

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra KENDİRLİ

***SPİRULİNA* KÜLTÜRLERİNDE BESİN ELEMENTLERİNİN FARKLI
ORANLARDA KULLANIMININ KURU MADDE, PROTEİN VE
KLOROFİL-*a* DÜZEYİNE ETKİSİ**

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***SPİRULİNA* KÜLTÜRLERİNDE BESİN ELEMENTLERİNİN FARKLI
ORANLARDA KULLANIMININ KURU MADDE, PROTEİN VE
KLOROFİL-*a* DÜZEYİNE ETKİSİ**

Kübra KENDİRLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu Tez .../.../.... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Oya IŞIK
Danışman

.....
Prof. Dr. Sevim POLAT
Üye

.....
Doç. Dr. Yeşim YALÇIN MENDİ
Üye

Bu Tez Enstitümüz Biyoteknoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2009YL7

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

***SPİRULİNA* KÜLTÜRLERİNDE BESİN ELEMENTLERİNİN FARKLI ORANLARDA KULLANIMININ KURU MADDE, PROTEİN VE KLOROFİL-*a* DÜZEYİNE ETKİSİ**

Kübra KENDİRLİ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Oya IŞIK
Yıl : 2010, Sayfa: 79
Jüri : Prof. Dr. Oya IŞIK
Prof. Dr. Sevim POLAT
Doç. Dr. Yeşim YALÇIN MENDİ

Spirulina kültürlerinde yüksek biyomas verimliliği ile birlikte besin kimyasını olumsuz etkilemeyecek biçimde besleyici elementlerin farklı kompozisyonlarını oluşturmak ve üretim maliyetinin düşürülmesini sağlamak amacıyla yürütülen bu çalışmada, *S. platensis* kültürlerinde karbonat %25, %50, %75, %100, karbonat ve mikroelementler, besi ortamını oluşturan kısım-I ve kısım-II ve ayrıca kısım-I, kısım-II ile birlikte mikroelementler %25, %50, %75 oranında eksik uygulanmıştır.

Kontrol grubuna en yakın kuru madde miktarı 2.36 g L⁻¹ ile karbonat ve mikroelementlerin %50 oranında eksik uygulandığı grupta saptanmış olup bu gruba ait protein içeriği, OD değeri ve klorofil-*a* miktarları sırası ile %54.9, 2.27 ve 15.21 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. Kontrol grubunda %59.3 protein içeriği belirlenirken %25 karbonat eksiltelen kültürlerde %58.2 protein oranı belirlenmiştir. Çalışmada, besi ortamına karbonatın %50 den daha az eklendiği gruplarda ürün verimliliği yetersiz bulunmuş bununla birlikte bu gruplarda protein düzeyleri yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Spirulina platensis*, Besleyici Elementler, Kuru Madde, Protein

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

THE EFFECT OF USING DIFFERENT NUTRIENT RATIOS ON DRY MATTER, PROTEIN AND CHLOROPHYLL *a* LEVELS IN THE *SPIRULINA* CULTURES

Kübra KENDİRLİ

DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisors : Prof.Dr. Oya IŞIK
Year : 2010, Page: 79
Jury : Prof.Dr. Oya IŞIK
Prof.Dr. Sevim POLAT
Assoc. Prof. Dr. Yeşim YALÇIN MENDİ

In the study carried out with the aim of obtaining high biomass productivity to not adversely affect food chemistry of *Spirulina* and to create different chemical composition of nutrients to reduce the production cost, carbonate 25, 50, 75, 100%, carbonate and microelements, part I and part II of growth media, part I, part II and microelements 25, 50, 75% were applied missing.

Control group closest to the dry matter content 2.36 g L⁻¹ with the carbonate and microelements 50% missing in the applied group was detected, and this group of proteins, OD values and chlorophyll *a* amount were determined 54.9%, 2.27 and 15.21 mg L⁻¹ respectively. While the protein content of 59.3% was determined in the control group, 58.2% the protein content was found in the 25% carbonate missing cultures. In the study, the crop productivity was found inadequate with the group of the carbonate was added 50% missing, however the protein levels were found higher in the same group.

Key Words: *Spirulina platensis*, nutrients, dry matter, protein

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda büyük emeği geçen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, anne şefkatinin hiç bitmediği, rahatlatan güler yüzü ve tatlı dili ile her zaman motive olduğum danışmanım Prof. Dr. Oya IŞIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her konuda yardımını gördüğüm ve manevi destek aldığım Ar. Gör. Leyla USLU ve Ar. Gör. Nurşen YILDIRIM'a teşekkürü bir borç bilirim.

Beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, çalışmamın en zor kısmından en kolay kısmına kadar uykusundan, dinlenmesinden fedakârlık edip bıkmadan usanmadan bana yardım eden ve her konuda desteğini gördüğüm çok değerli dostum yüksek lisans öğrencisi Biyolog Dicle DÖNMEZ'e sonsuz teşekkür ederim.

Laboratuar ortamında bir ekip olmanın ruhunu hissettiren, çalışmamın her kısmında destek ve yardımlarını gördüğüm, güler yüzlü sevgili ekip arkadaşlarım Yüksek Su Ürünleri Mühendisi Yasemin MUTLU'ya, Su Ürünleri Mühendisleri Fatma ÇÖLKESEN, Burcu AK ve Cansev AZGIN'a çok teşekkür ederim.

Burada olmamı anlamlı kılan, maddi-manevi her konuda desteklerini gördüğüm ve ikinci ailem olarak nitelendirdiğim çok değerli dostlarım Doktora öğrencileri Ali COŞKUN, Özhan ŞİMŞEK ve yüksek lisans öğrencileri Tolga İZGÜ, Melda BONCUK, Fatma ASLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Anne olmanın fedakârlık olduğunu gösteren, bu dünyada kahrımı en çok çeken, çok değerli annem Ayser KENDİRLİ'ye, attığım her adımda yanımda olan, bana doğruluğu ve dürüstlüğü öğreten, maddi ve manevi her türlü imkânını ortaya koyan, varlığıyla her zaman gurur duyduğum, kelimelerimin kifayetsiz kaldığı, çok değerli babam Bekir KENDİRLİ'ye, tez çalışmamda yaptığı çevirilerle beni ödüllendiren, maddi-manevi her konuda kahrımı en çok çeken ikinci insan olan ağabeyim Elektrik Müh. Talip Selman KENDİRLİ'ye ve bana her türlü olanağı sağlayan kuzenim Dr. Mustafa PÜTÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak kendimi yalnız hissetmeme fırsat vermeyen, benim için sevgi ve vefanın temsilcileri olan, varlıklarıyla cesaretlendirdiğim, senelerin azaltmadığı aksine daha da güçlendirdiği gönül bağlarım İnşaat Müh. İsmail GÜN ve Merve ERGÜL'e yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal	11
3.2. Metod	14
3.2.1. Deneme Planı	14
3.2.2. Deneme Süresince Günlük Yapılan Analizler	17
3.2.2.1. Kuru Madde Analizi	17
3.2.2.2. Klorofil- <i>a</i> Analizi	18
3.2.2.3. Optik Yoğunluk	19
3.2.3. Deneme Sonunda Yapılan Analizler	20
3.2.3.1. Protein Analizi	20
3.2.3.1.(1). Solüsyonların Hazırlanması	20
3.2.3.1.(2). Protein Analizinin Yapılışı	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. BULGULAR	23
4.1.1. Optik Yoğunluk (OD)	23
4.1.2. Kuru Madde	35
4.1.3. Ph	46
4.1.4. Klorofil- <i>a</i>	56
4.1.5. Sıcaklık	67
4.1.6. Protein Değerleri	68
4.2. TARTIŞMA	70

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. <i>Spirulina</i> Tozunun Genel Analiz Sonuçları.....	3
Çizelge 3.1. <i>Spirulina</i> Ortamı.....	13
Çizelge 3.2. Denemede Kullanılan Muameleler	15
Çizelge 4.1. <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Uygulanan Muamelelerin Son Güne Ait OD Değerleri ve Deneme Süreleri	34
Çizelge 4.2. <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Uygulanan Muamelelerin Son Güne Ait Kuru Madde Değerleri ve Deneme Süreleri.	45
Çizelge 4.3. <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Uygulanan Muamelelerin Son Güne Ait pH Değerleri ve Deneme Süreleri	56
Çizelge 4.4. <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Uygulanan Muamelelerin Son Güne Ait Kl-a Değerleri ve Deneme Süreleri	67
Çizelge 4.5. <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Besin Eksiltme Denemeleri Bulgularının Karşılaştırılması.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. <i>Spirulina platensis</i>	11
Şekil 3.2. 20 L'lik Kavanozlarda Kompresör ile Hava Verilen Kültürler	12
Şekil 3.3. <i>Spirulina platensis</i> Başlangıç Kültürleri	14
Şekil 3.4. Denemede Kullanılan <i>Spirulina platensis</i> Kültürleri.....	16
Şekil 3.5. <i>Spirulina platensis</i> Kültürlerine Ait Deneme Grupları	16
Şekil 3.6. <i>Spirulina platensis</i> Kültürlerine Ait Kurutulan Örnekler.....	17
Şekil 3.7. <i>Spirulina platensis</i> 'e Ait Kuru Madde Analizi.....	18
Şekil 3.8. <i>Spirulina platensis</i> Kültürlerinin Optik Yoğunluk ve Klorofil Değerini Ölçmede Kullanılan Spektrofotometre Cihazı	20
Şekil 3.9. Örneklerin Yakma Ünitesinde Bekletilmesi ve Titrasyonu	22
Şekil 3.10. Protein Analizinde Kullanılan Kieldal Cihazı	22
Şekil 4.1. <i>Spirulina platensis</i> Kontrol Grubu OD Değerleri	24
Şekil 4.2. %25 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.	24
Şekil 4.3. %50 Karbonat Eksiltmesi yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.	25
Şekil 4.4. %75 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.	26
Şekil 4.5. %100 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.	26
Şekil 4.6. %25 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri	27
Şekil 4.7. %50 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri	28
Şekil 4.8. %75 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri	28
Şekil 4.9. %25 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.....	29

Şekil 4.10. %50 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.....	30
Şekil 4.11. %75 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.....	30
Şekil 4.12. %100 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.....	31
Şekil 4.13. %25 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.	32
Şekil 4.14. %50 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.	32
Şekil 4.15. %75 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde OD Değerleri.	33
Şekil 4.16. <i>Spirulina platensis</i> Kontrol Grubu Kuru Madde Değerleri	35
Şekil 4.17. %25 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	36
Şekil 4.18. %50 Karbonat Eksiltmesi yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	36
Şekil 4.19. %75 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	37
Şekil 4.20. %100 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	38
Şekil 4.21. %25 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	38
Şekil 4.22. %50 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	39
Şekil 4.23. %75 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	40
Şekil 4.24. %25 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	40
Şekil 4.25. %50 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	41

Şekil 4.26. %75 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	42
Şekil 4.27. %100 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.....	42
Şekil 4.28. %25 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.	43
Şekil 4.29. %50 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.	44
Şekil 4.30. %75 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kuru Madde Değerleri.	44
Şekil 4.31. <i>Spirulina platensis</i> Kontrol Grubu pH Değerleri	46
Şekil 4.32. %25 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.	47
Şekil 4.33. %50 Karbonat Eksiltmesi yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.	47
Şekil 4.34. %75 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.	48
Şekil 4.35. %100 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.	48
Şekil 4.36. %25 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri	49
Şekil 4.37. %50 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri	49
Şekil 4.38. %75 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri	50
Şekil 4.39. %25 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.....	51
Şekil 4.40. %50 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.....	51
Şekil 4.41. %75 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.....	52

Şekil 4.42. %100 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.....	53
Şekil 4.43. %25 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.	53
Şekil 4.44. %50 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.	54
Şekil 4.45. %75 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde pH Değerleri.	55
Şekil 4.46. <i>Spirulina platensis</i> Kontrol Grubu Kl-a Değerleri	57
Şekil 4.47. %25 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri.	57
Şekil 4.48. %50 Karbonat Eksiltmesi yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri.	58
Şekil 4.49. %75 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri.	59
Şekil 4.50. %100 Karbonat Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri.	59
Şekil 4.51. %25 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri	60
Şekil 4.52. %50 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri	61
Şekil 4.53. %75 Kısım I ve II Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri	61
Şekil 4.54. %25 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri	62
Şekil 4.55. %50 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri	63
Şekil 4.56. %75 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri	63
Şekil 4.57. %100 Karbonat ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri	64

Şekil 4.58. %25 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri.....	65
Şekil 4.59. %50 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri.....	65
Şekil 4.60. %75 Kısım I, II ve Mikroelement Eksiltmesi Yapılan <i>S. platensis</i> Kültürlerinde Kl-a Değerleri.....	66
Şekil 4.61. <i>Spirulina platensis</i> Kültürlerine Ait Muamelelerin Ortalama Sıcaklık A. Kontrol, B. %25 karbonat, C. %50 karbonat, D. %75 karbonat, E. %100 karbonat, F. %25 kısım I ve II, G. %50 kısım I ve II, H. %75 kısım I-II, I. %25 karbonat ve mikroelement, J. %50 karbonat ve mikroelement, K. %75 karbonat ve mikroelement, L. %100 karbonat ve mikroelement, M. %25 kısım I, II ve mikroelement, N. %50 kısım I, II ve mikroelement, %75 kısım I, II ve mikroelement.....	68

1. GİRİŞ

Mikroalgler içermiş oldukları yüksek düzeyde protein, vitamin, mineral, yağ asitleri ve pigmentler nedeniyle son zamanlarda üzerinde en çok durulan organizma gruplarından biridir. Mikroalgal biyoteknoloji kapsamında, özellikle yurtdışında, ekonomik öneme sahip türler üzerine yapılan çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmekte ve bu alanda faaliyet gösteren ticari işletmelerin sayısı hızla artmaktadır. Mikroalg türlerinin ticari üretimi konusundaki araştırmalar, özellikle 1980'li yıllarda siyanobakteri türleri ile gerçekleştirilen çalışmalar ile hız kazanmış olup, biyoteknolojik olarak son yıllarda önemli gelişmeler kaydedilmiştir (Cirik ve ark., 2008).

Algler olan ilginin artmasıyla önemli gelişmeler kaydeden algal biyoteknoloji alanındaki çalışmalar, temel olarak klasik tarım ile aynıdır. Yani biyomas üretimi için fotosentetik mekanizmanın kullanımı; gıda, yem, kimyasal ve enerji için bir kaynak olmaktadır. Mikroalglerin biyokütle kaynağı olarak yetiştirilmesinin birçok avantajı vardır. Bu temel avantajlar şunlardır:

1. Mikroalgler, fotosentetik işleme yoluyla organik bileşenlerin üretimi için güneş enerjisinin kullanıldığı en verimli biyolojik sistem olarak düşünülmektedir.
2. Mikroalgler kompleks üreme organları olmayan damarsız bitkilerdir. Bu, bütün biyokütlenin hasatına ve kullanılmasına olanak sağlar.
3. Mikroalglerin birçok türü, proteinler, karbonhidratlar, lipitler ve pigmentler gibi ticari değeri olan ve istenen bileşenlerin özellikle yüksek konsantrasyonlarda üretilmesinde kullanılabilir.
4. Tatlı su eksikliğinden veya fakir topraklardan dolayı verimin az olduğu birçok bölgede, verimliliği artırmanın ve basit protein üretimini güvence altına almanın neredeyse tek yolu, değersiz topraklarda deniz suyu veya acı su kullanılarak yetiştirilen mikroalglerin üretilmesidir.
5. Mikroalgal biyokütle üretim sistemleri, yoğun emek harcanan üretim birimlerinden yüksek yatırımlar gerektiren tam otomatik sistemlere kadar çeşitli işlemsel veya teknolojik yetenek seviyelerine kolaylıkla uyum gösterebilir (Vonshak, 1997).

Algler fotosentetik pigment kompozisyonlarına göre; mavi-yeşil (*Cyanophyta*), kırmızı, yeşil, kahverengi algler gibi gruplara ayrılmaktadırlar. Mavi-yeşil algler, hücrelerinin prokaryotik doğası nedeniyle ‘siyanobakteriler’ olarak da isimlendirilirler (Yamada,1994).

Siyanobakter sınıfına ait olan *Spirulina*, bugün yetiştiriciliği yapılan en önemli alg türlerinden biridir. Bu türlerden özellikle *Spirulina platensis* ve *Spirulina maxima* ticari değere sahip olan ve üzerinde yoğun araştırmaların yapıldığı türlerdir (Richmond, 1986).

Spirulina, besin olarak uzun süredir kullanılan ipliksi, mikroskobik bir siyanobakteridir. İsmi filamentlerinin spiral yapısından alır. *Spirulina*’nın büyümesi için yüksek bazik ortam gereklidir (Zarrouk,1966; Richmond,1988). *Spirulina* kültürleri için optimum pH aralığı 8.5-11 arasındadır. pH’ın bu değeri ortamdaki bikarbonat ve karbonatta mevcut olan CO₂’den kaynaklanmaktadır (Richmond, 1988). Bulanık durgun sular, akarsular, tatlı ve acı sular gibi çok çeşitli su ortamlarında yaşayabilen *Spirulina* kültürlerinin optimum sıcaklığı, 30-35 °C’dir. Uyum gösterebildiği minimum sıcaklık 18 °C, maksimum sıcaklık ise 39 °C olarak belirlenmiştir (Fox, 1996; Richmond, 1992).

Spirulina’nın dört yüz yıl kadar önce Aztek uygarlığında besin olarak kullanıldığına dair belgeler vardır. Halen, Çad Cumhuriyeti’nde Çad Gölü bölgesinde yaşayan Kanembu kabilesi tarafından besin maddesi olarak kullanılmakta ve “dihe” adıyla kurutulmuş ekmek olarak satılmaktadır (Abdulqader, 2000; Belay, 2002).

Bugün ticari olarak ABD, Tayvan, Tayland, Kaliforniya, Meksika, İsrail ve Çin’de *Spirulina* üretimi değişik amaçlarla, değişik ölçülerde yapılmaktadır. Li ve Qi (1997)’nin bildirdiğine göre Çin’de 1990 yılından bu yana *Spirulina* üretim işletmeleri açılmakta olup 80’den fazla üretim yeri bulunmaktadır. Richmond (2004)’a göre üretimdeki genel amaç, insanlara protein kaynağı sağlamak ve bunun yanında, biyokimyasal yapısındaki zenginliklerden yararlanmaktır.

Spirulina son yirmi yıldır besin ve özel yem halinde ticari olarak üretilmektedir (Belay ve ark., 1994; Belay, 1997; Belay, 2002). Ticari algler, kontrollü şartlar altında büyük dışarı havuzlarında üretilirler. Aynı zamanda bazı şirketler doğrudan göllerde üretim yaparlar. Şu anda, *Spirulina*’nın dünya çapındaki

üretimi üç bin metrik ton olarak hesaplanmaktadır. *Spirulina*'nın besin olarak güvenilirliği çok sayıda titiz toksikolojik çalışmayla ve yüzyıllar boyu insanların kullanımından geçmesiyle kanıtlanmıştır (Chamorro, 1980; Salazar, 1998; Belay, 2002).

Spirulina üzerindeki ilk merak esas olarak içeriğindeki zengin protein, vitamin, gerekli aminoasit, mineral, gerekli yağ asitleri üzerine yoğunlaşmıştır. *Spirulina*'nın ağırlığının %60-70'i proteindir. Başta B₁₂ vitamini ve provitamin-A (β -karoten) olmak üzere zengin vitamin kaynağı içerir. Özellikle demir olmak üzere zengin mineral kaynağı ihtiva eder. Diyet ile ilgili γ -linoleik asit (GLA) 'in nadir kaynaklarından biridir. Ayrıca sağlığa potansiyel faydaları bulunan çok sayıda diğer foto kimyasalları da bulundurur (Belay, 2002).

Çizelge 1.1. *Spirulina* tozunun genel analiz sonuçları (Fox, 1996).

FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ		GENEL ANALİZ	
Kompozisyon	% 100 Spirulina	Protein	% 55–70
Görünüş	Saf toz	Karbonhidrat	% 15–25
Renk	Koyu mavi-yeşil	Yağ	% 06–08
Koku ve tadı	Hafif deniz yosunu	Mineraller(kül)	% 07–13
Filament uzunluğu	64 mikron	Lif	% 08–10

Spirulina'nın doğal ve zengin vitamin içeriği, insan besini olarak kullanılmasında önemli bir nedendir. *Spirulina*, iyi bir bitkisel protein kaynağı ve B₁₂ vitamini açısından dünyanın en zengin doğal kaynağı olması sebebiyle vejeteryanlar için de önemlidir (Richmond, 2004).

Spirulina hücre duvarının %86'sı sindirilebilir polisakkaritten oluşmuştur. Bu nedenle insanlar tarafından sindirimi kolaydır ve *Spirulina* polisakkariti bağışıklık güçlendirici olarak kullanılabilmektedir. *Spirulina*'dan ekstrakte edilebilen mavi pigment fikosiyanın, kozmetik ve besinler için doğal bir renklendirici olarak kullanılabilir (Li ve Qi, 1997).

Spirulina içerdiği yüksek protein oranı ve esansiyel aminoasitler, vitaminler, β -karoten, mineraller, polisakkaritler ve esansiyel yağ asitlerinden dolayı biyolojik olarak aktif bir katkı maddesi olarak broiler ve yumurtacı karma yemlerinde yumurta sarısı ve et kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Babadzhanov ve ark., 2004; Venkataraman ve ark., 1994; Ross ve ark., 1994).

Ülkemizde ve bölgemizde üretilmeye başlanmış olan *Spirulina*, gıda desteği olarak sütlü gıdalar, şekerlemeler ve bazı yemeklere eklenerek tüketildiği gibi, elde edilecek mavi renkli C-fikosiyaninin doğal gıda boyası ve kozmetik alanında renklendirici olarak kullanılmasıyla da değerlendirilebilecektir. *Spirulina*, nutrasötik ve farmasötik madde olarak pazar bulmaktadır. *Spirulina*, akvaryum balıklarında renklendirici olarak, ayrıca su ürünlerinde ve tavukta beyaz etin renklendirilmesinde kullanılabilmektedir. Algler aynı zamanda gübre olarak da kullanılmaktadır. Toprak yapısını iyileştirici özelliğe sahip olmasının yanında, besin maddelerinin alımını kolaylaştırdıkları ve bitkilerin hastalıklara dayanıklılığını artırdıkları rapor edilmiştir. Algler makro ve mikro besin elementlerinin topraktan dengeli olarak ve uzun süreli alınmasını sağlayarak verimi yükseltirler (Blunden ve ark., 1992).

