik faktörlere gösterdikleri tepkiler birbirlerinden farklılık göstermektedir. Biyoteknolojik çalışmalarda kullanılmak üzere değerli metabolitleri yapılarında bulunduran mikroalglerin stres koşullarına verdikleri tepkileri belirlemek gelecekteki çalışmalara ışık tutacaktır.

Yapılan bu çalışma ile *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus acutus*'un yetiştirme ortamlarında yapılacak birtakım değişikliklerin bu mikroalglerde stres oluşturarak değerli metabolitlerin miktarını artırdığını göstermiştir. Gerek protein açığının önüne geçebilmek gerekse fosil kaynaklı yakıtların yerini alabilecek biyodizel kaynaklarının eldesinde mikroalglerden yararlanmak hususunda biyoteknolojik çalışmalara ışık tutabilecek verilere ulaşılabilmesi için bu çalışmadan elde edilen sonuçların ileriki çalışmalara kaynak olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abou-Shanab, R. A. I., Matter, I. A., Kim, S. N., Oh, Y. K., Choi, J., Jeon, B. H., 2011.** Characterization and Identification of Lipid-Producing Microalgae Species Isolated From a Freshwater Lake. *Biomass and Bioenergy* 35:3079-3085.
- Bandarra, N. M., Pereira, P. A., Batista, I., Vilela, H., 2003.** Fatty acids, sterols and α -tocopherol in *Isochrysis galbana*. *Journal of Food Lipids*. 10 (1), 25-34.
- Bligh, E.G., ve Dyer, W.J., 1959.** A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can.J.Biochem.Physiol.* 37: 911-917.
- Brennan, L. ve Owende, P., 2010.** Biofuels from microalgae- a review of Technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and sustainable energy reviews*. 14(2):557-577.
- Cha, T. S., Chen, J. W., Goh, E. G., Aziz, A., Loh, S. H., 2011.** Differential Regulation of Fatty Acid Biosynthesis in Two *Chlorella* Species in Response to Nitrate Treatments and The Potential of Binary Blending Microalgae Oils for Biodiesel Application. *Biosource Technology*. 102: 10633-10640.
- Chisti, Y., 2007.** Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25: 294–306.
- Chiu, S.Y., Kao, C.Y., Chen, C.H., Kuan, T.C., Ong, S.C., Lin, C.S., 2008.** Reduction of CO₂ by a high-density culture of *Chlorella* sp. in a semicontinuous photobioreactor. *Bioresour. Technol.* 99, 3389–3396.
- Converti, A., Casazza, A. A., Ortiz, E.Y., Perego, P., Borghi, M.D., 2009.** Effect of Temperature and Nitrogen Concentration on the Growth and Lipid Content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for Biodiesel Production. *Chemical Engineering Process* 48: 1146–1151.
- Costa, J.A.V., de Moraes, M.,G., 2011.** The Role of Biochemical Engineering in The Production of Biofuels From Microalgae. *Bioresource Technology*. 102: 2-9.
- Demirbaş, A., 2010.** Use of Algae as Biofuel Source. *Energy Conversion and Management*. 51: 2738-2749.
- Feng, P., Deng, Z., Fan, L., Hu, Z., 2012.** Lipid accumulation and growth characteristics of *Chlorella zofingiensis* under different nitrate and phosphate concentrations. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Vol 114, No. 4, 405-410.

- Gim, G. H., Juang, K. K., Kim, H. S., Kathiravan, M. N., Yang, H., Jeong, S., Kim, S. W., 2014.** Comparison of Biomass Production and Total Lipid Content of Freshwater Green Microalgae Cultivated Under Various Culture Conditions. *Bioprocess Biosyst Eng* 37; 99-106.
- Gouveia, L., Oliveira, A. C., 2009.** Microalgae as a raw material for biofuels production. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 36(2), 269-274.
- Gökmen, S., 2007.** Genel Ekoloji. Nobel Yayın No: 1160. 475 s. Ankara.
- Gökpınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Ak, B., Önal, S., K., Akadoğan, P., 2013.** Algal biyoteknoloji çalışmaları. Yunus Araştırma Bülteni. 4:21-26.
- Guo, F.J., Wang, H., Wang, J.F., Zhou, W.J., Gao, L.L., Chen, L., Dong, Q.Z., Zhang, W., Liu, T.Z., 2014.** Special biochemical responses to nitrogen deprivation of filamentous oleaginous microalgae *Tribonema* sp. *Bioresour. Technol.* 158, 19– 24.
- Hamed, S., Mahdavi, M. A., Gheshlaghi, R., 2012.** Lipid Content and Biomass Production of *Chlorella vulgaris* is Affected by Growth Conditions. Second Iranian Conference on Renewable Energy and Distributed Generation.
- Halim, R., Gladman, B., Danquah, M. K., Webley, P. A., 2011.** Oil Extraction from Microalgae for Biodiesel Production. *Bioresour. Technol.* 102: 178–185.
- Hossain, S., Salleh, A., Boyce, A. N., Chowdhury, P., Naqiuddin, M. 2008.** Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 4 (3): 250-254.
- Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghrardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., and Darzins, A., 2008.** Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production. Perspectives and advances, *Plant J.*, 54, 621-663.
- Huang, G., Chen, F., Wei, D., Zhang, X., Chen, G. 2010.** Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy* 87: 38–46.
- Illman, A.M., Scragg, A.H., Shales, S.W., 2000.** Increase in *Chlorella* Strains Calorific Values When Grown in Low Nitrogen Medium. *Enzyme and Microbial Technology.* 27: 631-635.
- John, D. M., Whitton, B. A., Brook, A. J., 2005.** The Freshwater Algal Flora of The British Isles, Cambridge University Press. 702 p.