Dünyada tarım yapılabilen arazilerin giderek azalmasıyla birlikte artan nüfusun beslenmesi için daha fazla gıda üretimine ihtiyaç duyulunca birim alandan daha fazla ürün elde etmek zorunda kalınmış ve bunun sonucu olarak kimyasal girdi kullanımı oldukça artmıştır. Tarım alanlarındaki bu yoğun girdi kullanımı sonucu verim ve üretim artmış fakat sürdürülebilir toprak verimliliğini ve doğal dengeleri tehlikeye sokmuştur (Tortopoğlu, 2000). Sentetik kimyasal girdiler kullanımındaki artış ve çevre kirliliği doğal dengenin bozulması ve besin zincirleriyle tüm canlılara ulaşan hayati tehlike yaratmaya başlamıştır. Bunun sonucu olarak başta gelir düzeyi yüksek ülkelerde olmak üzere birçok ülkede üretici ve tüketiciler örgütlenerek insanlarda toksik etki yapmayan doğayı tahrip etmeyen yöntemlerle üretilen tarımsal ürünleri tercih etmeye başlamışlardır. Bu amaçla insan ve çevreye dost üretim sistemlerini içeren kimyasal gübre ve ilaçların kullanımını yasaklayan, organik ve yeşil gübreleme ile ekim nöbeti uygulamayı parazit ve predatörler gibi doğal kaynaklardan yararlanmayı tavsiye eden ve üretimde ürünün kalitesinin yükselmesini amaçlayan bir üretim şekli olan organik tarım ortaya konmuştur (Akkaya, 1999).

Sayılan bu yararlı etkilerden dolayı doğal bir kaynak olarak yosunların da organik tarımda geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Günümüzde deniz yosunlarının tarımda ve özellikle biyolojik tarımda verim ve kaliteyi arttırmak bitki büyümesini düzenlemek hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı arttırmak, toprak yapısını iyileştirmek amacıyla ve hayvan besiciliği için dünyanın birçok bölgesinde kullanıldığı bilinmektedir (Yazıcı ve Kaynak, 2001).

Norveç, İrlanda, Fransa ve Amerika gibi deniz kıyısı uzun ve deniz yosunu bol olan ülkelerde mevcut algleri değerlendirmek için bu alglerden yararlanma yolları aramışlar ve gübre olarak fakir toprakların değerlendirilmesinde kullanmaya yönelmişlerdir. Dolayısıyla gübre sanayi gelişmeye başlamıştır (Yazıcı ve Kaynak, 2001).

Birçok araştırma bitki patojenleri, organik maddelerin ayrışması, humusun birikmesi veya sentetik bileşenlerin ve kirletici maddelerin kaderi üzerine odaklanmıştır. Bunlardan dolayı topraktaki mikroalgler büyük oranda göz ardı edilmiştir. Fakat son zamanlarda, laboratuardaki ve sahadaki deneysel araştırmaların konusu, biyogübre, toprak düzeltici, bitki büyüme düzenleyicisi (PGR) olarak kullanılan mikroalglerin tarımının potansiyel etkisinin tanınması üzerine hızlanmıştır (Metting, 1988).

Yosun özleri, meyve depo kayıplarının azaltılması, ürün miktarının topraktan inorganik besin maddelerinin alınımının, tohum çimlenmesinin ve stres koşullarına direncin artırılması gibi alanlarda özellikle gelişmiş ülkelerde organik tarımda daha fazla değerlendirilmektedir (Blunden, 1991).

Spirulina sıcak ve güneşli iklimlerde yüksek biyomas verimliliği ile bilinmektedir. Bugün algal biyoteknoloji alanında yapılan pek çok çalışma, mikroalglerin endüstriyel ölçekte üretiminin başarılabilmesi üzerinedir. Üretim maliyeti *Spirulina*'nın pek çok amaç için kullanımını sınırlamaktadır. Maliyeti oluşturan nedenlerden biri besin elementleri girdisidir. *Spirulina*'nın büyümesini sağlayacak besin elementleri ve oranları bugüne kadar yürütülmüş çalışmalarla belirlenmiştir. Ancak farklı besin kompozisyonları ile biyomas verimliliği ve besi ortamı maliyeti değişebilir. Bu tez çalışması; Bölgemiz iklim koşullarına son derece uygun bir tür olan mikroalg *Spirulina*'nın, büyük hacimlerde üretimini teşvik etmek

ve kullanım alanlarını genişletmek amacıyla, farklı besin elementi kompozisyonlarından oluşan besi ortamı ile türün besin kimyasını olumsuz etkilemeden besi ortam maliyetini düşürmek ve yüksek biyomas verimliliği elde etmek amacıyla yürütülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Spirulina platensis Meksika’da Texcocco gölü, Afrika’da Chad gölü gibi alkali göllerde doğal olarak yaşayan, Aztekler zamanında bile insanların gıda olarak tükettiği ve daha sonra yüksek besin değerinin fark edilmesiyle birlikte kültürünün pek çok ülke tarafından yapıldığı, ticari önemi bulunan bir mikroalg türüdür. Fiziksel ve kimyasal kültür koşulları, ihtiyaç duyduğu besin elementleri, biyokimyasal içeriği ve üretim konusunda üzerinde pek çok bilimsel çalışma yapılmış olan *S. platensis* in üretim girdilerinin azaltılması konusunda da çalışmalar yapılmaktadır.

Seshadri ve Thomas (1979)’ da *Spirulina*’nın iki türünde, tavsiye edilen bazı besinlerin yerine düşük maliyetli olan alternatiflerini kullanılarak dışarı havuzlarda yetiştirmişlerdir. Özellikle, kemik gübresi ve biyogaz atığının bu türlerin yetişmesinde oldukça etkili olduğunu görmüşlerdir.

Pal ve Amla (1992)’ de yaptıkları çalışmada *Spirulina platensis*’in kanalizasyon suyunda kültürünü denemişler, ancak suyun içeriğindeki düşük NaHCO_3 ve NaNO_3 miktarları nedeniyle Zarrouk ortamı ile karşılaştırıldığında gelişimin çok düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Spirulina için kullanılan en uygun ortamın Zarrouk ortamı olduğunu fakat bu ortamın 16 gL^{-1} bikarbonat içerdiğini Venkataraman’ın önerdiği CTFRI ortamının ise çok daha düşük miktarlarda bikarbonat içerdiği N:P:K oranının ise 15:15:15 olduğunu, bu ortamın daha ekonomik olması nedeni ile tercih edilebileceğini bildirmiştir (Santra, 1992).

S. platensis ve *S. maxima* ile yapılan çalışmada 4 litrelik kavanozlarda üretim yapılmıştır. *S. platensis* 25-30 °C’de sürekli ışık koşullarında 2.4 gL^{-1} ürün elde etmişlerdir. Düşük sıcaklıkta (15-20) sürekli ışık altında en yüksek 1.5 gL^{-1} ürün alınmıştır (Oliveira ve ark., 1999).

Yıldız (2001)’in bildirdiğine göre, Venkataraman ve Mahadeyaswamy (1992), *Spirulina*’nın açık havuzlarda üretim koşullarını belirlemişlerdir. Esas besleyici elementlerden N, P ve K’nın oranının 15:15:15 olmasının ve ortamın 4.5 g/L^{-1} sodyumbikarbonat içermesinin uygun olduğu, üretimin pH düzeyinin yüksek olmasının, istenmeyen algal bulaşmayı önleyeceğini bildirmişlerdir.

Costa ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada Mangueira gölünden temiz su elde edebilmek için açık havuzlardaki biyokütle üretiminde besin ilavesinin (karbon olarak; sodyum bikarbonat, azot olarak; üre ve fosfat, sülfat ferik demir, Mg, K) etkilerini çalışmışlardır. Besin ilave etmedikleri ortamda, *Spirulina platensis* $0,78 \pm 0,01 \text{ g L}^{-1}$ iken, sadece ortama $2,88 \text{ g L}^{-1}$ sodyum bikarbonat ilave ettiklerinde 400 saat sonraki kültürlerde *Spirulina* kuru ağırlığı $0,82 \pm 0,01 \text{ g L}^{-1}$ ile sonuçlanmıştır.

Costa ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada, ticari olarak üretilen *Spirulina platensis*'in üretim maliyetini azaltmak ve yüksek verimlilik elde etmek için kullanılabilecek olan alternatif besin kaynaklarını geliştirmişlerdir. Mangueira Lagünün'den aldıkları su, yüksek seviyede pH ve karbonat içermektedir. Bu su, bir miktar besin ilavesi ihtiyacı duyulabilmektedir. Buna rağmen *S. platensis* için kültür ortamı olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir. Mangueira Lagünü suyuna 1.125 mg/l üre eklenmesinin, faktöriyel tasarım kullanılan kesikli beslemeli ortamdaki *S. platensis*'in büyümesi üzerindeki etkisini test etmişler ve *S. platensis*'in en son biyokütle konsantrasyonunda $2,67$ kat artış olduğunu bulmuşlardır.

Raoof ve ark. (2006) *Spirulina*'nın toplu üretimi için Zarrouk'un ortamında kullanılan seçilmiş besinler ile diğer uygun maliyetli kimyasalların birleşimi ile yeni bir ortam formüle etmişlerdir. Bu yeni ortam (RM₆) tek süper fosfat ($1,25 \text{ gl}^{-1}$), sodyum nitrat ($2,50 \text{ gl}^{-1}$), hidroklorik fosfat ($0,98 \text{ gl}^{-1}$), sodyum klorid ($0,5 \text{ gl}^{-1}$), magnezyum sülfat ($0,15 \text{ gl}^{-1}$), kalsiyum klorit ($0,04 \text{ gl}^{-1}$) ve sodyum bi karbonat (kar amaçlı değeri) 8 gl^{-1} içerir. Algleri 30 ± 1 °C'lik bir odada, ışık altında ($50 \mu \text{ mol foton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, beyaz ışık) yetiştirmişlerdir. Standart ortamdaki kuru biyokütleye, klorofil ve proteinlere bağlı maksimum büyüme oranı 6 ve 9 günlük büyüme arasındadır ve değerler RM₆'daki $0,112$, $0,003$ ve $0,069 \text{ mg ml}^{-1} \text{ d}^{-1}$ değerlere karşı $0,114$, $0,003$ ve $0,0068$ 'dir. Her iki ortamda da *Spirulina*'nın protein profilinde önemli bir değişiklik gözlememişlerdir. Kısaca yeni ortam Zarrouk'un ortamına göre daha ucuz olduğu için, ekonomik olduğunu tespit etmişlerdir.

Yılmaz (2006) bu çalışmasında, farklı toprakları kullanarak doğal ve ucuz yollardan *Spirulina*'nın verimini arttırmanın yollarını araştırmıştır. Klasik büyüme koşullarına ek olarak sürekli ışık kaynağı altında, Kuzey Afrika, İran ve Ankara

topraklarından hazırlanan ek besin ortamlarını reaktörlerde kullanmıştır. Reaktörleri, deneyler süresince uygun sıcaklıkta, pH aralığında havalandırılmış ve karıştırılmış besin kaynakları dışında üretim koşullarını değiştirmemiştir. %60 Sahra ve %40 Zarrouk karışımından oluşan çözeltide bulunan kesikli reaktörde en yüksek verimi elde etmiştir. Benzer büyüme saf Zarrouk çözeltisinden sonra %60 Zabol ve %40 Zarrouk çözeltisi ile hazırladığı reaktörden etmiştir. Ankara toprağından elde ettiği verim en azdır. Ayrıca *Spirulina*'nın, bazı besinlerin Sahra tozu çözeltisine eklediğı ortamda da ürediğini tespit etmiştir. Sonuç olarak, Zarrouk çözeltisine Sahra tozu çözeltisini eklemesiyle üretim oranını artırmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Denemede mavi-yeşil bir alg olan *Spirulina platensis* kullanılmıştır. *Spirulina platensis*'in sistematikteki yeri aşağıda belirtilmiştir (Yıldız, 2001).

Şube: *Cyanophyta*

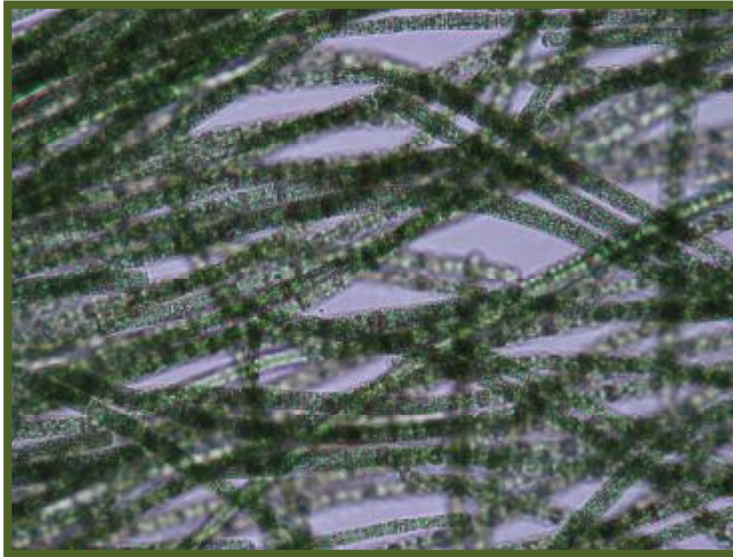
Sınıf: *Cyanopyceae*

Takım: *Nostocales*

Aile: *Oscillatoriaceae*

Cins: *Spirulina* Turpin (1827)

Tür: *Spirulina platensis*



Şekil 3.1. *Spirulina platensis*.

Spirulina ilk kez 1827 yılında Turpin tarafından izole edilmiştir (Cifferi,1983).

Mavi-yeşil alg *Spirulina*, ipliksi (filamentli) yapıda prokaryotik bir algdır. Termofilik ve alkalofilik özelliğe sahip olan *Spirulina platensis* için optimum büyüme sıcaklığı 35-37 °C 'dir. Yüksek pH (9-10) düzeylerini tercih eden *Spirulina* bu özelliği sebebiyle monokültürü yapılabilen bir alg türüdür (Richmond, 2004).

Spirulina, mitokondri, çekirdek, golgi cisimciği, endoplazmik retikulum ve kofullarının olmaması nedeniyle prokaryotik olarak tanımlanmakta ve hücre çeperlerinin benzer olması sebebiyle bakterilere benzetilmektedir. Hücre çapı türlere göre değişmektedir. Küçük boyutlu türlerde 1-3 µm arasında, daha büyük türlerde hücre çapı 3-12 µm arasında değişmektedir (Richmond, 1986).

Denemede 20 L'lik plastik kavanoz kullanılmıştır. Kavanozlara akvaryum hava kompresörü ile hava verilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. 20 L'lik kavanozlarda kompresör ile hava verilen kültürler.

Spirulina platensis'in üretiminde *Spirulina* ortamı kullanılmıştır. Kültür ortamı iki kısım ve mikroelementleri içeren solüsyondan oluşmakta olup ortamının içeriği Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. *Spirulina* ortamı.

Ortam - Solüsyon	Madde	Miktar
Kısım 1	NaHCO ₃	18.6g
	Na ₂ CO ₃	8.06g
	K ₂ HPO ₄	1.00g
	Distile su	500.0ml
Kısım 2	NaNO ₃	5.00g
	K ₂ SO ₄	2.00g
	NaCl	2.00g
	MgSO ₄ .7H ₂ O	0.40g
	CaCl ₂ .2H ₂ O	0.02g
	FeSO ₄ .7H ₂ O	0.02g
	EDTANa ₂	0.16g
	Mikro Element Solüsyonu*	10.0ml
	Distile su	500.0ml
Mikro element Solüsyonu	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.001g
	MnSO ₄ .7H ₂ O	0.002g
	H ₃ BO ₃	0.01g
	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.001g
	Co(NO ₃)2.6H ₂ O	0.001g
	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.00005g
	FeSO ₄ .7H ₂ O	0.7g
	EDTANa ₂	0.8g
	Distile su	1.0L

*Hazırlanmış olan mikroelement solüsyonundan 10 ml alınıp Kısım II'ye eklenecektir.

Denemede aşı olarak kullanılan *Spirulina platensis* kültürleri, iklimlendirme cihazı kullanılarak 30 ± 1 °C’de sabitlenmiş oda sıcaklığında ve $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde sürekli aydınlanmanın sağlandığı laboratuvar koşullarında tutulmuştur. Başlangıç kültürler 250 ml’lik erlenlerde üretime alınmış ve laboratuvar koşullarında 500 ml, 2L, 5L, 10L ve 20 litrelik kavanozların aşılmasında kullanılmışlardır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. *Spirulina platensis* başlangıç kültürleri.

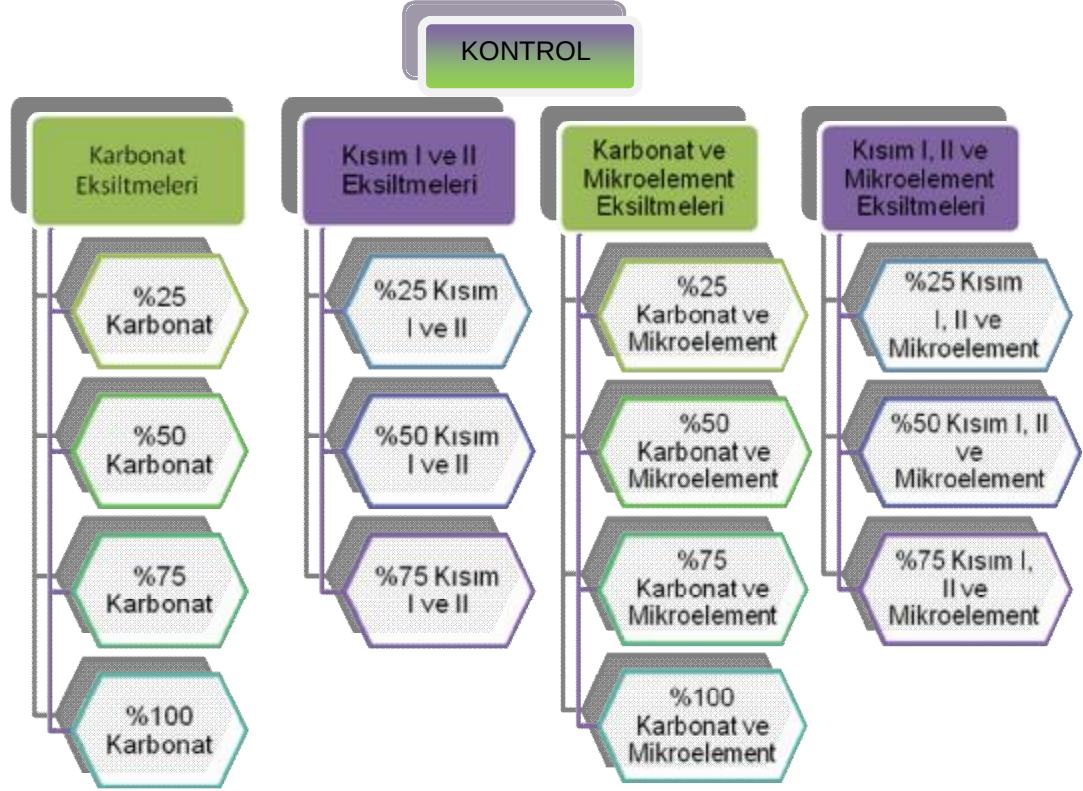
Spirulina platensis kültürlerinin hasatı, filtrasyon yoluyla yerçekiminden yararlanılarak 20µm göz açıklığına sahip plankton bezlerinden süzülerek yapılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Deneme Planı

Denemede kontrol grubu kültürlerde *Spirulina* besi ortamı kullanılmıştır. Diğer kültürlere başlıca besleyici elementlerden karbonat eksiltmesi, kısım I ve kısım II eksiltmesi ve mikroelement solüsyonu eksiltmesi muameleleri uygulanmıştır. Deneme planı aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan muameleler



Uygulanan muameleler için 20'şer L'lik toplam 45 adet plastik kavanoz kullanılmıştır (Şekil 3.4). Muameleler 3'er tekrarlı çalışılmıştır.



Şekil 3.4. Denemede kullanılan *Spirulina platensis* kültürleri.

Kültürler 15'er L hazırlanmıştır. Kültürlerin aşı miktarları %20 olacak şekilde 3 L aşı ve 12 L besi ortamı kullanılmış ve kullanılan besi ortamları Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi hazırlanarak üzerlerine aşı eklenmiştir (Şekil 3.5)



Şekil 3.5. *Spirulina platensis* kültürlerine ait deneme grupları.

Çalışmada günde iki kez, saat 9:00 ve 15:00'te sıcaklık ölçümleri yapılmış, kuru madde ve pH miktarları günlük olarak belirlenmiştir. İki günde bir optik yoğunluk (OD) saptanmış ve üç günde bir klorofil-*a* analizi yapılmıştır. Denemenin bitiminden sonra elde edilen biyomasta protein miktarı belirlenmiştir.

Protein analizi için hasat edilen yaş materyal 55 °C'de iki saat süre ile kurutma dolabında kurutulmuş (Şekil 3.6) ve kuru biyomas –20 °C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.6. *Spirulina platensis* kültürüne ait kurutulan örnekler.

3.2.2. Deneme Süresince Günlük Yapılan Analizler

3.2.2.1. Kuru Madde Analizi

Kuru madde miktarlarının saptanması için, günlük olarak 45 bidondan 20'şer mL mikroalg kültürü alınmıştır. 0.45 µ göz açıklığındaki Whatman GF/C filtre kağıtları, 105 °C'de 2 saat etüvde tutulduktan sonra desikatörde soğutulmuş ve darası

alınmıştır. Bu işlemlerden geçen filtre kağıdı, süzme düzeneği ve bir su trombu kullanılarak oluşturulan vakum ile *Spirulina* ipliklerinin ortamdan ayrılarak yoğunlaştırılması sağlanmıştır. Yoğunlaştırılmış iplikler, HCL ile pH'ı 4'e ayarlanmış olan solüsyon ile yıkanmıştır. 0.001 g duyarlı terazide, ağırlıkları alınmış petri kapları içerisinde belirli miktarlarda tartılarak, önceden 105 °C'ye getirilen etüvde 2 saat tutulmuştur. Bu süre sonunda petri kapları bir desikatöre konularak, oda sıcaklığına kadar soğumaları sağlanmış ve 0.001 g duyarlı terazide tartımları yapılmıştır. Örnekler yaş iken yapılan tartım sonucu elde edilen değerlerden, kurutulduktan sonra elde edilen tartım değerleri çıkarılarak, kuru madde miktarı hesaplanmış ve % değerler elde edilmiştir (Vonshak, 1997) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. *Spirulina platensis*'e ait kuru madde analizi.

3.2.2.2. Klorofil-a Analizi

Deneme boyunca klorofil-a miktarını belirlemek için her bir bidondan 10'ar ml örnek alınmıştır. Klorofil-a analizi için alınan 10 ml'lik örnek su trombu

yardımıyla GF/6 filtre kağıdından süzölmüş, sonra filtre kağıtları oda sıcaklığında karanlıkta 2-4 saat kurumaya bırakılmıştır. Nispeten kuruyan filtre kâğıtları, içinde 10 ml %90'lık aseton bulunan deney tüplerine konulmuştur. Asitliğin artması ve pigmentin zarar görmesini önlemek amacıyla filtre sırasında 2 damla %1'lik $MgCO_3$ eklenmiştir. Ağzıları mantar tıpa ile kapatılan deney tüpleri çalkalandıktan sonra buzdolabında (+4 °C) 24 saat karanlıkta bırakılmış ve ekstraksiyon süresi sonunda 3500 rpm'de 5 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki berrak kısım alınarak görünür spektrofotometrede 630, 645, 665, 750 nm'de absorbsiyon değerleri ölçölmüştür (Şekil 3.5). Ölçölen değerler 750 nm'de ki absorbansın çıkarılmasıyla düzeltilerek aşağıdaki denkleme yerleştirilmiş ve klorofil-*a* miktarı hesaplanmıştır (Parsons ve Strickland, 1963).

$$Chla = 11.6 * D665 - 0.14 * D630 * D645$$

$$1 * V_{mg} / L = \frac{Chla * v}{I * V}$$

V= Filtre edilen su örneği(L)

v= Kullanılan asetonun hacmi (ml)

I= Küvetten geçen ışık yolu (cm)

3.2.2.3. Optik Yoğunluk

Optik yoğunluğu ölçmek için günlük olarak kültürler homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra bir pipet yardımıyla 3 ml örnek alınmıştır. Alınan örnekler kuartz tüplere konularak görünür spektrofotometrede 670 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Kang ve ark., 2005) (Şekil 3.8)



Şekil 3.8. *Spirulina platensis* kültürlerinin optik yoğunluk ve klorofil değerini ölçmede kullanılan spektrofotometre cihazı.

3.2.3. Deneme Sonunda Yapılan Analizler

3.2.3.1. Protein Analizi

Toplam ham protein Khielal metoduna (AOAC, 1998) göre yapılmıştır. Protein analizine başlamadan önce analiz için gerekli olan solüsyonlar hazırlanmıştır.

3.2.3.1.(1). Solüsyonların Hazırlanması

- § %40'lık NaOH hazırlanmıştır (40gr NaOH 100 ml'ye tamamlandı).
- § Her örnek için 20 ml saf sülfirik asit hazırlanmıştır.
- § Her örnek için 25 ml özel hazırlanmış borik asit ağırlıklı çözelti kullanılmıştır.
- § Analiz için Khielal protein katalizörü (2 gr) kullanılmıştır.

3.2.3.1.(2). Protein Analizinin Yapılışı

- § Her bir örnek için 1'er gr kurutulmuş *Spirulina* kullanılmıştır.
- § Khioldal tüplerine, kör hariç 1'er gr kurutulmuş *Spirulina* örneği konulmuştur.
- § Körde dahil üzerlerine 2 gr Khioldal protein katalizörü ilave edilmiştir.
- § Körde dahil üzerlerine 20'şer ml'lik sülfirik asit ilave edilmiştir.
- § Yaklaşık 2-2.5 saat örnekler yakma ünitesine konulmuştur ve renkleri yeşil oluncaya kadar bekletilmiştir.
- § Yakma ünitesinden çıkarılan örneklerin biraz soğuması için beklenmiştir(Şekil 3.9).
- § Soğuyan örneklerin üzerine 75 ml saf su eklenmiştir.
- § Örnek sayısı kadar erlen alınmış ve erlenlerin içerisine 25 ml özel hazırlanmış borik asit ağırlıklı çözeltiden ilave edilip Khioldal cihazında yerlerine yerleştirilmiştir.
- § Daha sonra biriktirilen solüsyona (N'lu bileşikler 200 ml ~) titrimetrik yöntemle örnek mor oluncaya kadar 25 ml-100 ml arasında HCl eklenmiştir (Şekil 3.9.)
- § Kör için 0.1 ml'lik HCl sarfiyatı olmuştur.

Örnekler aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır;

$$\%N = \frac{14.01 \times (A-B) \times M \times 100}{g \times 10}$$

g x10

$$\%Protein = \%N \times 6.25$$

A: Örnek için sarf edilen HCl miktarı

B: Kör için sarf edilen HCl miktarı

M: Asit molaritesi

g: Örnek miktarı



Şekil 3.9. Örneklerin yakma ünitesinde bekletilmesi ve titrasyonu.



Şekil 3.10. Protein analizinde kullanılan Kjeltec cihazı.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

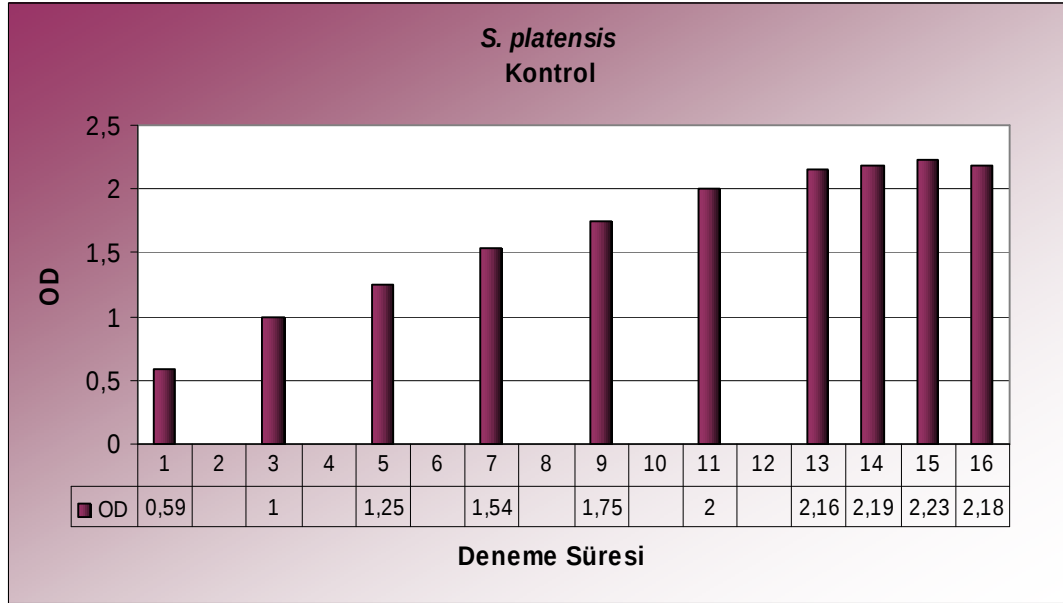
4.1. Bulgular

Mavi-yeşil alg *S. platensis* üretiminde düşük maliyetli besi ortamları geliştirmek amacıyla Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi çatısında yürütülen çalışmada karbonat eksiltmesi (%25, %50, %75, %100), karbonat ve mikroelement solüsyonu eksiltmesi (%25, %50, %75), kısım-I ve kısım-II eksiltmesi (%25, %50, %75), kısım-I, kısım-II ve mikroelement solüsyonu eksiltmesi (%25, %50, %75) muameleleri uygulanmıştır. Denemede günlük olarak sıcaklık (°C), pH, kuru ağırlık ($g L^{-1}$), iki günde bir optik yoğunluk (OD), üç günde bir klorofil-*a* ($mg L^{-1}$), deneme sonunda ise protein (%) analizleri yapılmıştır.

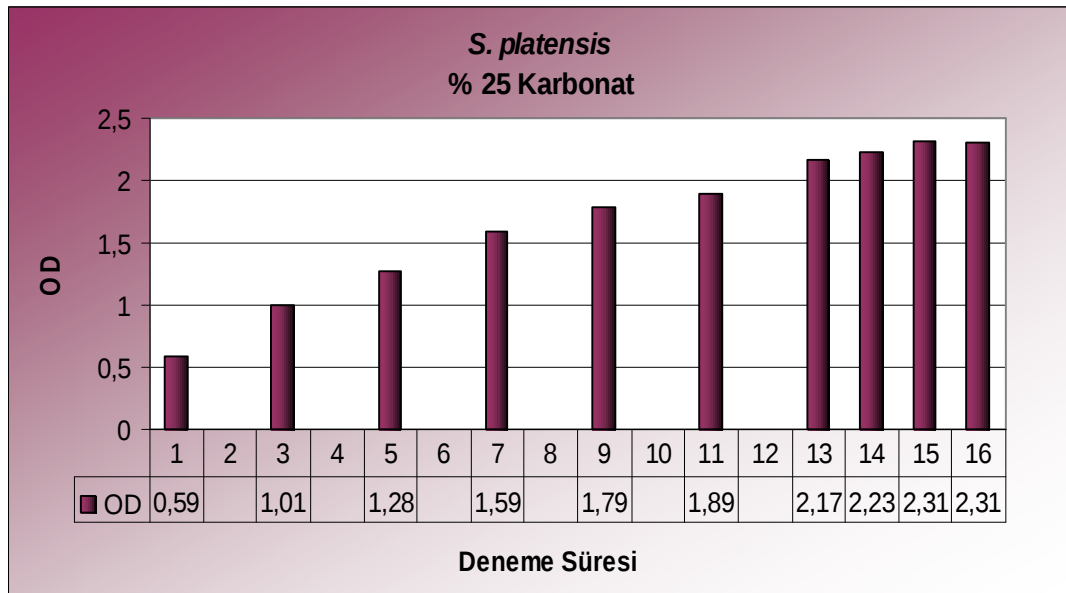
4.1.1. Optik Yoğunluk (OD)

Yürütülen çalışmada *S. platensis* türüne, kontrol grubu ile birlikte on beş farklı besin eksiltme muamelesi uygulanmıştır.

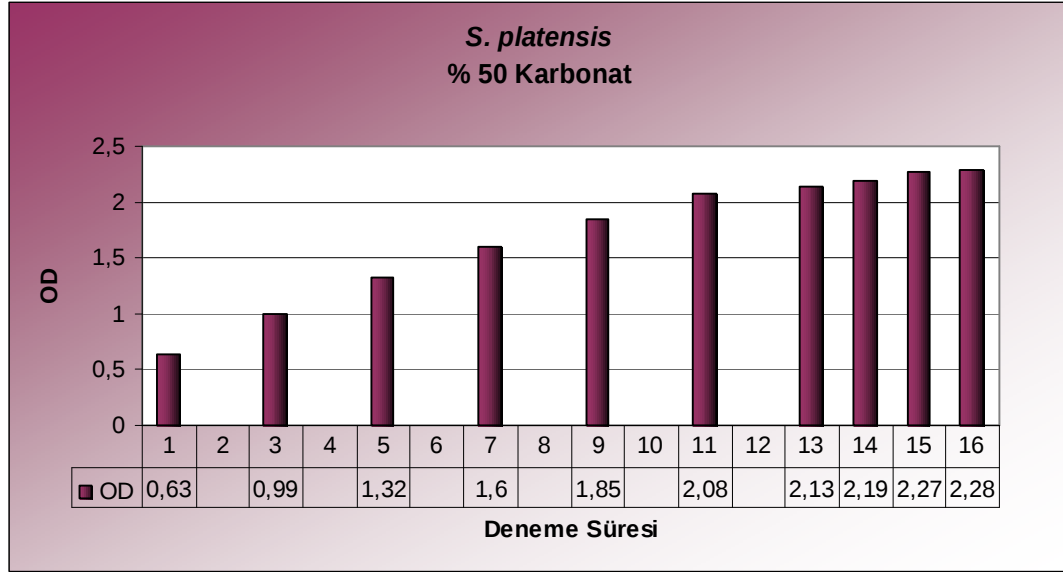
Denemede kontrol grubuna ait başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.59 ± 0.03 ve 2.23 ± 0.2 olarak belirlenmiştir. Kontrol grubuna ait deneme 16 gün sürmüştür. Kontrol grubu kültürlerine ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.

Şekil 4.1. *S. platensis* kontrol grubu OD değerleri

Karbonat eksiltmesinin %25 oranında uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde 16 gün süren denemede başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.59 ± 0.08 ve 2.31 ± 0.25 olarak saptanmıştır. %25 karbonat eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir.

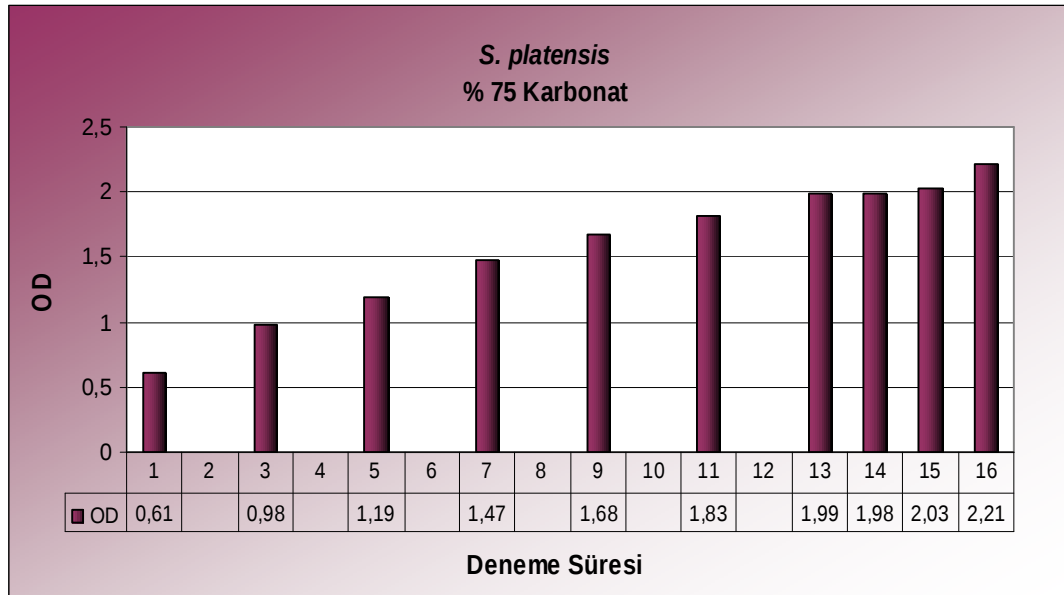
Şekil 4.2. %25 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Karbonat eksikliğinin %50 oranında uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde 16 gün süren denemeye ait başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.63 ± 0.01 ve 2.28 ± 0.12 olarak belirlenmiştir. %50 karbonat eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.3’de verilmiştir.



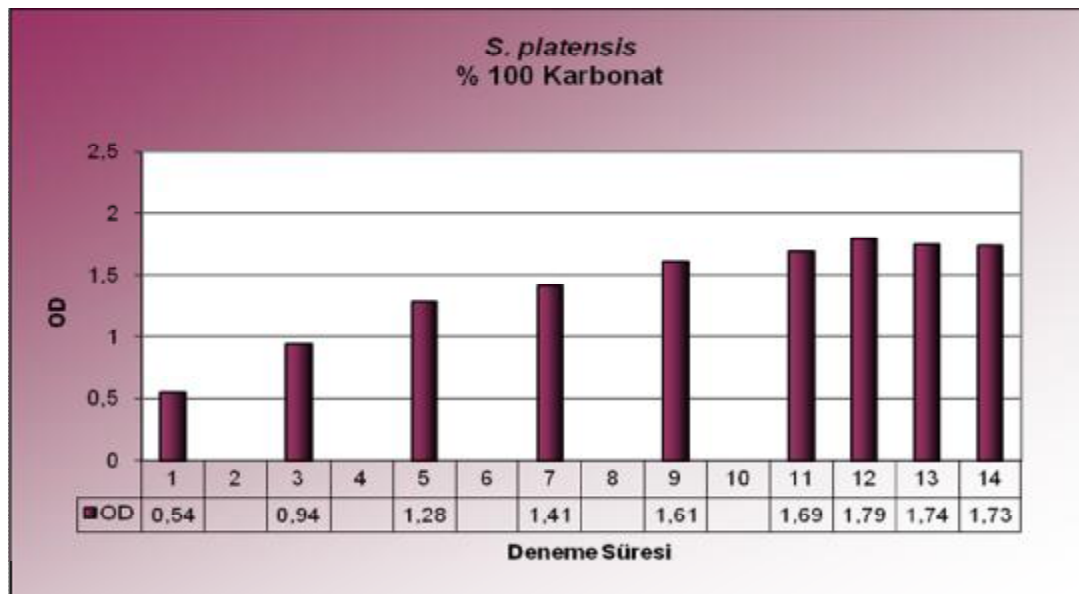
Şekil 4.3. %50 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Karbonat eksikliğinin %75 oranında uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde 16 gün süren denemeye ait başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.61 ± 0.02 ve 2.21 ± 0.07 olarak belirlenmiştir. %75 karbonat eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.4’de verilmiştir.



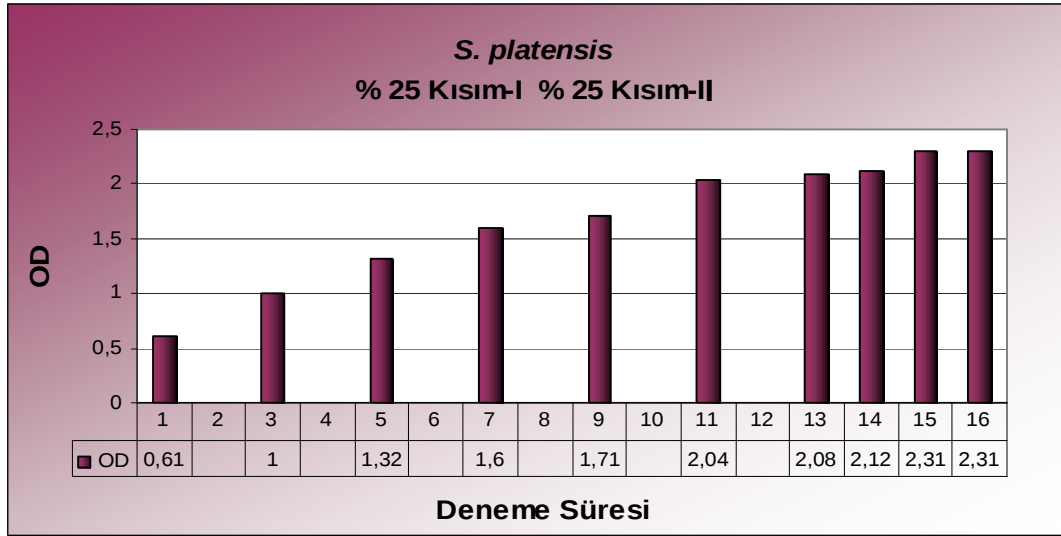
Şekil 4.4. %75 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Karbonat eksikliğinin %100 uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde 14 gün süren denemeye ait başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.54 ± 0.07 ve 1.79 ± 0.15 olarak saptanmıştır. %100 karbonat eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.5’de verilmiştir.



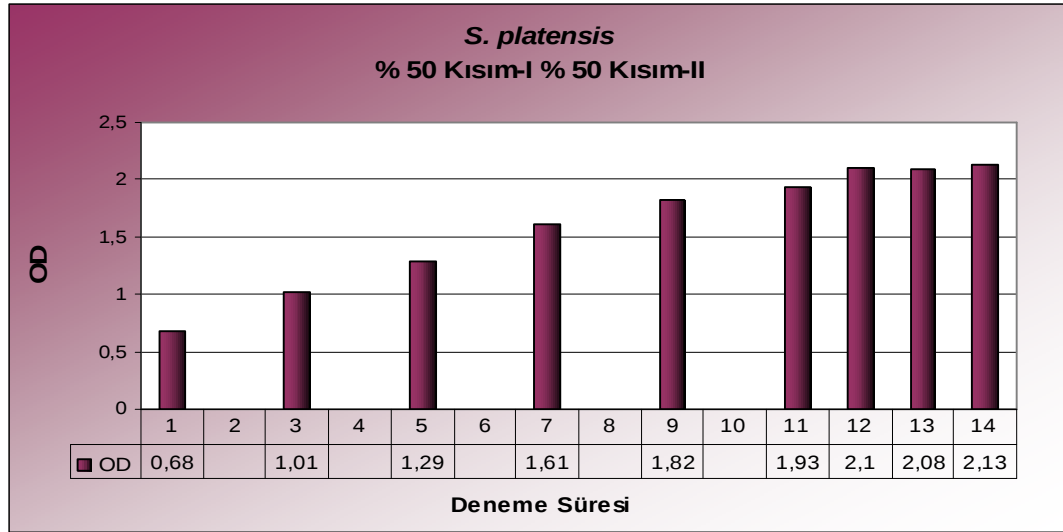
Şekil 4.5. %100 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Spirulina besi ortamını oluşturan kısım-I ve II'nin %25 oranında eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde 16 gün süren denemede başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.61 ± 0.01 ve 2.31 ± 0.23 olarak belirlenmiştir. *Spirulina* besi ortamındaki kısım-I ve II'nin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



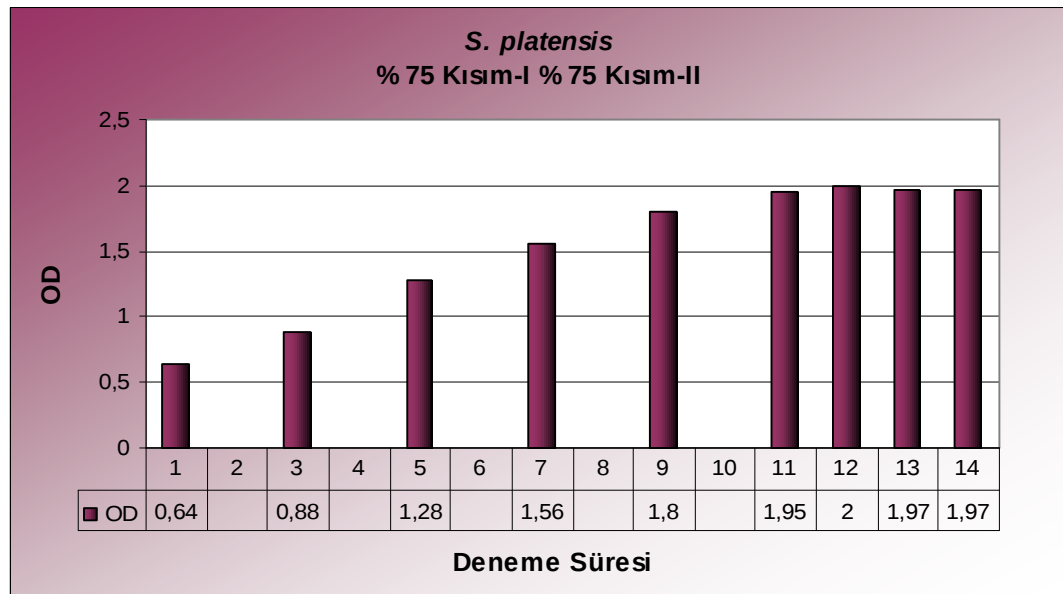
Şekil 4.6. %25 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Spirulina besi ortamını oluşturan kısım-I ve II'nin %50 oranında eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde 14 gün süren denemede başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.68 ± 0.05 ve 2.13 ± 0.18 olarak kaydedilmiştir. *Spirulina* besi ortamındaki kısım-I ve II'nin %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir.



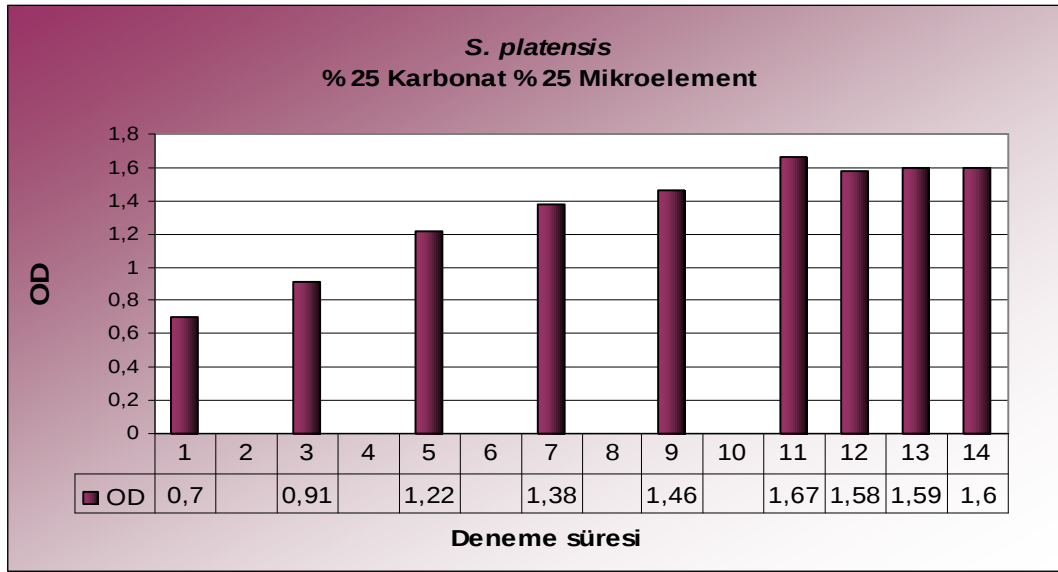
Şekil 4.7. %50 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Besi ortamını oluşturan kısım-I ve II'nin %75 oranında eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde 14 gün süren denemede başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.64 ± 0.03 , 2 ± 0.05 olarak saptanmıştır. *Spirulina* besi ortamındaki kısım-I ve II'nin %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir.