- Konuralp, A. E., Kılıçkan, A., Avcıoğlu, A. O., 2009.** Mikroalglerden Biyodizel Üretimi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 1-3 Ekim. pp. 101-107, Isparta-TÜRKİYE.
- Ladanai, S. and Vinterback, J., 2010.** Certification Criteria for Sustainable Biomass for Energy. SLU, Institutionan för Energy och teknik. Report 026 ISSN 1654-9406.
- Lee, Y. K., 2001.** Microalgal mass culture systems and methods: their limitation and potential. *Journal of Applied Phycology*. 13(4):307-315.
- Lee, J.Y., Yoo, C., Jun, S.Y., Ahn, C.Y., Oh, H.M., 2010.** Comparison of Several Methods for Effective Lipid Extraction From Microalgae. *Bioresource Technology*. 101: 575-577.
- Li, Y., Horsman, M., Wang, B., Wu, N., Lan, C. Q., 2008.** Effects of nitrogen Source on Cell Growth and Lipid Accumulation of Green Alga *Neochloris oleoabundans*. *Appl Microbiol Biotechnol*. 81: 629-636.
- Liu, J., Huang, J., Sun, Z., Zhong, Y., Jiang, Y., Chen, F., 2011.** Differential Lipid and Fatty Acids Profiles of Photoautotrophic and Heterotrophic *Chlorella zofingiensis*: Assessment of Algal Oils for Biodiesel Production. *Biosource Technology*. 102: 106-110.
- Los, D. A., Murata, N., 2004.** Membrane fluidity and its roles in the perception of environmental signals. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*. Volume 1666, Issues 1–2, Pages 142–157.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. J., 1951.** Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193, 265-275.
- Mata, T. M., Martins, A. A., Caetano, N. S., 2010.** Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14: 217-232.
- Matsunaga, T., Matsumoto, M., Macda, Y., Sugiyama, H., Sato, R., Tanaka, T., 2009.** Characterization of marine microalgae, *Scenedesmus* sp. strain JPCCGA0024 toward biofuel production. *Biotechnol Lett*. 31(9), 1367-1372.
- Meng, X., Yang, J., Xu, X., Zhang, L., Nie, Q., Xian, M., 2009.** Biodiesel production from oleaginous microorganisms. *Renewable Energy*. Volume 34, Issue 1, Pages 1–5.

- Moustafa, Y. T. A., Bougaran, G., Callier, M., Blancheton, J. P., 2014.** Bio-physiological response of biofilter algal candidate *Ulva* sp. to different nitrogen forms and fluxes. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*. 6 (7), 71-79.
- Mujtaba, G., Choi, W., Lee, C. G., Lee, K., 2012.** Lipid Production by *Chlorella vulgaris* After a Shift From Nutrient-rich to Nitrogen Starvation Conditions. *Bioresource Technology*. 123: 279-283.
- Mutlu, Y. S., Işık, O., Uslu, L., Koç, K., Durmaz, Y., 2011.** The Effects of Nitrogen and Phosphorus Deficiencies and Nitrite Addition on the Lipid Content of *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae). *African Journal of Biotechnology*. Vol, 10 (83), pp 453-456.
- Nascimento, I. A., Marques, S. S. I., Cabanelas, I. T. D., Pereira, S. A., Duruzian, J. I., de Souza, C. O., Vich, D. V., de Carvalho, G. C., Nascimento, M. A., 2013.** Screening Microalgae Strains For Biodiesel Production: Lipid Productivity and Estimation of Fuel Quality Based on Fatty Acids Profiles as Selective Criteria. *Bioenergy Res*. 6:1-13.
- Oh, H. S., Han, J. G., Kim, Y., Ha, J. H., Kim, S. S., Jeong, H. S., Kim, N. Y., Cho, J. S., Yoon, W. B., Lee, S. Y., Kang, D. H., and Lee, H.Y., 2009.** Lipid production in *Porphyidium cruentum* grown under different culture conditions. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 108(5): 429-434.
- Phang, S.M., 1992.** Role of Algae In Livestock-Fish Integrated Farming System.(Editors, T.K. Mukherjee; P.S. Moi; J.M., Panandam And Y.S. Yang).Proceedings of The FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock- Fish Production System; 16-20 Dec., 1991, University of Malaya, Kuala Lumpur,Malaysia., Pp 49-56.
- Pietryczuk, A., Piotrowska, A., Czerpak, R., 2008.** The Influence of Traumatic acid on the Growth and Metabolite Content of the Green Alga *Chlorella vulgaris* Beijerinck. *Oceanological and Hydrobiological Studies. International Journal of Oceanography and Hydrobiology*. Vol, XXXVII, No.1, 3-15.
- Piorreck, M., Pohl, P., 1984.** Formation of biomass, total protein, chlorophylls, lipids and fatty acid in green and bluegreen algae during one growth phase. *Phytochemistry* 23: 217-223.
- Popovich, C. A ., Damiani, C., Constenla, D., Martínez, A. M., Freije, H., Giovanardi, M., Pancaldi, S., Leonardi, I. P., 2012.** Neochloris

- oleoabundans grown in enriched natural seawater for biodiesel feedstock: Evaluation of its growth and biochemical composition. *Bioresource Technology*. Volume 114, Pages 287–293.
- Reitan, K.J., Rainuzzo, J.R. ve Olsen, Y., 1994.** Effect of Nutrient Limitation on Fatty Acid and Lipid Content of Marine Microalgae. *J. Phycol.*, 30: 972-979.
- Rodolfi, L., Zittelli, G. C., Bassi, N., Padovani, G., Biondi, N., Bonini, G., Tredici, M. R., 2009.** Microalgae for Oil: Strain Selection, Induction of Lipid Synthesis and Outdoor Mass Cultivation in a Low-Cost Photobioreactor. *Biotechnology and Bioengineering*, January, Vol. 102, No. 1.
- Saha, S. K., Hugh, E. M., Hayes, J., Moane, S., Walsh, D., Murray, P., 2013.** Effect of Various Stress-Regulatory Factors on Biomass and Lipid Production in Microalga *Haematococcus pluvialis*. *Bioresource Technology* 128: 118–124.
- Sathish, A., and Sims, R. C., 2012.** Biodiesel from mixed culture algae via a wet lipid extraction procedure. *Bioresource Technology*. 118, 643-647.
- Say, A. N. , Keriş, Ü. D., Şen, Ü., Gürol M.D., 2010.** Mikroalglerden Biyokütle Enerjisi Üretimi Ve Türkiye. 8. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu. 1-5 Aralık, BURSA.
- Scarsella, M., 2010.** Study on the optimal growing conditions of *Chlorella vulgaris* in bubble column photobioreactors. *Chemical Engineering Transactions*. 17, 85-90.
- Scragg, A. H., Illman, A. M., Carden, A., and Shales, S. W., 2002.** Growth of microalgae with increased caloric values in a tubular bioreactor. *Biomass Bioenerg.*, 23, 67-73.
- Sharma, K.K., Schuhmann, H., Schenk, P.M., 2012.** High Lipid Induction in Microalgae for Production. *Energies*. 5:1532-1553.
- Shifrin, N.S. ve Chisholm, S.W., 1981.** Phytoplankton Lipids: Interspecific Differences and Effects of NO₃e, Silicate and Light–dark Cycles. *J. Phycol.*, 17: 374–384.
- Singh, A., Olsen, S. I., Nigam, P. S. 2011.** A viable technology to generate third-generation biofuel. *J. Chem Technol Biotechnol*. 86: 1349-1353.
- Singh, B., Guldhe, A., Rawat, I., Bux, F., 2014.** Towards a Sustainable Approach for Development of Biodiesel From Plant and Microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 29: 216-245.