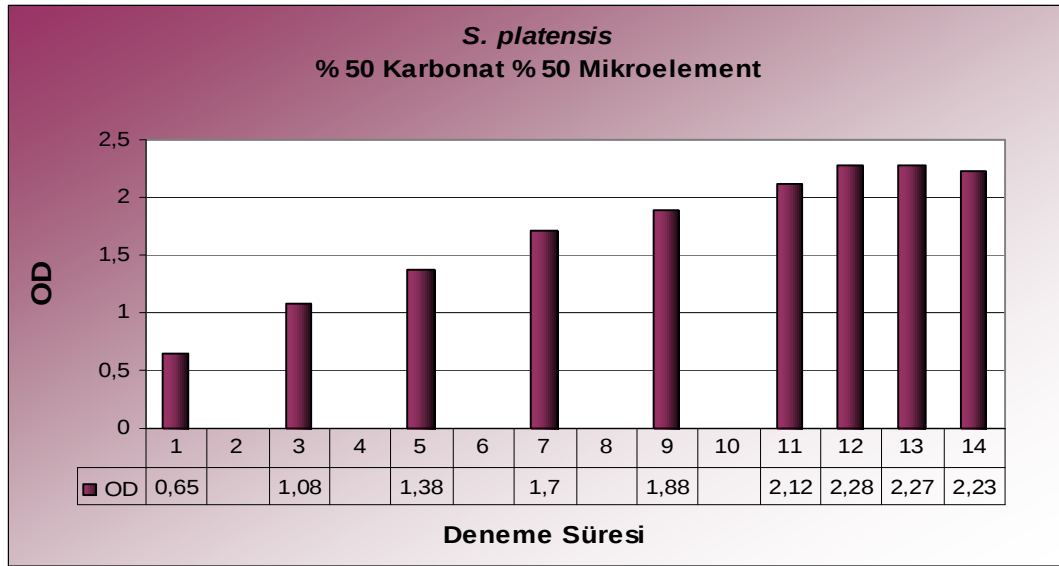
Şekil 4.8. %75 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Besi ortamından %25 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S.platensis* kültürlerinde 14 gün süren denemede başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.7 ± 0.13 ve 1.67 ± 0.02 olarak belirlenmiştir. Karbonat ve mikroelementlerin %25 oranında eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.9’de verilmiştir.



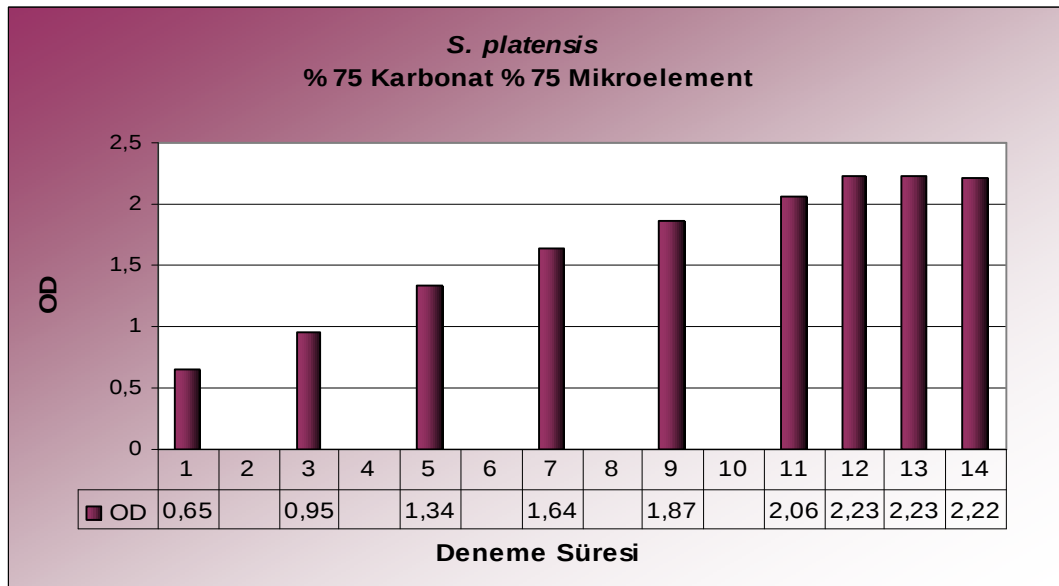
Şekil 4.9. %25 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Besi ortamından %50 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde 14 gün süren denemede başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.65 ± 0.02 ve 2.28 ± 0.25 olarak saptanmıştır. Karbonat ve mikroelementlerin %50 oranında eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.10’de verilmiştir.



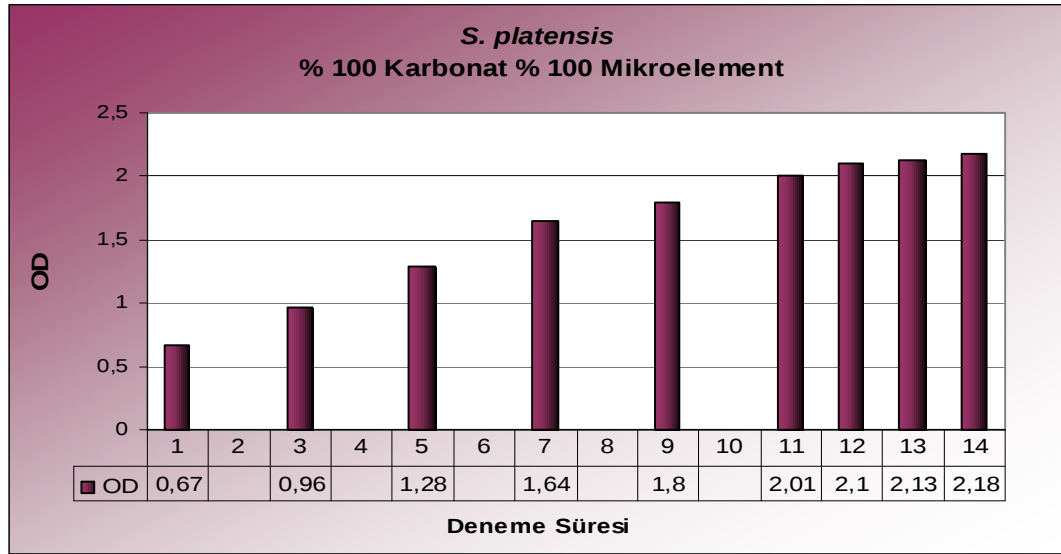
Şekil 4.10. %50 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Besi ortamından %75 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde, 14 gün süren deneme sonunda kaydedilen başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.65 ± 0.03 ve 2.23 ± 0.28 olmuştur. Karbonat ve mikroelementlerin %75 oranında eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.11’de verilmiştir.



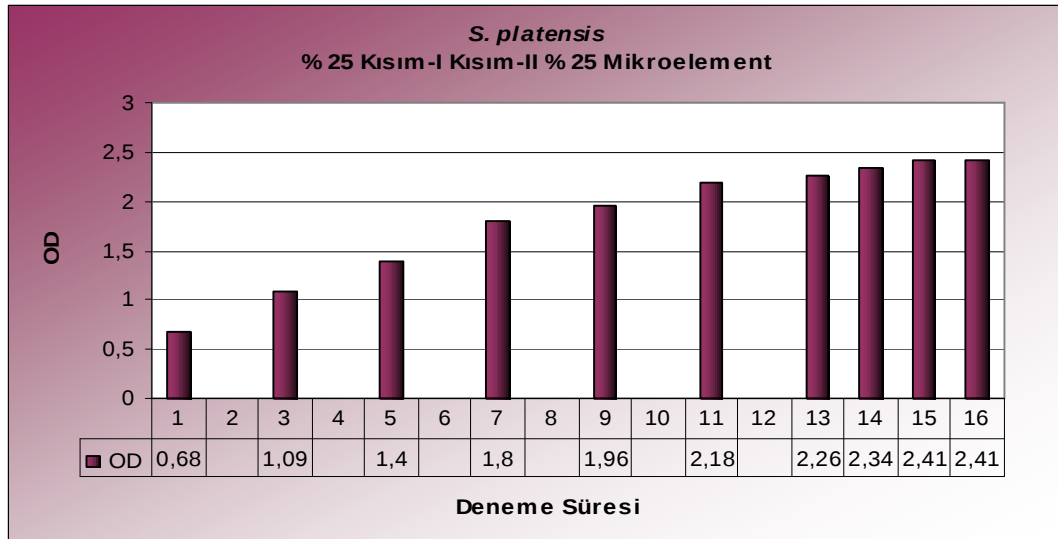
Şekil 4.11. %75 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Besi ortamından %100 karbonat ve mikroelement eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde, 14 gün süren deneme sonunda başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.67 ± 0.02 ve 2.18 ± 0.105 olarak kaydedilmiştir. Karbonat ve mikroelementlerin %100 oranında eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.12’de verilmiştir.



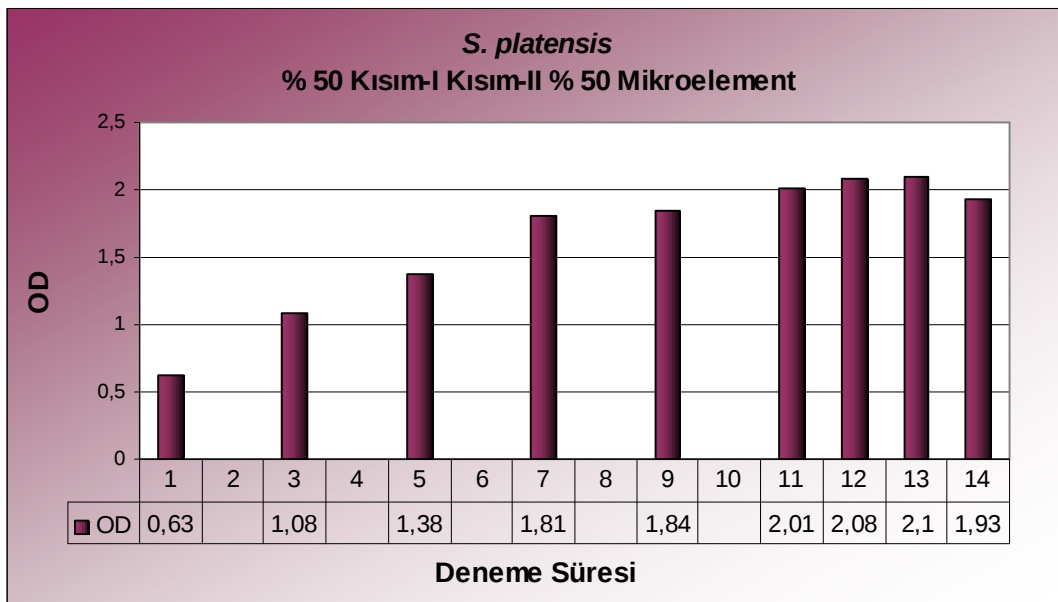
Şekil 4.12. %100 karbonat ve mikroelement eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Besi ortamını oluşturan kısım-I ve II’nin %25 oranında eksildiği ve aynı zamanda %25 mikroelement eksilmesi de yapılan *S. platensis* kültürlerinde 16 gün süren deneme sonunda belirlenen başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.68 ± 0.01 , 2.41 ± 0.13 dir. Kısım-I, II ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.13’de verilmiştir.



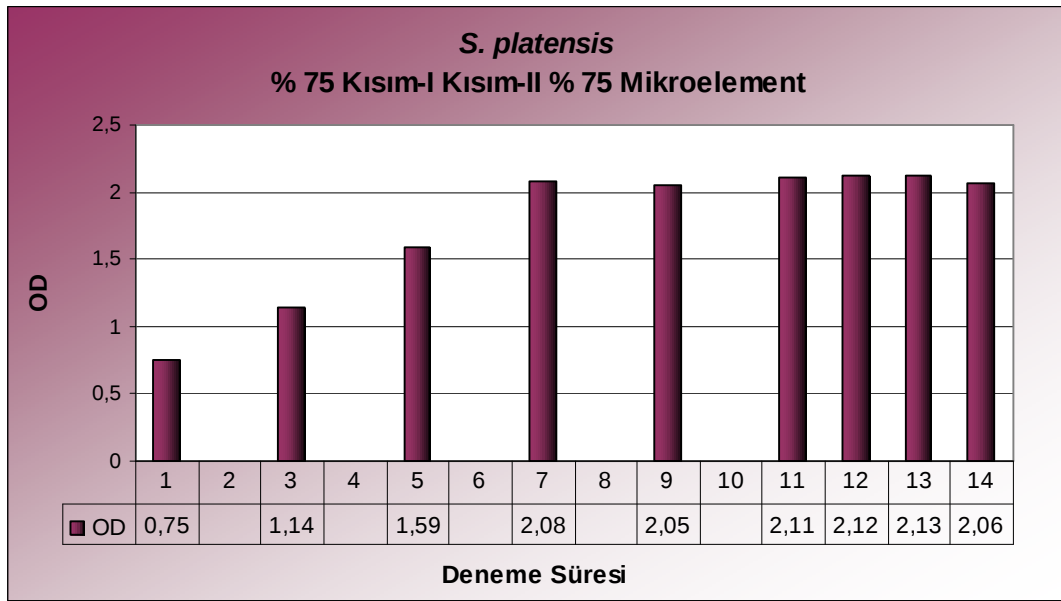
Şekil 4.13. %25 kısım-I, II ve mikroelement eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Besi ortamını oluşturan kısım-I, II'nin %50 ve mikroelementlerin %50 oranında eksiltildiği kültürlerde 14 gün süren deneme sonunda başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.63 ± 0.09 ve 2.1 ± 0.11 olarak bulunmuştur. Kısım-I, II ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14. %50 kısım-I ve II %50 mikroelement eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

Kısım-I ve II besi ortamının %75 ve mikroelementlerin %75 oranında eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde 14 gün süren deneme sonunda saptanan başlangıç ve en yüksek optik yoğunluk değerleri sırasıyla 0.75 ± 0.04 , 2.13 ± 0.12 dir. Kısım-I, II'nin ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait optik yoğunluğun değişim grafiği Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.15. %75 kısım-I, II ve %75 mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde OD değerleri.

S. platensis kültürlerine uygulanan muamelelerin, deneme bitiminde belirlenen optik yoğunluk değerleri ve gruplardaki deneme süreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. *S. platensis* kültürlerinde uygulanan muamelelerin son güne ait OD değerleri ve deneme süreleri.

MUAMELELER	Son Gün OD Değerleri	Deneme Süresi
KONTROL	2.18	16
% 25 KARBONAT	2.31	16
% 50 KARBONAT	2.28	16
% 75 KARBONAT	2.21	16
% 100 KARBONAT	1.73	14
% 25 KISIM-I ve II	2.31	16
% 50 KISIM-I ve II	2.13	14
% 75 KISIM I ve II	1.97	14
% 25 KARBONAT ve MİKROELEMENT	1.6	14
% 50 KARBONAT ve MİKROELEMENT	2.23	14
% 75 KARBONAT ve MİKROELEMENT	2.22	14
% 100 KARBONAT ve MİKROELEMENT	2.18	14
% 25 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	2.42	16
% 50 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	1.93	14
% 75 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	2.06	14

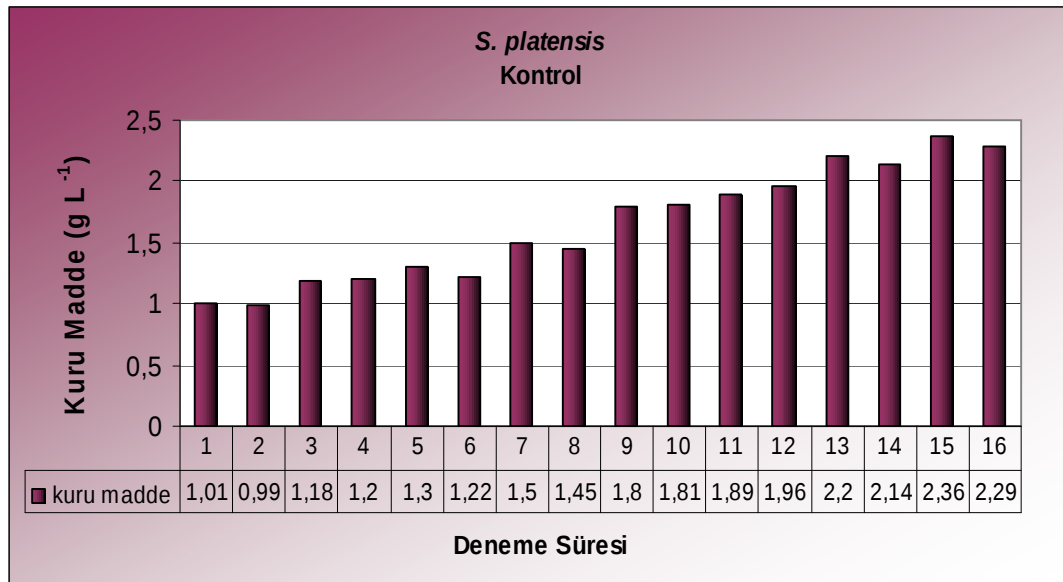
Uygulanan muamelelerin *S. platensis* kültürlerinde bir büyüme parametresi olan optik yoğunlukları üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Uygulanan muamele grupları içerisinde en düşük OD değeri %25 karbonat ve mikroelement eklenmeyen grupta 1.6 ± 0.07 değeri ile ve en yüksek OD değeri ise besleyici elementlerin %25 oranında eksik uygulandığı grupta 2.42 ± 0.13 ile elde edildiği görülmüştür.

4.1.2. Kuru Madde

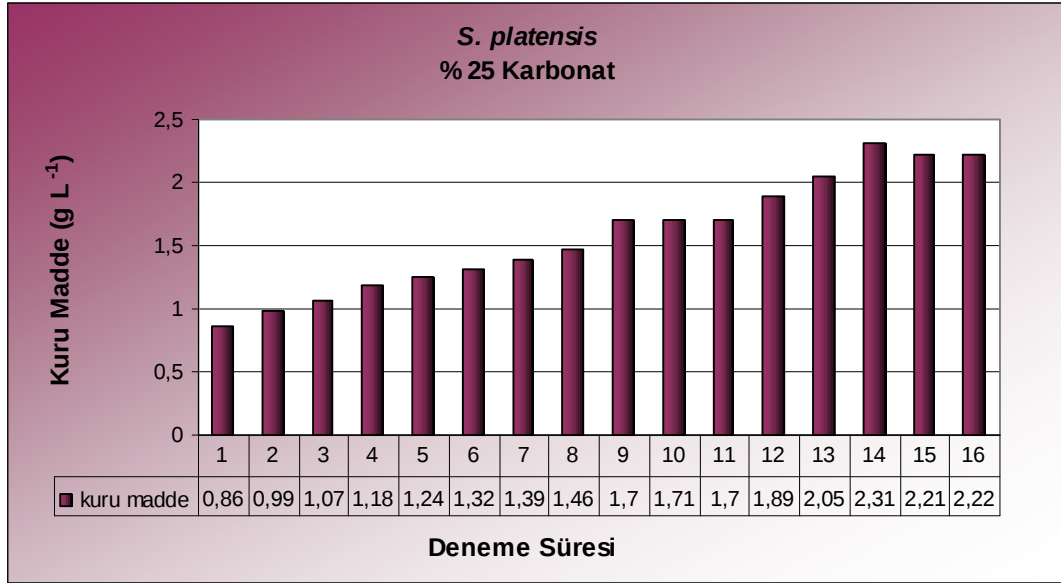
Yürütülen demelerde, besin eksiltmesi uygulamalarının kültürlerdeki *S. platensis* ürün verimliliği üzerine etkilerini belirlemek üzere kuru madde miktarı belirlmeleri yapılmıştır.

Kontrol grubunda 16 gün süren denemede en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla $0,99 \pm 0,17$, $2,36 \pm 0,15$ g L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Deneme süresince uygulanan muameleler ile karşılaştırılmak üzere kontrol grubu kültürlerine ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.16’de verilmiştir.



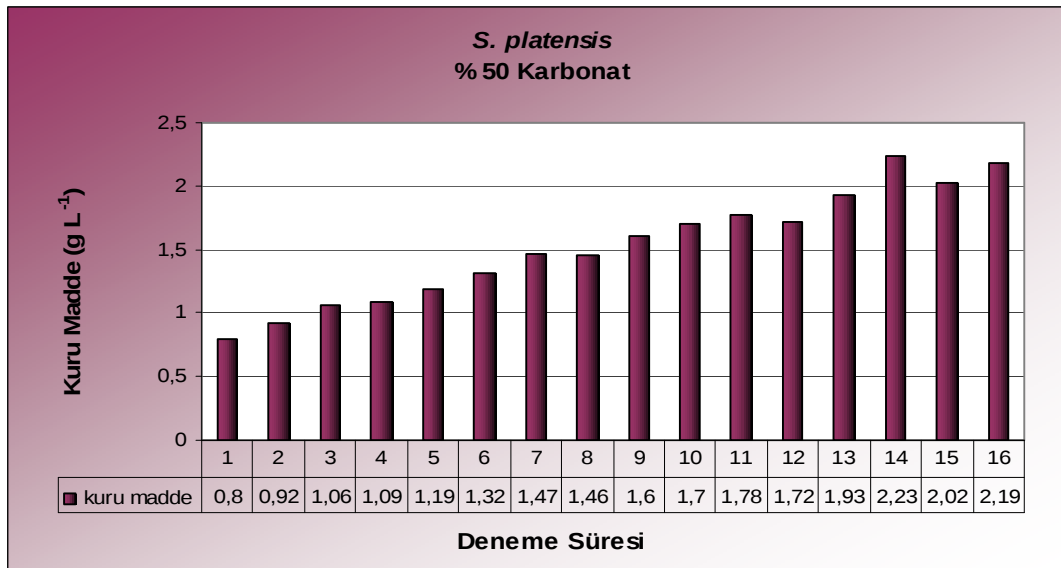
Şekil 4.16. *S. platensis* kontrol grubu kuru madde değerleri.

Karbonatın %25 oranında eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla $0,86 \pm 0,14$, $2,31 \pm 0,21$ g L⁻¹ olarak saptanmıştır. Karbonatın %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.17’ de verilmiştir.



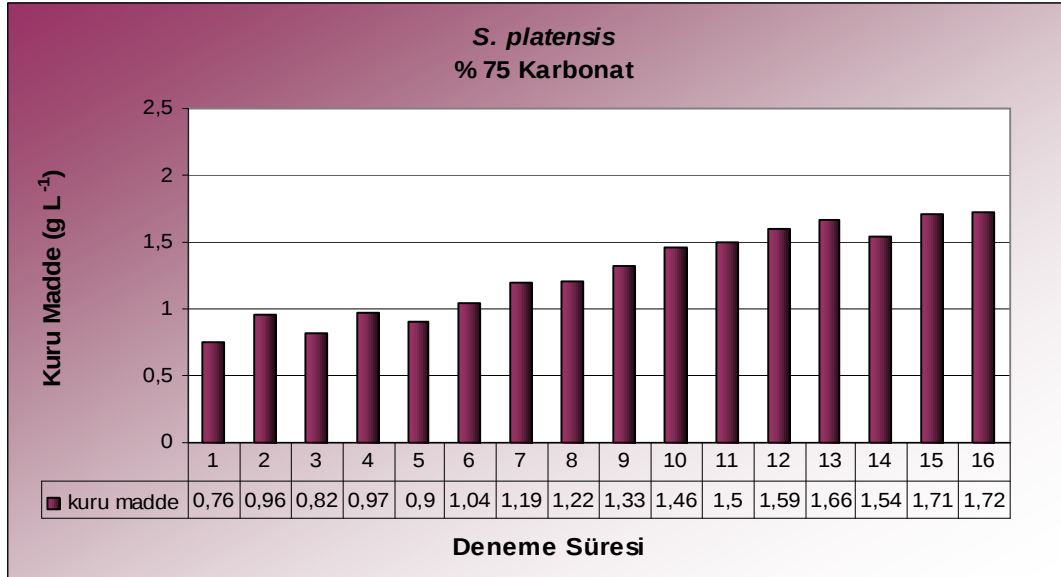
Şekil 4.17. %25 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Karbonatın %50 eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.8 ± 0.05 , 2.23 ± 0.19 g L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Karbonatın %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.18’de verilmiştir.



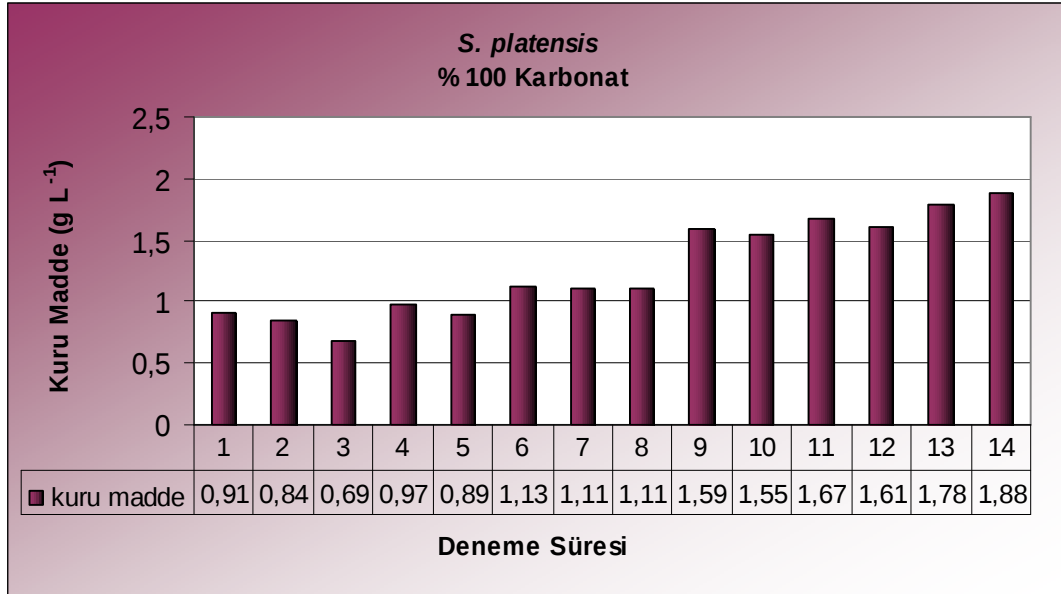
Şekil 4.18. %50 Karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Karbonatın %75 eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde saptanan en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.76 ± 0.04 , 1.72 ± 0.03 g L⁻¹ dir. Karbonatın %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.19’de verilmiştir.



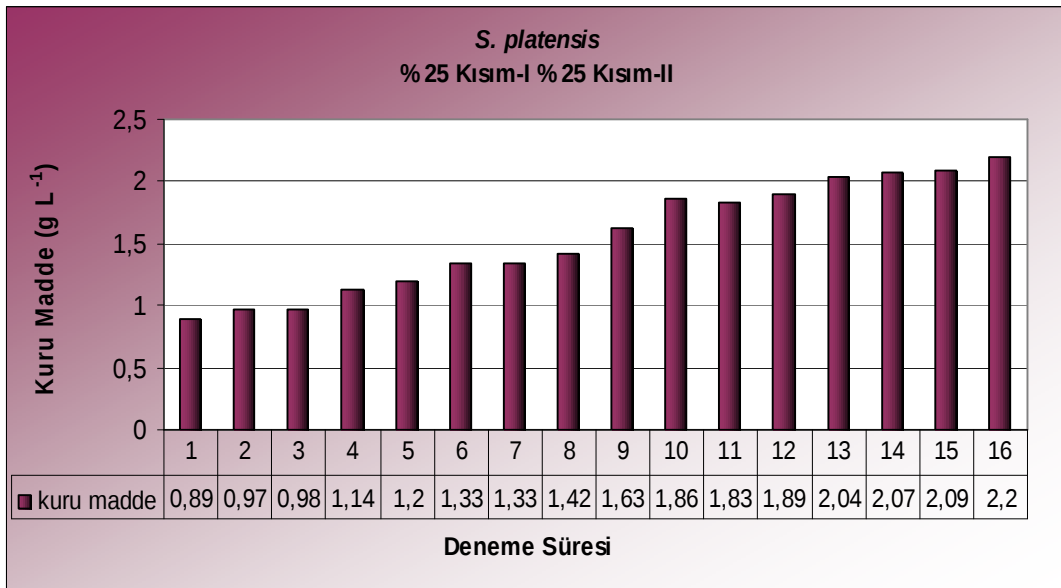
Şekil 4.19. %75 karbonat eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Karbonatın eklenmediği *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.69 ± 0.07 , 1.88 ± 0.43 g L⁻¹ olarak kaydedilmiştir. % 100 karbonat eksikliğin uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.20’de verilmiştir.



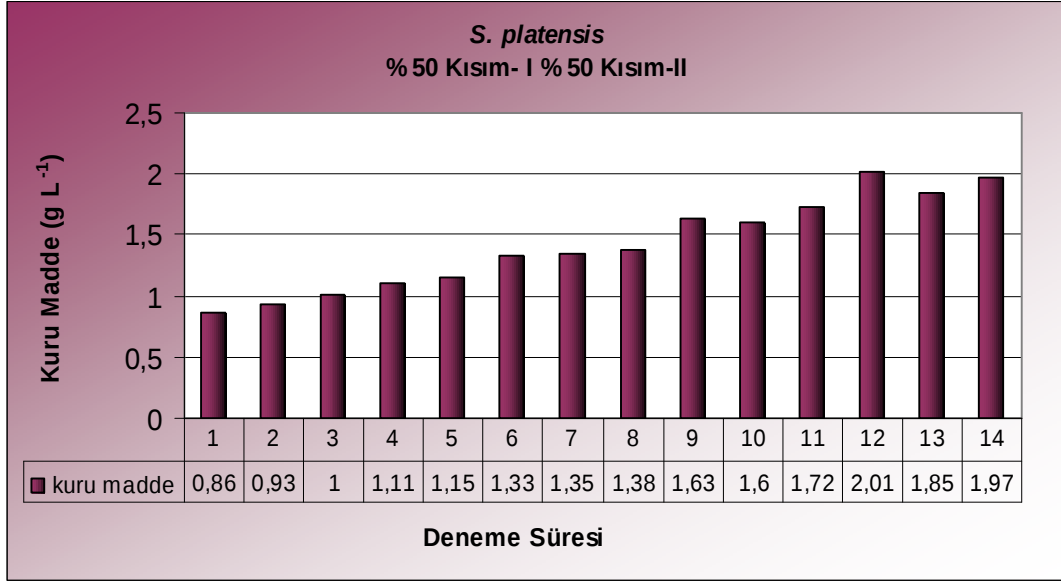
Şekil 4.20. %100 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Besi ortamını oluşturan kısım-I ve II'nin %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde belirlenen en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.89 ± 0.13 , 2.2 ± 0.31 g L⁻¹ olmuştur. Kısım-I ve II'nin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.21'de verilmiştir.



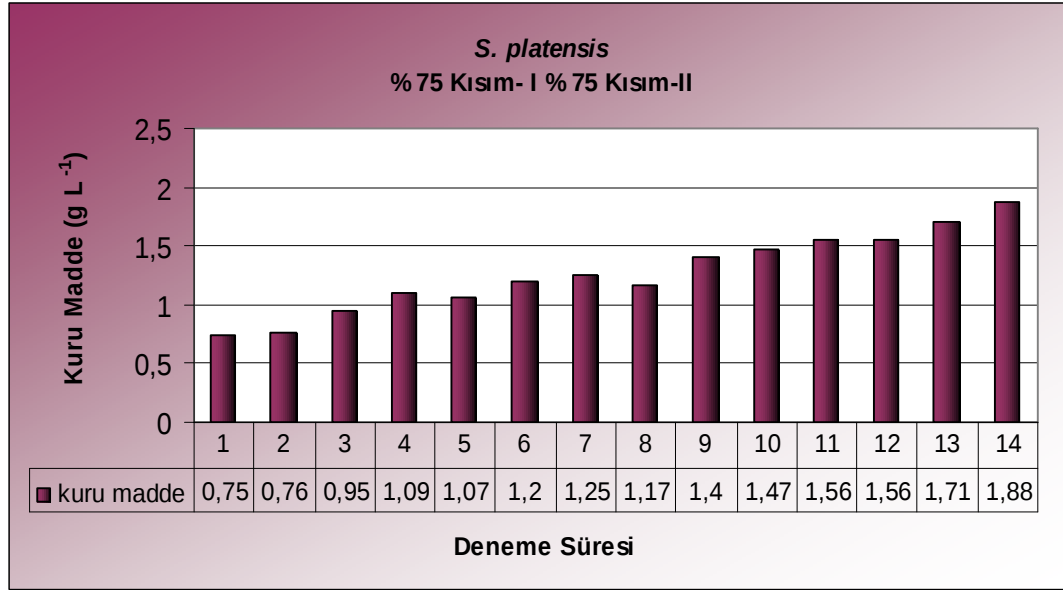
Şekil 4.21. %25 kısım-I ve II eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Besi ortamındaki besleyici elementlerin yarısının eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.86 ± 0.11 , 2.01 ± 0.206 g L⁻¹ olarak saptanmıştır. Kısım-I ve II'nin %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.22'de verilmiştir.



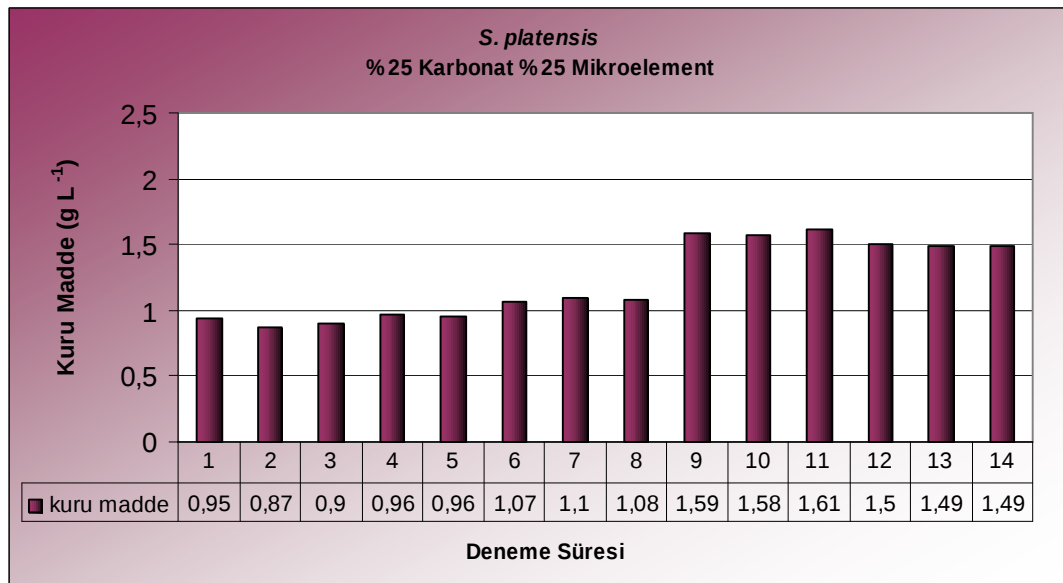
Şekil 4.22. %50 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Besi ortamındaki elementlerin %75 oranında eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.75 ± 0.02 1.88 ± 0.29 g L⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Kısım-I ve II'nin %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.23'de verilmiştir.



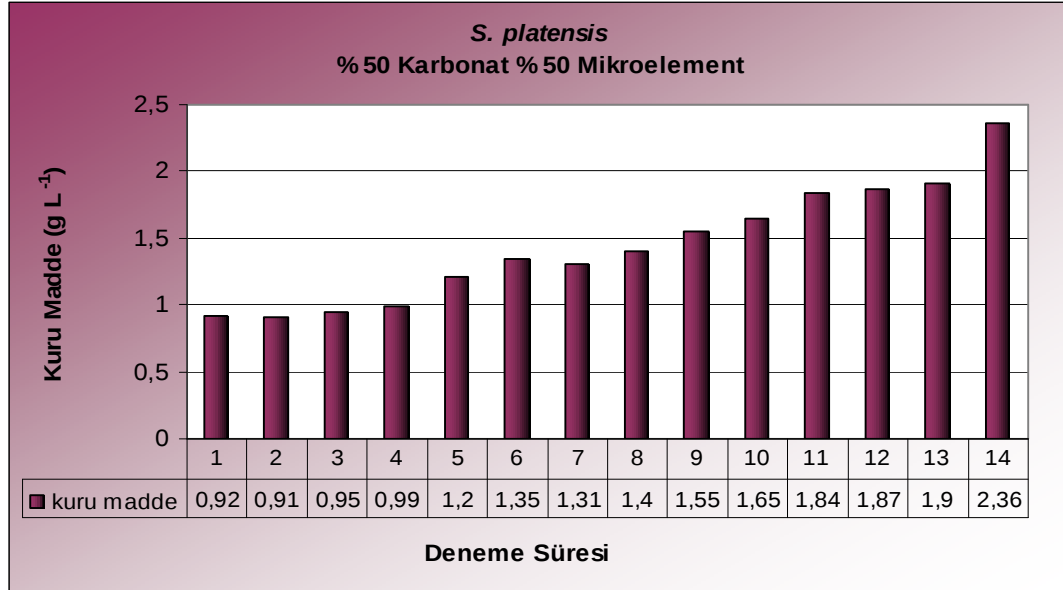
Şekil 4.23. %75 kısım-I ve II eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Karbonatın ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.87 ± 0.11 1.61 ± 0.08 g L⁻¹ dir. Karbonat ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlere ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.24’de verilmiştir.



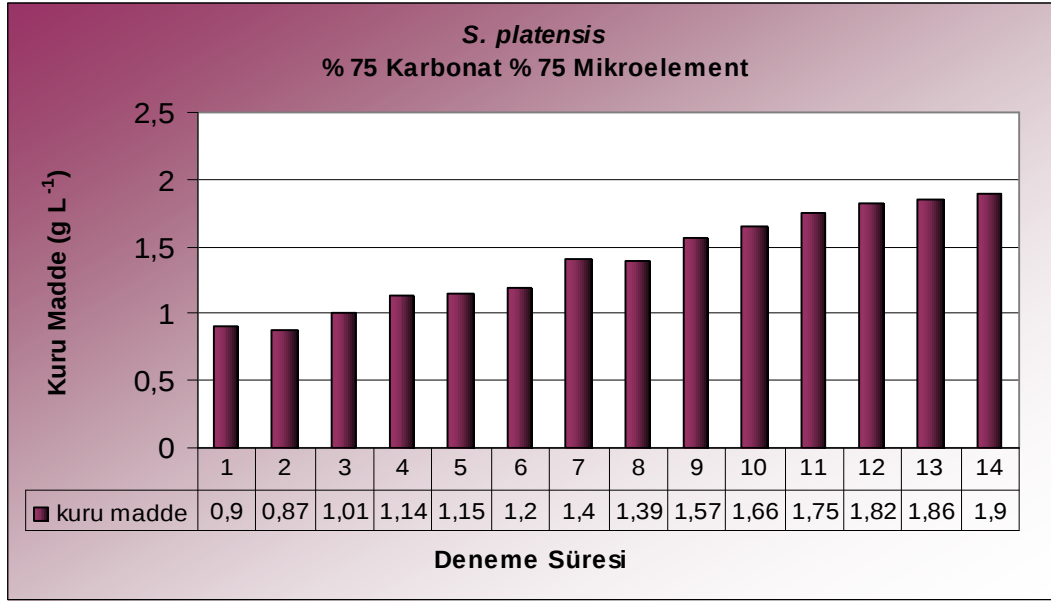
Şekil 4.24. %25 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Karbonatın ve mikroelementlerin %50'sinin eklenmediği *S. platensis* kültürlerinde belirlenen en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.91 ± 0.04 2.36 ± 0.32 g L⁻¹ olmuştur. Karbonat ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.25'de verilmiştir.



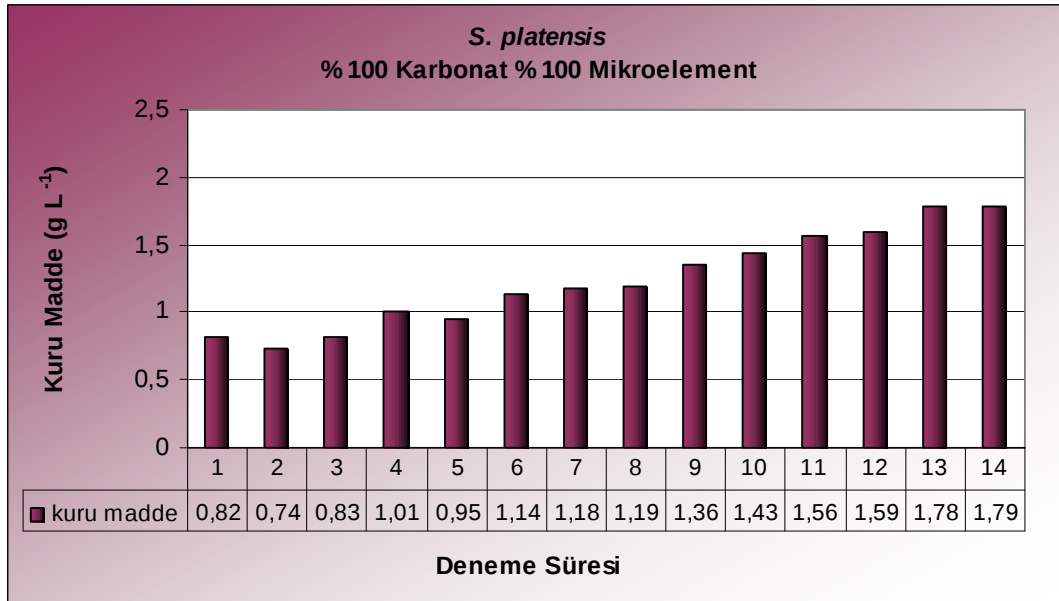
Şekil 4.25. %50 karbonat ve mikroelement eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Karbonat ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerine ait en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.87 ± 0.09 , 1.9 ± 0.05 g L⁻¹ olarak saptanmıştır. Karbonat ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.26'de verilmiştir.



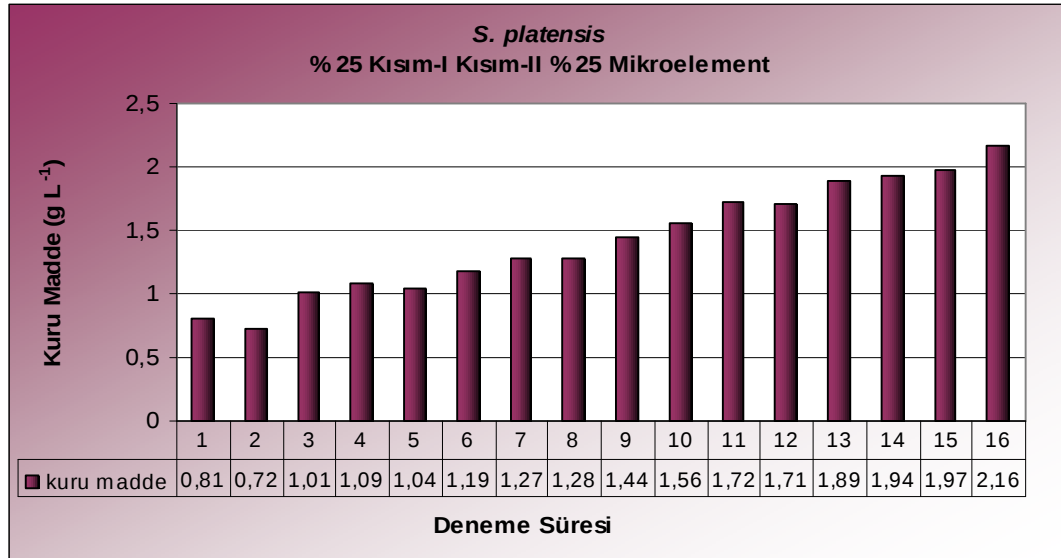
Şekil 4.26. %75 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Karbonat ve mikroelementlerin %100 oranında eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.74 ± 0.05 1.79 ± 0.14 g L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Karbonat ve mikroelementlerin %100 eksik uygulandığı kültürlere ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.27’de verilmiştir.



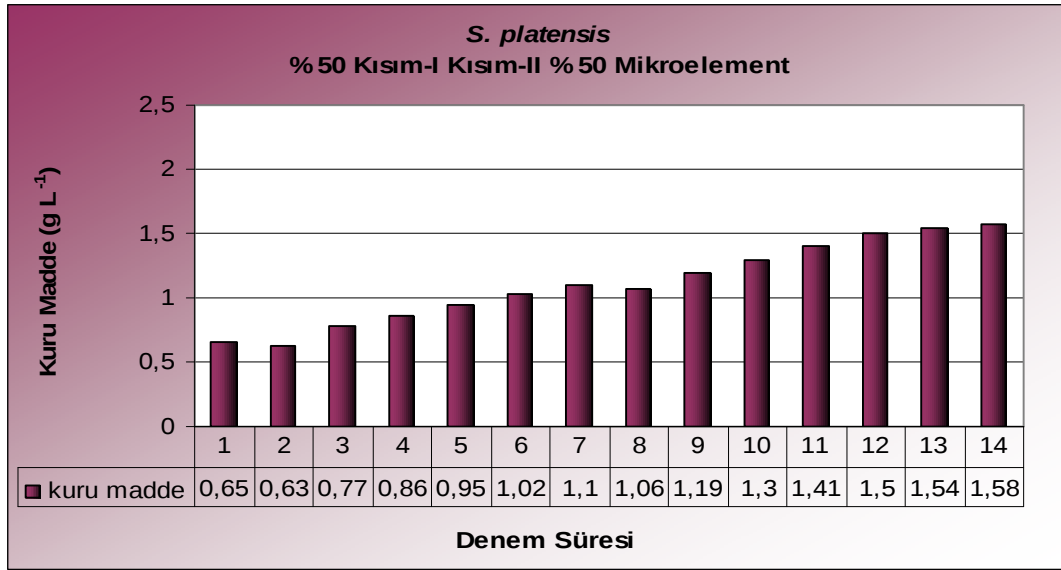
Şekil 4.27. %100 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Besleyici elementlerin tümünün %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde saptanan en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.72 ± 0.13 2.16 ± 0.22 g L⁻¹ olmuştur. Kısım-I, II ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlere ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.28’de verilmiştir.