- Strickland, J.D.H, Parsons, T.R. 1965.** A manual of sea water analysis. Institute of Marine Sciences – Catalogue. 203pp.
- Sukenik, A., Carmeli, Y., Berner, T., 1989.** Regulation of fatty acid composition by irradiance level in the Eustigmatophyte *Nannochloropsis* sp. J. Phycol. 25: 686-692.
- Şahin, Y., Akyurt, İ., 2010.** Planktonlar ve Fotobiyoreaktörler, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi / The Black Sea Journal of Sciences, Sonbahar / Fall 2010 Year: 1 Volume: 1 Number: 2 Sayfa/Page 83-92.
- Tan, Y., Lin, J., 2011.** Biomass production and fatty acid profile of a *Scenedesmus rubescens*-like microalga. Biosource Technology 102: 10231-10135.
- Tang, H., Chen, M., Garcia, M.E.D., Abunasser, N., Simon, Ng, K.Y., 2011.** Culture of microalgae *Chlorella minutissima* for Biodiesel Feedstock Production. Biotechnology and Bioengineering. October Vol. 108. No 10.
- Thompson, S. A., Rhodes, C. D., Pettman, I., 1998.** Culture Collection of Algae and Protozoa, Titus Wilson & Son Ltd, Kendal, 163.
- Uslu, L., Işık, O., Mutlu, Y., 2012.** Besleyici element kompozisyonundaki değişikliklerin mikroalglerde lipid içeriğine etkisi. Journal of Fisheries Sciences. 6(3): 176-187.
- Utting, S. D., 1985.** Influence of nitrogen availability on the biochemical composition of three unicellular marine algae of commercial importance, Aquacultural Engineering, 4(3): 175-190.
- URL1.**http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=H36ebee049555c7c&sk=0. (13.05.2015).
- URL2.**https://www.google.com.tr/search?q=chlorella+vulgaris&biw=1600&bih=767&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=3UBTVdXvIoHQsAG5r4CwBA&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#imgsrc=t-Nmfnf00aB2yM%2. (13.05.2015).
- URL3.**http://www.algaebase.org/search/genus/detail/?genus_id=hcdf9a29b734e5a6f&session=abv4:C1FF7DAA0c87320026lJA775965A. (13.05.2015).
- URL4.**https://www.google.com.tr/search?q=scenedesmus+acutus&biw=1600&bih=767&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=H0FTVc_lBcuigHEy4HoBA&sqi=2&ved=0CBoQsAQ#imgsrc=yKoHo2lTGbrEM%253A%3Bo0MOfWAlz08DVM%3Bhttp%253A%252F%252Fprotist.i.hosei.ac.jp%252FPDB%252FImages%252Fchlorophyta%252Fscenedesmus%252Facutus%252Fsp_01.jpg%3Bhttp

%253A%252F%252Fprotist.i.hosei.ac.jp%252FPDB%252FImages%252Fchlo
rophyta%252Fscenedesmus%252Facutus%252Fsp_01.html%3B294%3B240.
(13.05.2015).

- Vonshak, A., 1988.** Porphyridium. In: Borowitzka MA, Borowitzka LJ (eds) Micro-algal biotechnology. Cambridge University Press, Cambridge, 122–134.
- Wu, H., Miao X., 2014.** Biodiesel Quality and Biochemical Changes of Microalgae *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus* in Response to Nitrate Levels. Biosource Technology 170, 421-427.
- Xu, N., Zhang, X., Fan, X., Han, L., Zeng, C., 2001.** Effects of nitrogen source and concentration on growth rate and fatty acid composition of *Ellipsoidion* sp. (Eustigmatophyta). Journal of Applied Phycology, 13, 463-469.
- Yadavelli, R., Rao S, R., Rao, C. S., 2012.** Lipid Accumulation Studies in *Chlorella pyrenoidosa* Using Customized Photobioreactor-Effect of Nitrogen Source, Light Intensity and Mode of Operation. International Journal of Engineering Research and Applications. Vol. 2, Issue 3, pp. 2446-2453.
- Yoo, C., Jun, S.Y., Lee, J.Y., Ahn, C.Y., Oh, H. M., 2010.** Selection of Microalgae for Lipid Production Under High Levels Carbon Dioxide. Bioresource Technology. 101: 571-574.
- Zhekisheva, M., Boussiba, S., Khozin- Goldberg, I., Zarka, A., Cohen, Z., 2002.** Accumulation of oleic acid in *Heamatococcus pluvalis* (Chloreophyceae) under nitrogen starvation or high light is correlated with that of astaxanthin esters. J. Phycol. 38, 325-331.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Ankara’da doğdum. İlkokulu Orhan Gazi İlkokulu’nda, orta öğrenimimi Vali Kutlu Aktaş Ortaokulu’nda ve lise eğitimimi Balçova Süper Lisesi’nde tamamladım. 2010 yılında Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nden mezun oldum. 2012 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Genel Biyoloji anabilim dalında yüksek lisans eğitimimi bitirerek aynı sene yine Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Genel Biyoloji anabilim dalında doktora başladım.