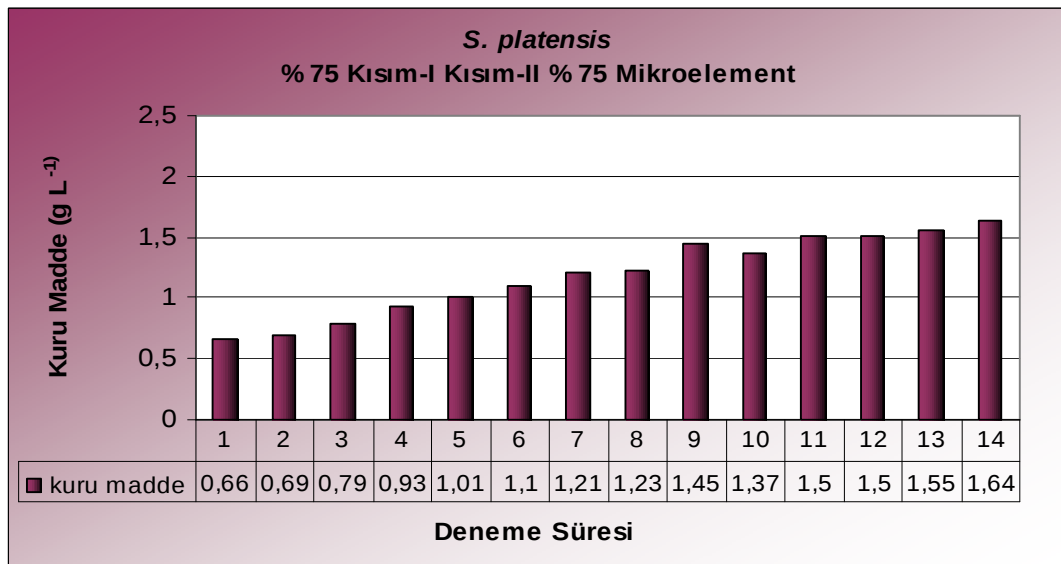
Şekil 4.28. %25 kısım-I ve II, % 25 mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Besleyici elementlerin tümünün %50 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.63 ± 0.03 1.58 ± 0.33 g L⁻¹ olarak belirlenmiştir. %50 kısım-I ve II, %50 mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlere ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.29’de verilmiştir.



Şekil 4.29. %50 kısım-I ve II, %50 mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Besleyici elementlerin %75 oranında eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde belirlenen düşük ve en yüksek kuru madde değerleri sırasıyla 0.66 ± 0.02 1.64 ± 0.09 g L⁻¹ dir. %75 kısım-I ve II, %75 mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait kuru madde değişim grafiği Şekil 4.30’de verilmiştir.



Şekil 4.30. %75 kısım-I ve II, %75 mikro element eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde kuru madde değerleri.

Muamele gruplarından en düşük kuru madde değeri %25 karbonat ve mikro element eksikliğinin uygulandığı grupta $1.49 \pm 0.03 \text{ g L}^{-1}$ ve en yüksek kuru madde değeri kontrol grubundan sonra %50 karbonat ve mikroelement eksikliği uygulanan grupta $2.23 \pm 0.21 \text{ g L}^{-1}$ olarak bulunmuştur. *S. platensis* kültürlerinde uygulanan muamelelerin son güne ait kuru madde değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

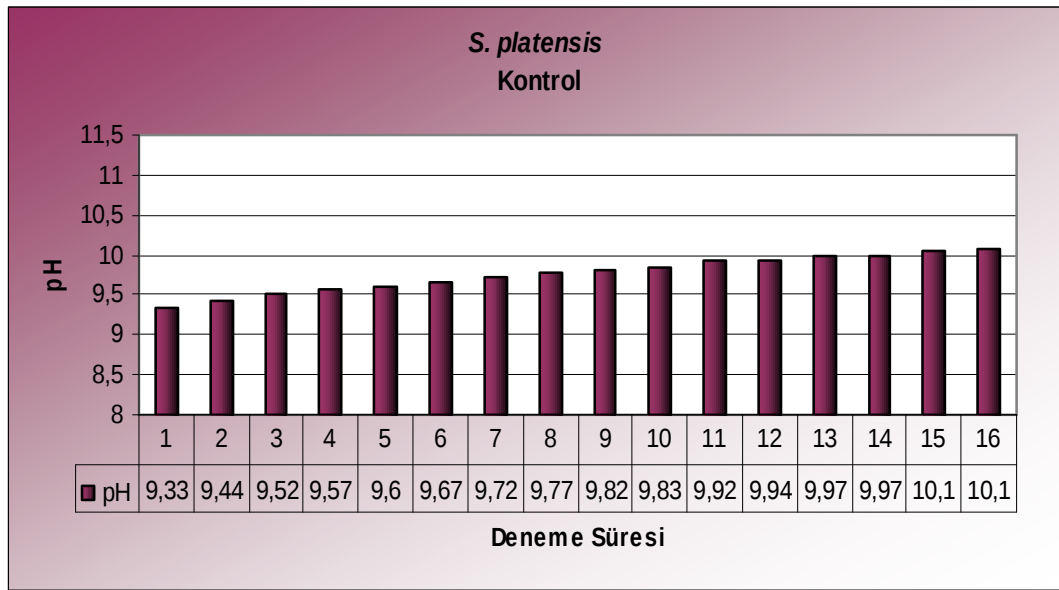
S. platensis kültürlerine uygulanan muamelelerin kuru madde miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.2. *S. platensis* kültüründe uygulanan muamelelerin son güne ait kuru madde değerleri ve deneme süreleri

MUAMELELER	Son Gün Kuru Madde Değerleri (g L^{-1})	Deneme Süresi
KONTROL	2.29	16
% 25 KARBONAT	2.22	16
% 50 KARBONAT	2.19	16
% 75 KARBONAT	1.72	16
% 100 KARBONAT	1.88	14
% 25 KISIM-I ve II	2.2	16
% 50 KISIM-I ve II	1.97	14
% 75 KISIM-I ve II	1.88	14
% 25 KARBONAT ve MİKROELEMENT	1.49	14
% 50 KARBONAT ve MİKROELEMENT	2.23	14
% 75 KARBONAT ve MİKROELEMENT	1.9	14
% 100 KARBONAT ve MİKROELEMENT	1.79	14
% 25 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	2.16	16
% 50 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	1.58	14
% 75 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	1.64	14

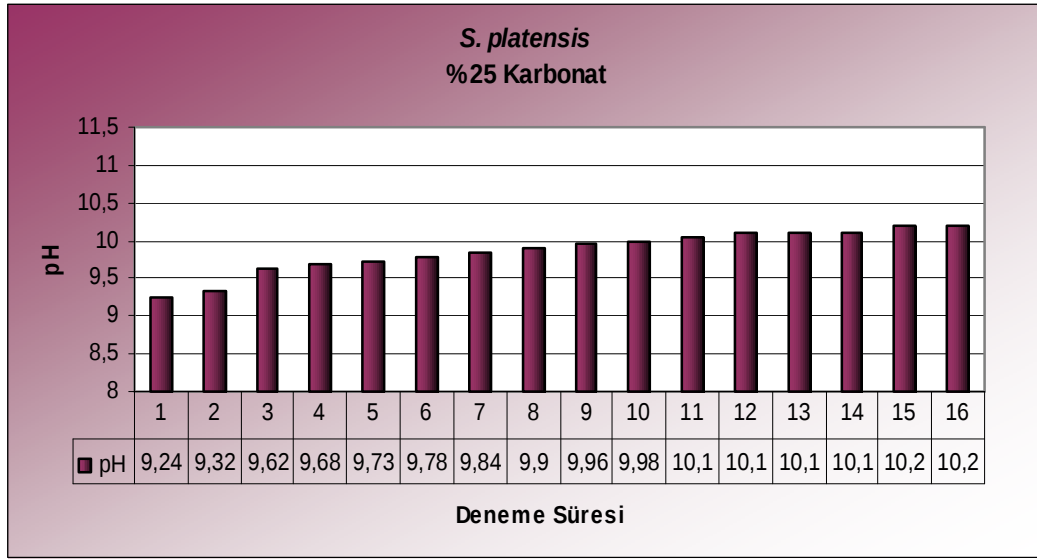
4.1.3. pH

Denemede kontrol grubuna ait en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.33 ± 0.02 , 10.1 ± 0.07 olarak bulunmuştur. Deneme süresince uygulanan muameleleri karşılaştırmak üzere kontrol grubu kültürlerine ait pH değişim grafiği Şekil 4.31’de verilmiştir.



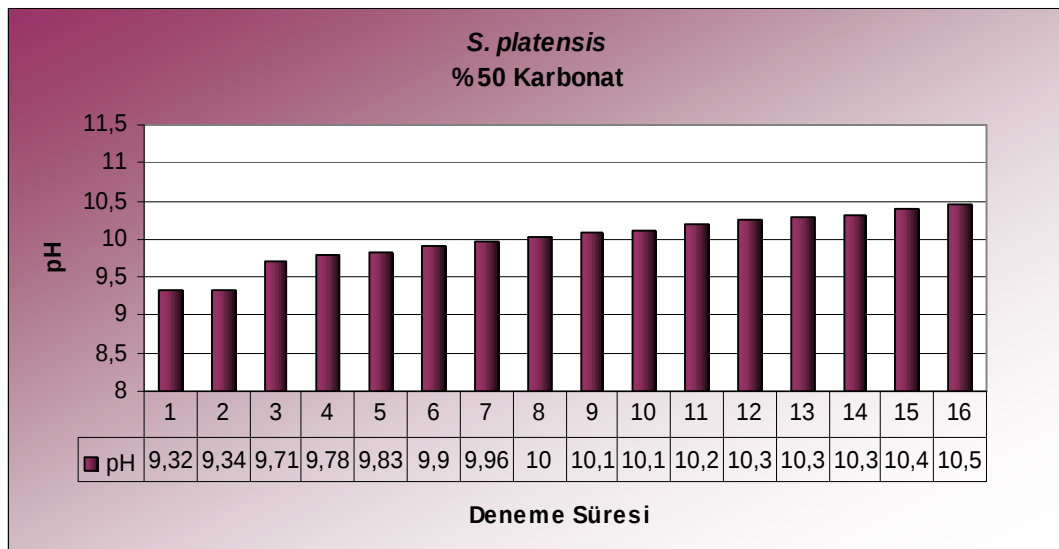
Şekil 4.31. *S. platensis* kontrol grubu pH değerleri.

Karbonatın %25 eksik uygulandığı kültürlerdeki en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.24 ± 0.02 , 10.2 ± 0.05 olarak belirlenmiştir. Karbonatın %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.32’de verilmiştir.



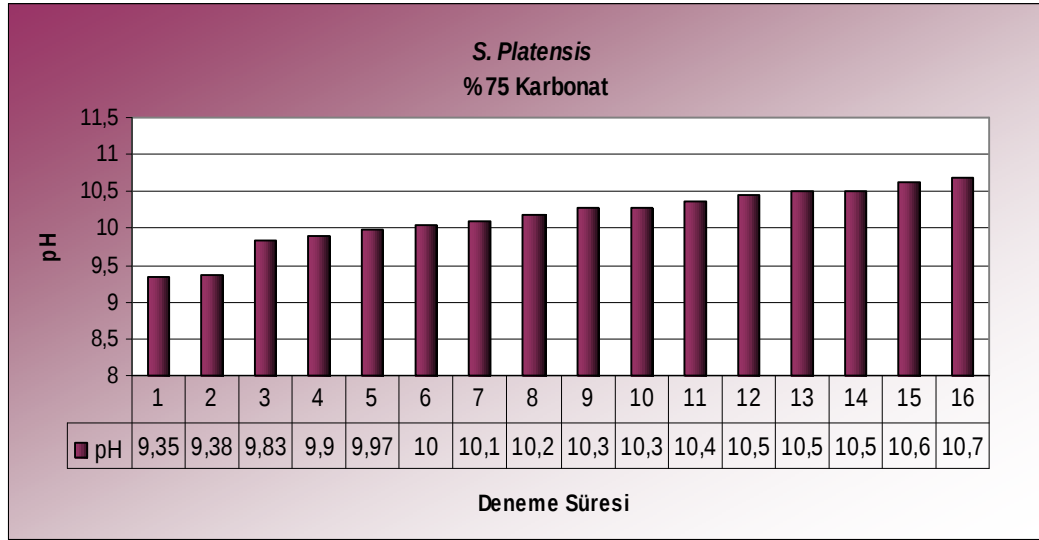
Şekil 4.32. %25 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Karbonatın %50 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde saptanan en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.32 ± 0.01 10.5 ± 0.17 'dir. Karbonat %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.33'de verilmiştir.



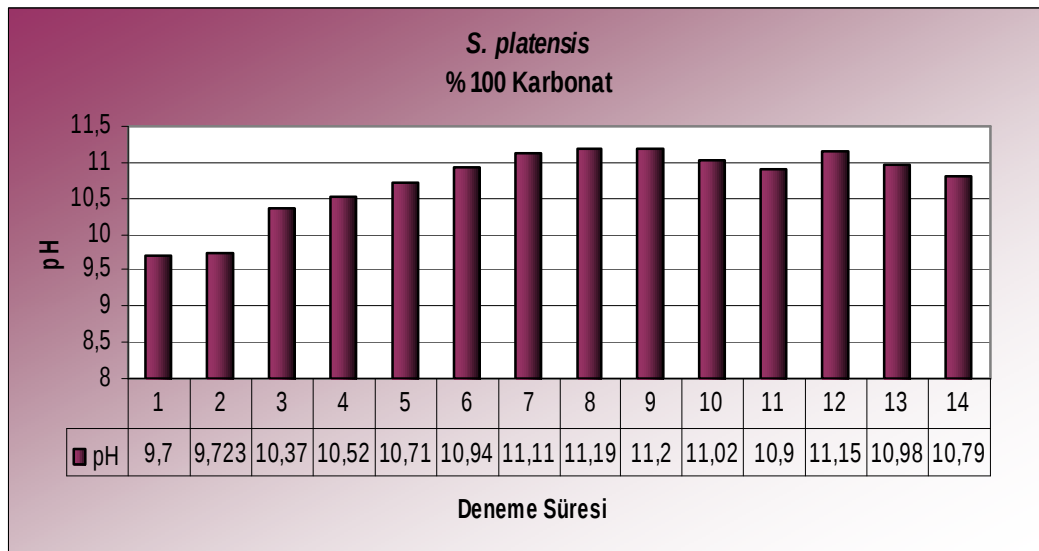
Şekil 4.33. %50 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Karbonatın %75 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.35 ± 0.01 , 10.7 ± 0.08 olarak bulunmuştur. Karbonatın %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.34'de verilmiştir.



Şekil 4.34. %75 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri

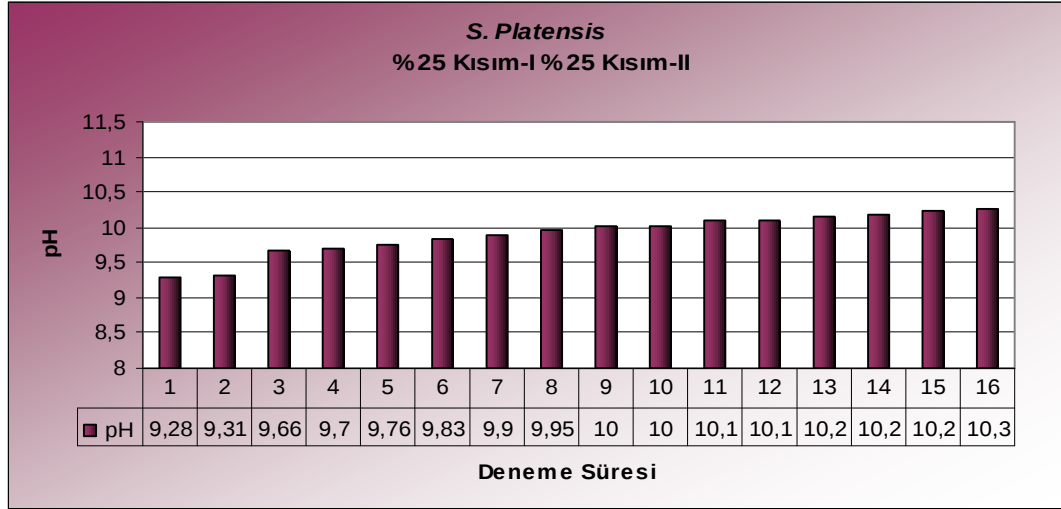
Karbonatın %100 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.7 ± 0.01 , 11.2 ± 0.32 olarak belirlenmiştir. Karbonatın %100 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.35’de verilmiştir.



Şekil 4.35. %100 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

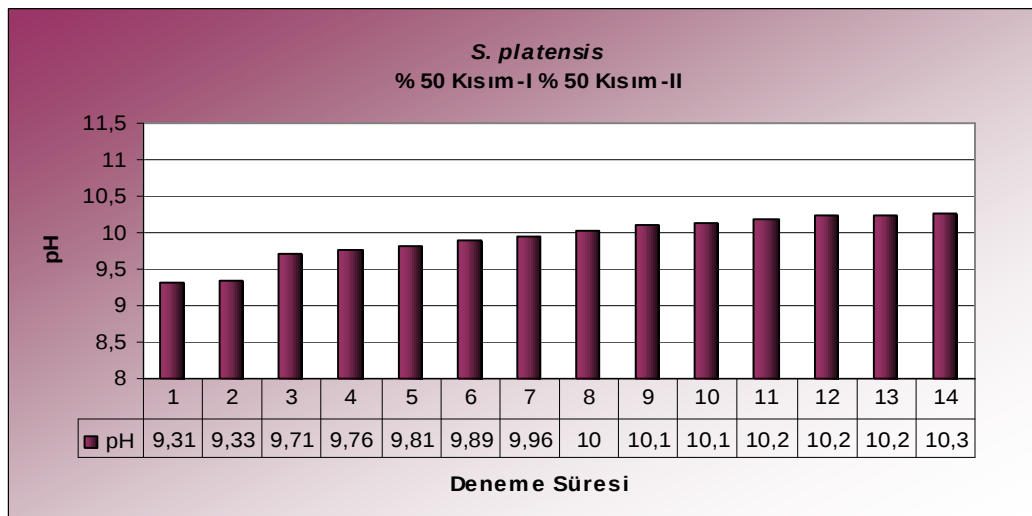
Besleyici elementlerin %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.28 ± 0.01 , 10.3 ± 0.12 olarak

kaydedilmiştir. Besleyici elementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.36’de verilmiştir.



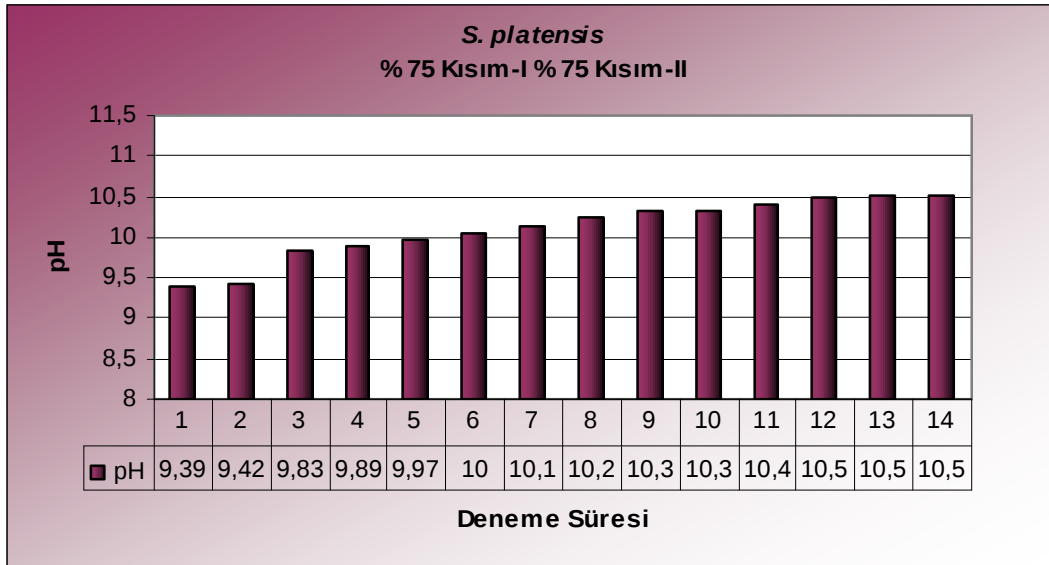
Şekil 4.36. % 25 kısım-I ve II eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

S. platensis kültüründe, besleyici elementlerin %50 eksik uygulandığı kültürlerde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.31 ± 0.01 , 10.3 ± 0.15 olarak bulunmuştur. Besleyici elementlerin %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.37’de verilmiştir.



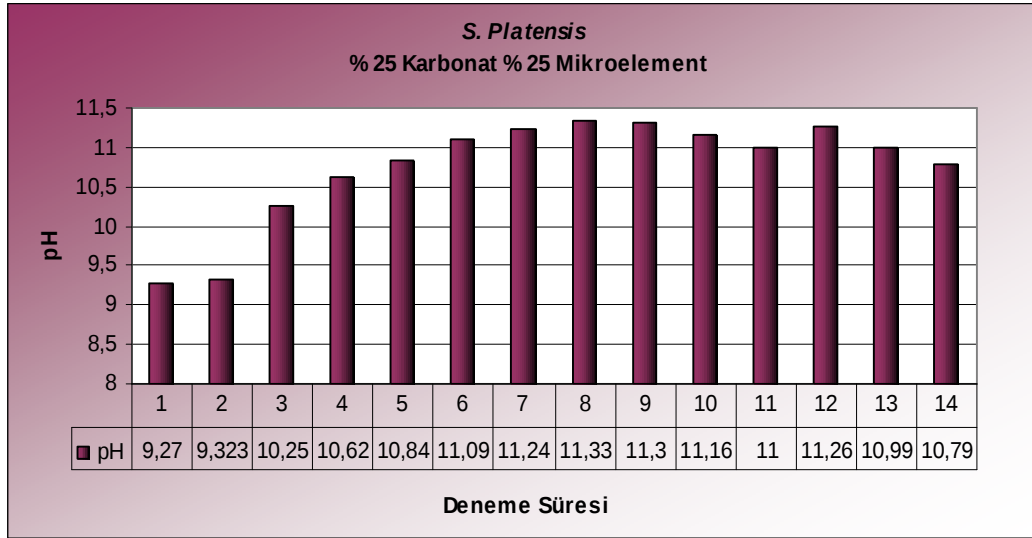
Şekil 4.37. %50 kısım-I ve II eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Besleyici elementlerin % 75 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.39 ± 0.01 , 10.5 ± 0.08 olarak belirlenmiştir. Besleyici elementlerin %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.38’de verilmiştir.



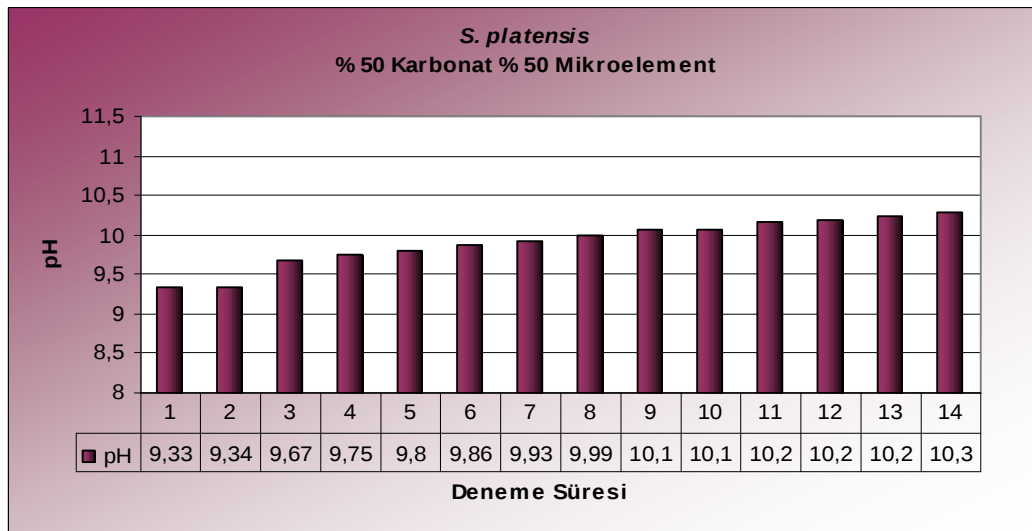
Şekil 4.38. %75 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Karbonatın ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.27 ± 0.01 , 11.33 ± 0.28 olarak bulunmuştur. Karbonatın ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.39’de verilmiştir.



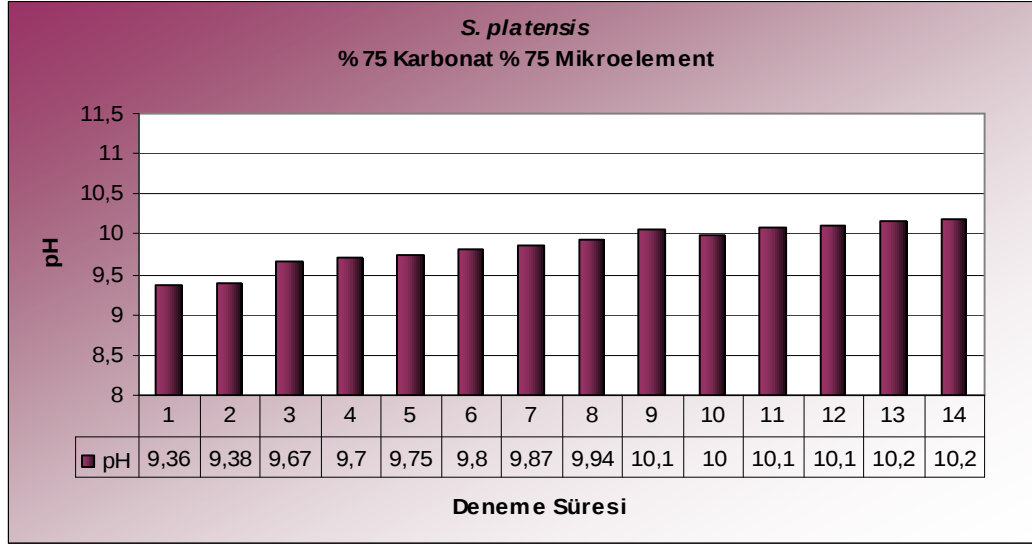
Şekil 4.39. %25 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Karbonat ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.33 ± 0.01 , 10.3 ± 0.109 olarak bulunmuştur. %50 karbonat ve mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.40’de verilmiştir.



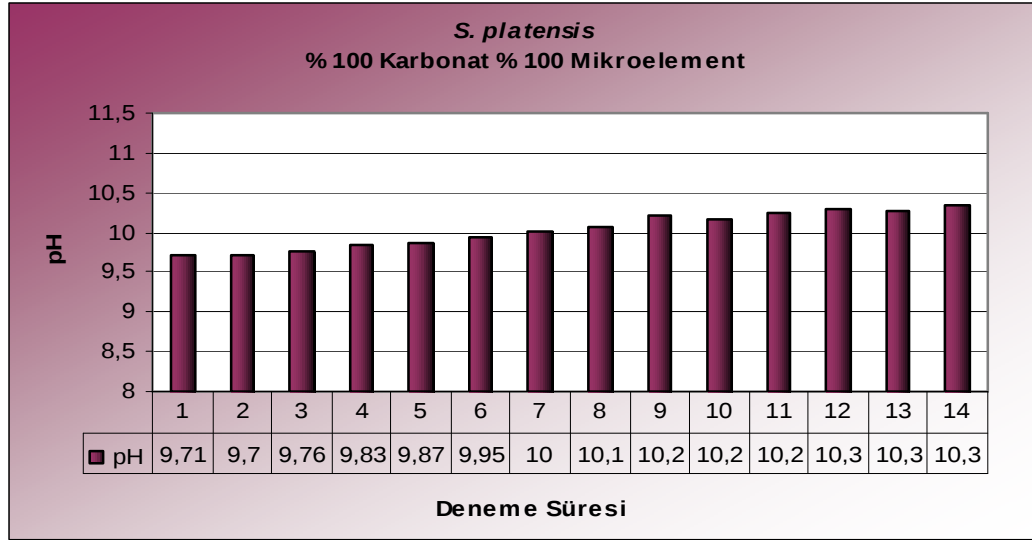
Şekil 4.40. % 50 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Karbonat ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.36 ± 0.01 , 10.2 ± 0.09 olarak bulunmuştur. %75 karbonat ve mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.41’de verilmiştir



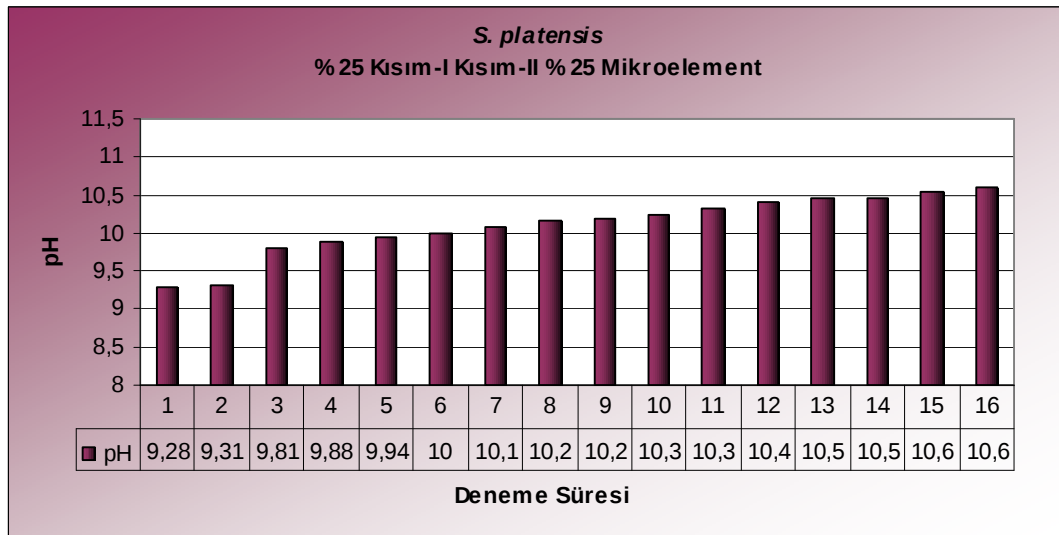
Şekil 4.41. % 75 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Karbonat ve mikroelementlerin %100 oranında eklenmediği *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.71 ± 0.02 , 10.3 ± 0.04 olarak bulunmuştur. Karbonat ve mikroelement eklenmeyen kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.42’de verilmiştir.



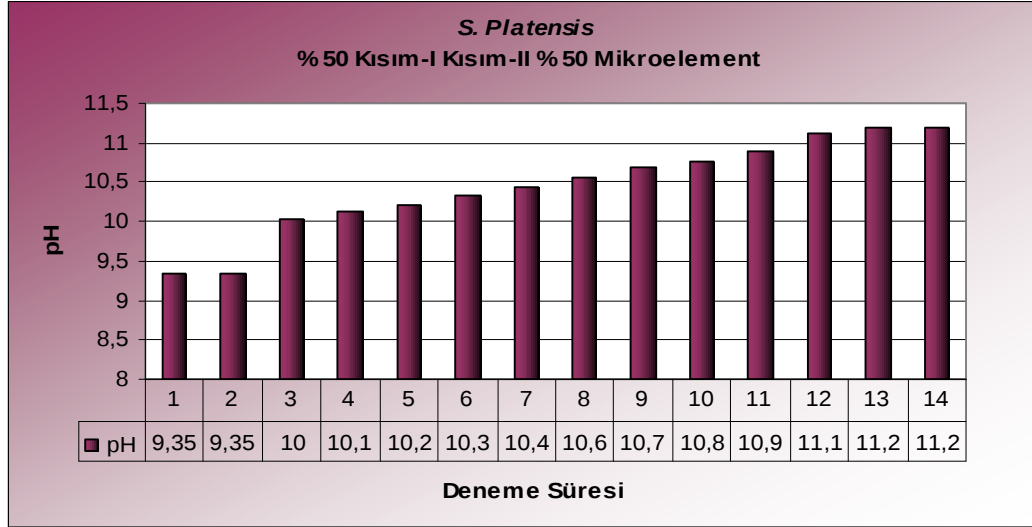
Şekil 4.42. % 100 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Besi ortamını oluşturan kısım-I, II ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.28 ± 0.01 , 10.6 ± 0.15 olarak bulunmuştur. Kısım-I, II ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait pH değişim grafiği Şekil 4.43’de verilmiştir.



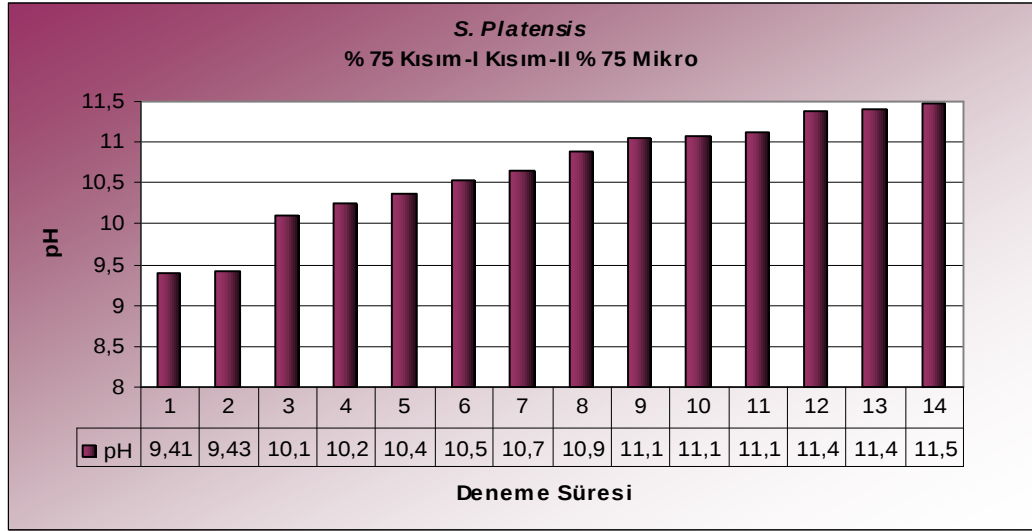
Şekil 4.43. %25 kısım-I, II ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Besi ortamını oluşturan kısım-I,II ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı muamele grubuna ait en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.35 ± 0.01 11.2 ± 0.34 olarak bulunmuştur. Kısım-I, II ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı kültürler için pH değişim grafiği Şekil 4.44’de verilmiştir.



Şekil 4.44. %50 kısım-I, II ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Kısım-I, II ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı kültürlerde en düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla 9.41 ± 0.005 , 11.5 ± 0.27 olarak bulunmuştur. Kısım-I, II ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı kültürler için pH değişim grafiği Şekil 4.45’de verilmiştir.



Şekil 4.45. %75 kısım-I, II ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerinde pH değerleri.

Muamele gruplarından en düşük pH değeri kontrol grubundan sonra %25 karbonat eksikliği ve %75 karbonat ve mikroelement eksiliği uygulanan gruplarda 10.2 ± 0.02 ve en yüksek pH değeri %75 kısım-I ve II %75 mikroelement eksikliği uygulanan grupta 11.5 ± 0.27 olarak bulunmuştur. *S. platensis* kültürlerine uygulanan muamelelerin son güne ait pH değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

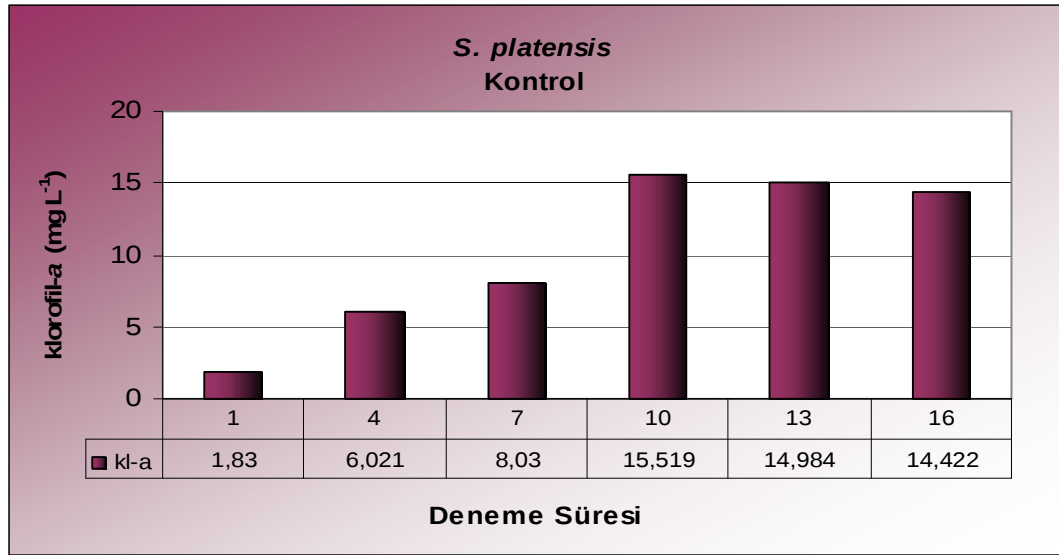
Çizelge 4.3. *S. platensis* kültüründe uygulanan muamelelerin son güne ait pH değerleri ve deneme süreleri

MUAMELELER	Son Gün pH Değerleri	Deneme Süresi
KONTROL	10.1	16
% 25 KARBONAT	10.2	16
% 50 KARBONAT	10.5	16
% 75 KARBONAT	10.7	16
% 100 KARBONAT	10.8	14
% 25 KISIM-I ve II	10.3	16
% 50 KISIM-I ve II	10.3	14
% 75 KISIM-I ve II	10.5	14
% 25 KARBONAT ve MİKROELEMENT	10.8	14
% 50 KARBONAT ve MİKROELEMENT	10.3	14
% 75 KARBONAT ve MİKROELEMENT	10.2	14
% 100 KARBONAT ve MİKROELEMENT	10.3	14
% 25 KISIM-I,II ve MİKROELEMENT	10.6	16
% 50 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	11.2	14
% 75 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	11.5	14

S. platensis kültürlerine uygulanan muamelelerin pH değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

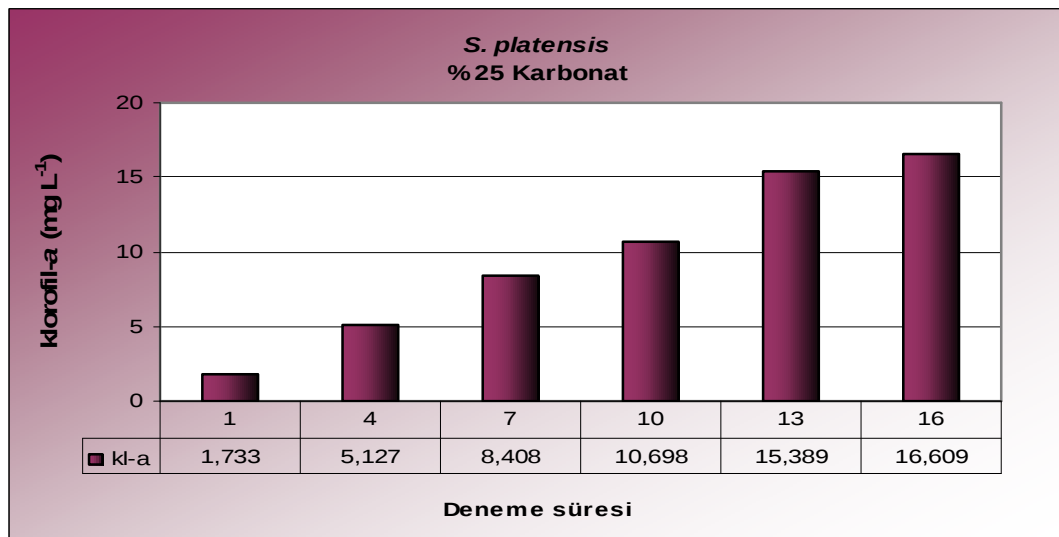
4.1.4. Klorofil-*a*

Denemede kontrol grubuna ait başlangıç ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 1.83 ± 0.384 , 15.519 ± 5.151 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Deneme süresince uygulanan muameleler ile karşılaştırılmak üzere kontrol grubu kültürlerine ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.46'de verilmiştir.



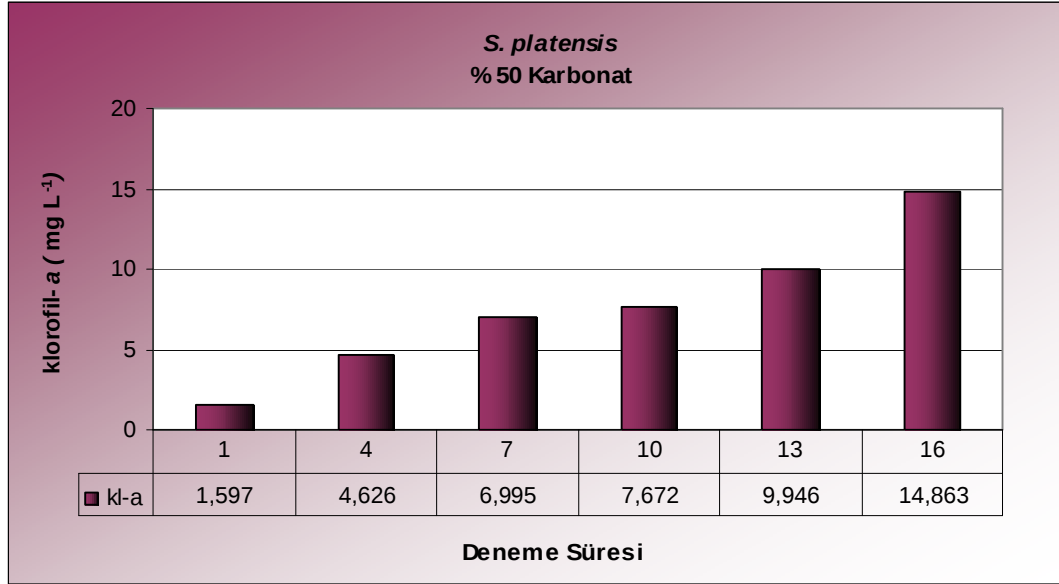
Şekil 4.46. *S. platensis* kontrol grubu kl-a değerleri.

Karbonatın %25 eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde saptanan en düşük ve en yüksek kl-a değerleri sırasıyla 1.733 ± 0.323 , 16.609 ± 2.144 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. Karbonatın %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-a değişim grafiği Şekil 4.47’de verilmiştir.



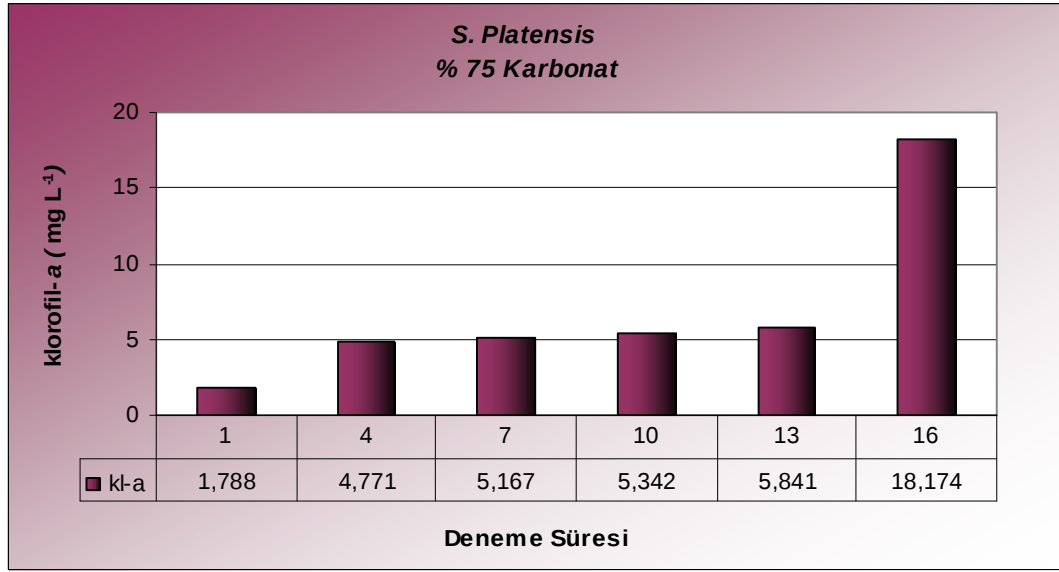
Şekil 4.47. %25 karbonat eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-a değerleri.

Karbonatın %50 eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde saptanan en düşük ve en yüksek kl-a değerleri sırasıyla 1.597 ± 0.315 , 14.863 ± 0.349 mgL^{-1} olarak bulunmuştur. Karbonatın %50 eksik uygulandığı kültüre ait kl-a değişim grafiği Şekil 4.48’de verilmiştir.



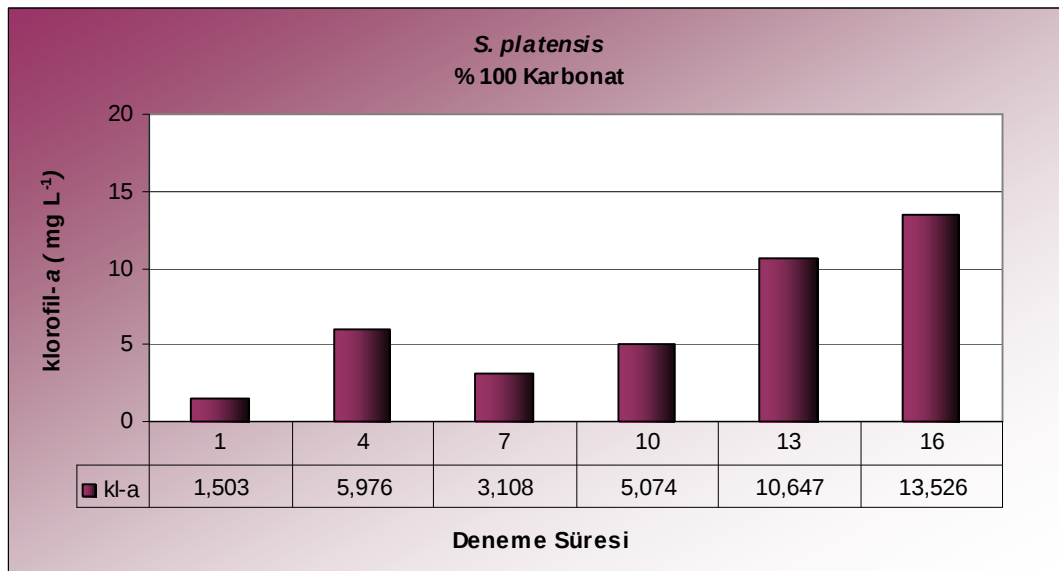
Şekil 4.48. %50 karbonat eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-a değerleri.

Karbonatın %75 eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde saptanan en düşük ve en yüksek kl-a değerleri sırasıyla 1.788 ± 0.134 , 18.174 ± 2.456 mg L^{-1} olarak bulunmuştur. Karbonatın %75 eksik uygulandığı kültüre ait kl-a değişim grafiği Şekil 4.49’de verilmiştir.



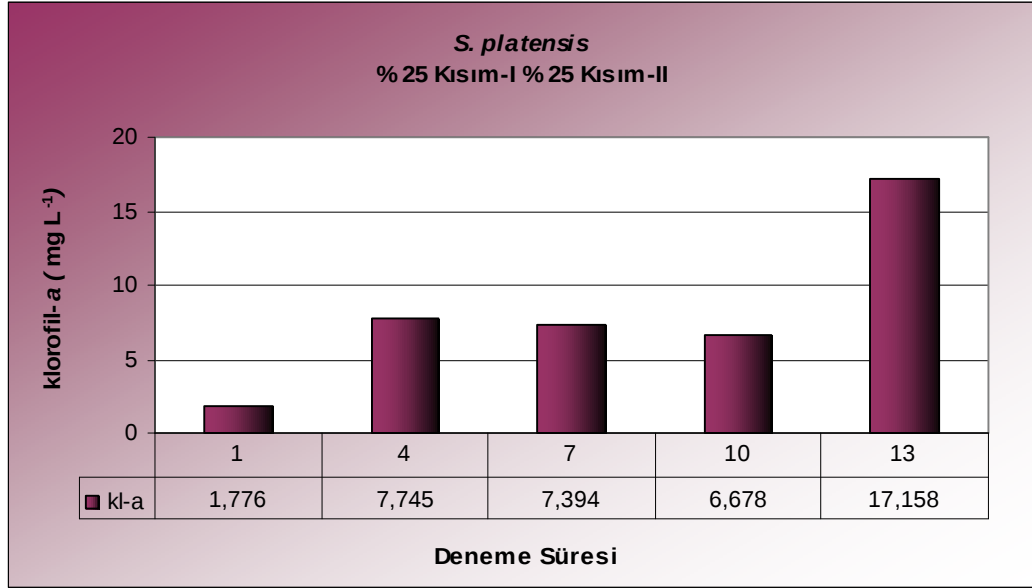
Şekil 4.49. %75 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Karbonatın %100 eksiltildiği *S. platensis* kültürlerinde saptanan en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 1.503 ± 0.135 , 13.526 ± 3.630 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. Karbonatın %100 eksik uygulandığı kültüre ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.50’de verilmiştir.



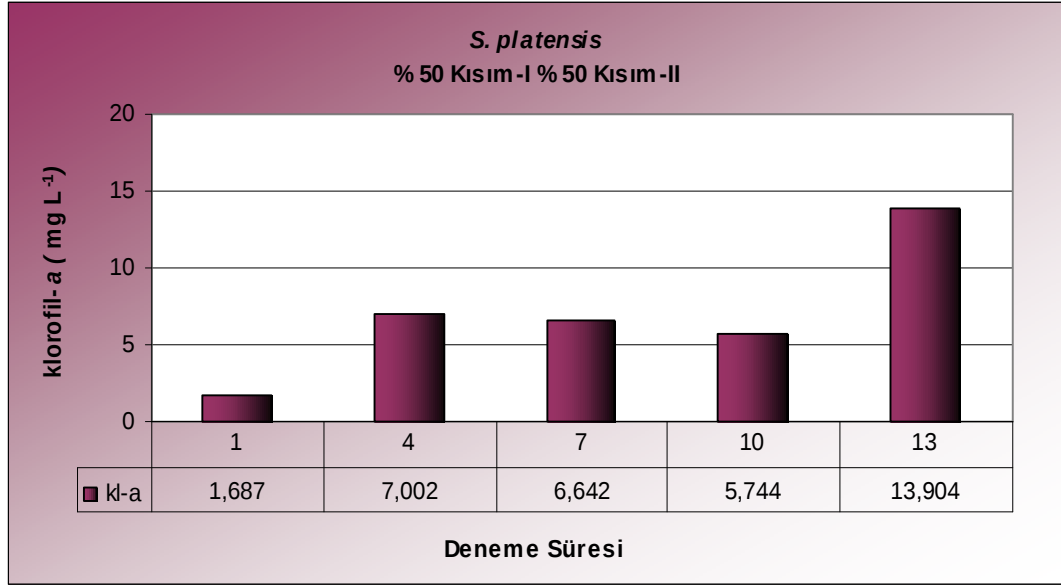
Şekil 4.50. %100 karbonat eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Besleyici elementlerin %25 oranında eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde belirlenen en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 1.776 ± 0.084 , 17.158 ± 2.073 mg L⁻¹ dir. Besleyici elementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.51’de verilmiştir.



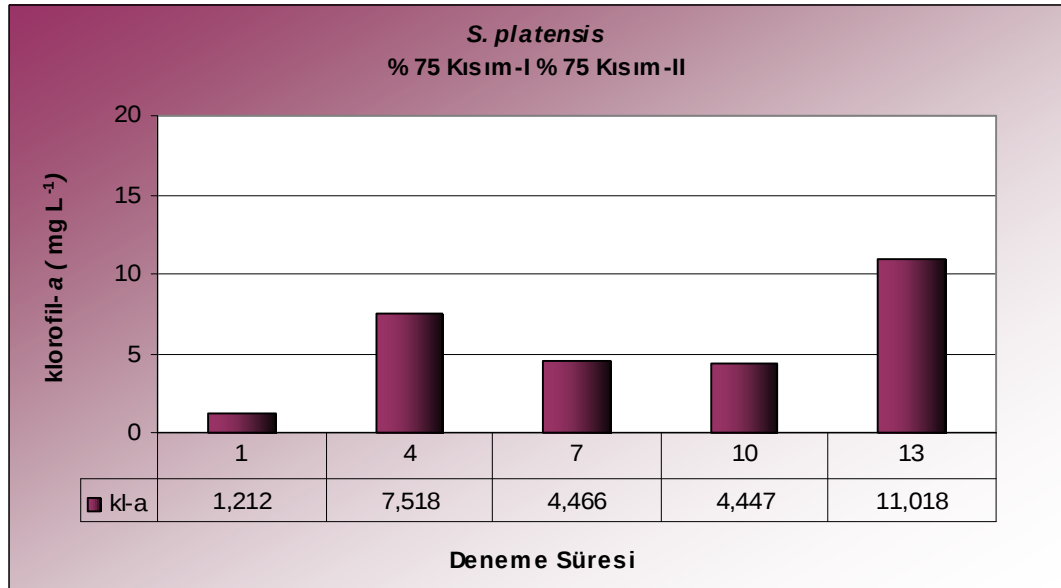
Şekil 4.51. % 25 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Besleyici elementlerin %50 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde belirlenen başlangıç ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 1.687 ± 0.053 , 13.904 ± 4.411 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. Besleyici elementlerin % 25 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.52’de verilmiştir.



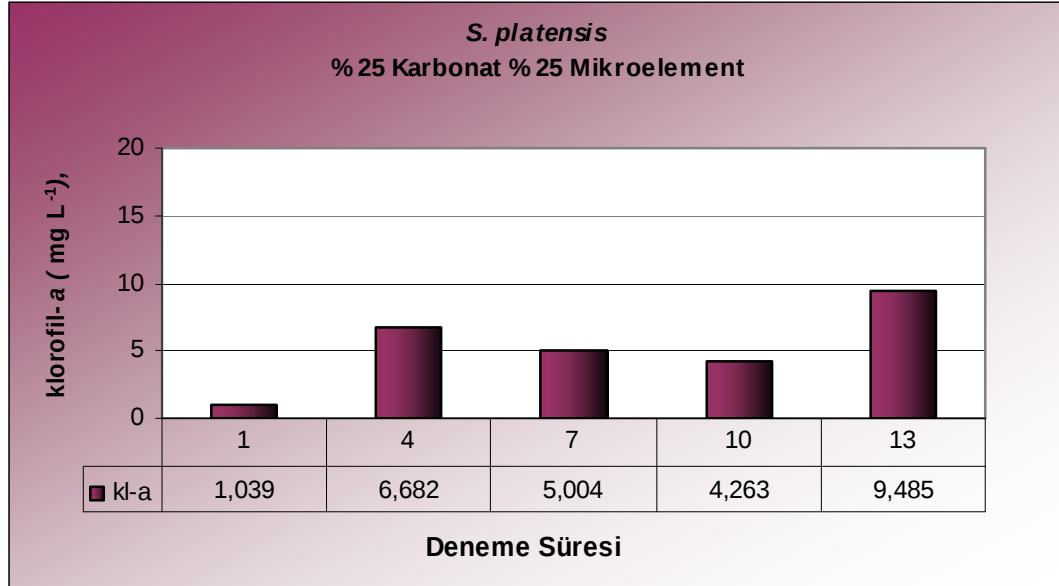
Şekil 4.52. % 50 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-a değerleri.

Besleyici elementlerin %75 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde belirlenen başlangıç ve en yüksek kl-a değerleri sırasıyla 1.212 ± 0.315 , 11.018 ± 3.065 mg L^{-1} olarak bulunmuştur. Besleyici elementlerin %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-a değişim grafiği Şekil 4.53’de verilmiştir.



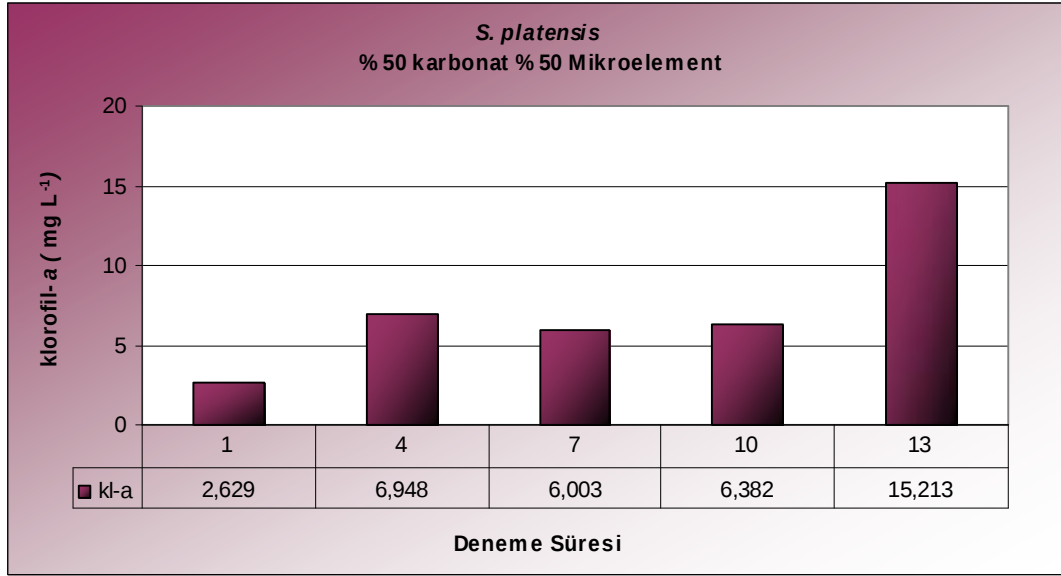
Şekil 4.53. %75 kısım-I ve II eksilmesi yapılan *S. platensi* kültürlerindeki kl-a değerleri.

Karbonatın ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 1.039 ± 0.189 , 9.485 ± 1.430 mg L⁻¹ dir. Karbonat ve mikroelementlerin %25 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.54’de verilmiştir.



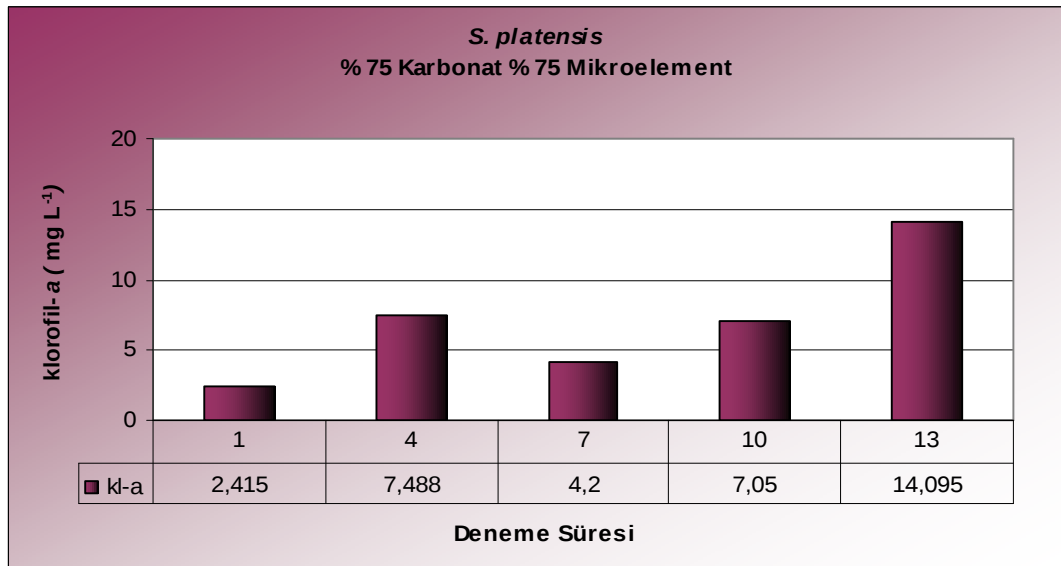
Şekil 4.54. %25 karbonat ve mikroelement eksilmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Karbonatın ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 2.629 ± 0.377 , 9.485 ± 0.926 mg L⁻¹ dir. Karbonat ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.55’de verilmiştir.



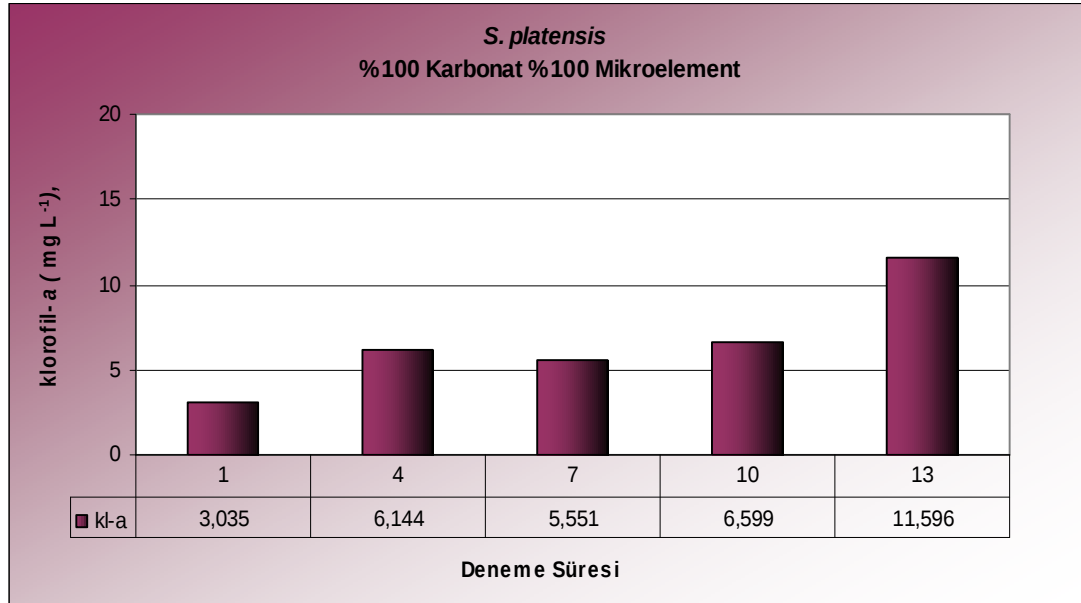
Şekil 4.55. %50 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Karbonatın ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 2.415 ± 0.530 , 14.095 ± 2.624 mg L⁻¹ dir. Karbonat ve mikroelementlerin %75 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.56’de verilmiştir.



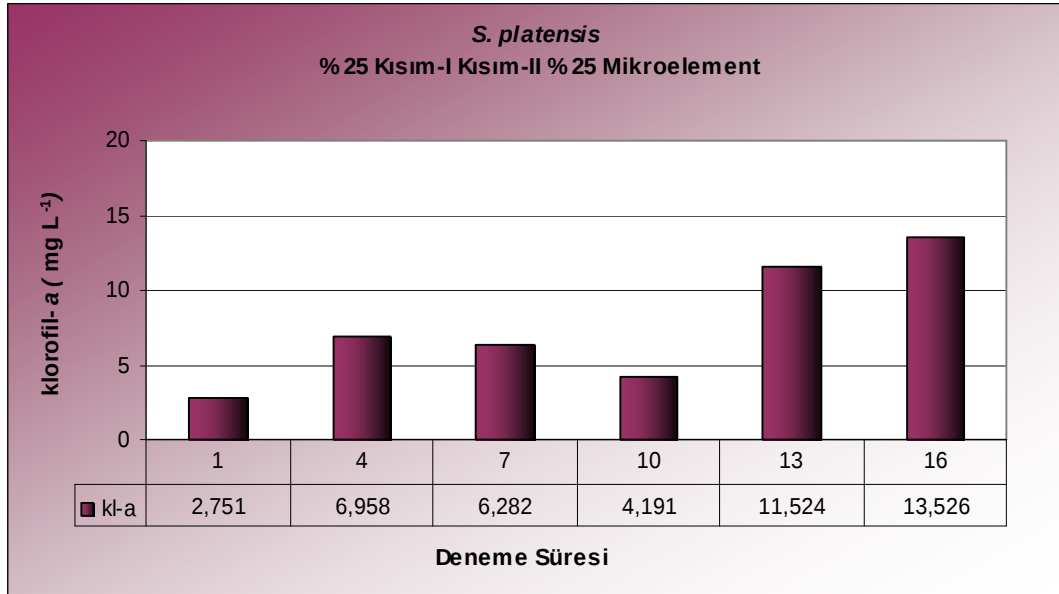
Şekil 4.56. %75 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Karbonatın ve mikroelementlerin %100 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 3.035 ± 0.541 , 11.596 ± 1.418 mg L⁻¹ dir. Karbonat ve mikroelementlerin %100 eksik uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.57’de verilmiştir.



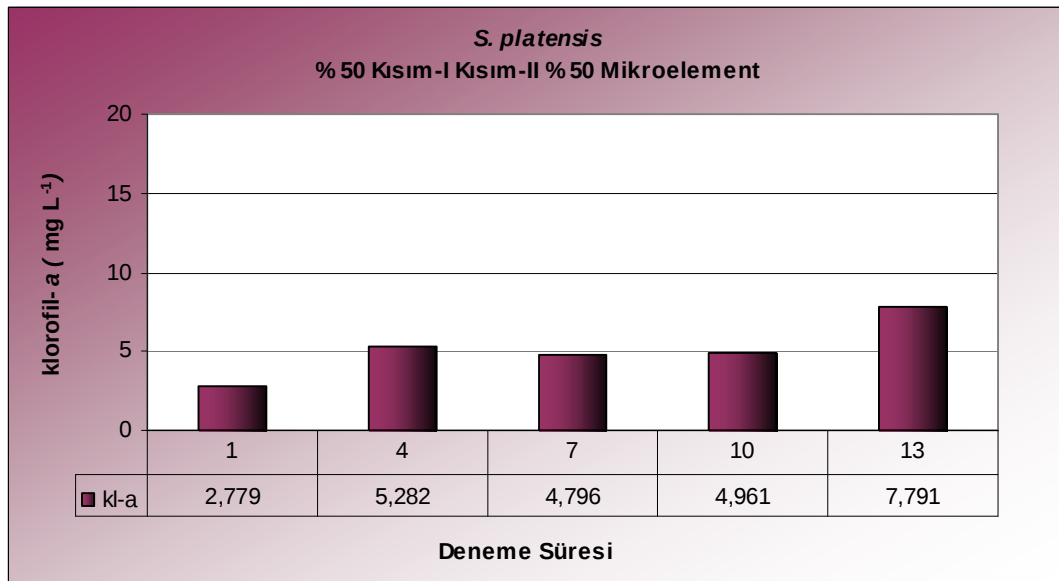
Şekil 4.57. %100 karbonat ve mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Besleyici elementlerin tümünün %25 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 2.751 ± 0.101 , 13.526 ± 1.906 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. %25 kısım-I ve II, %25 mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.58’de verilmiştir.



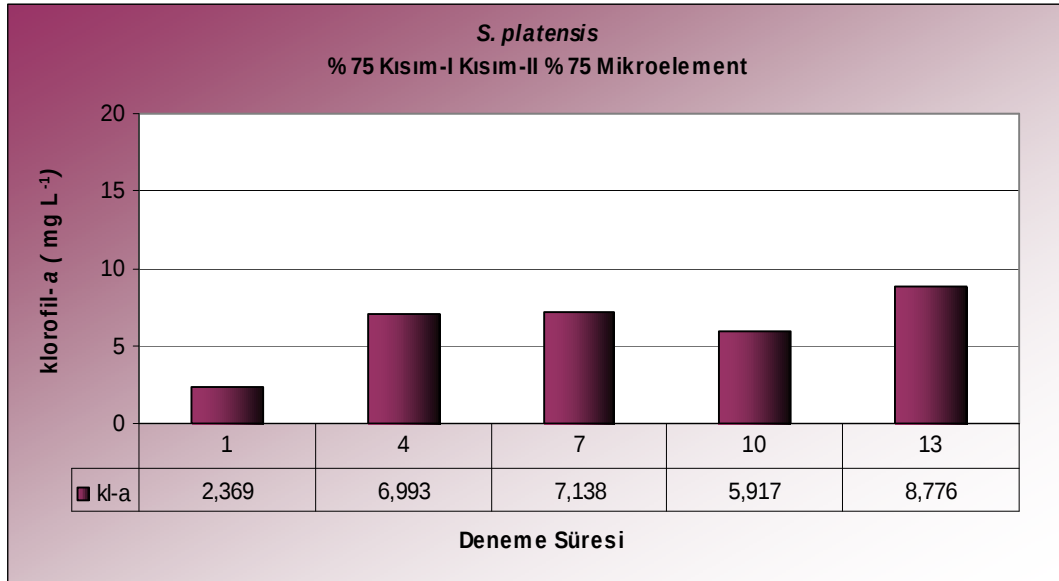
Şekil 4.58. %25 kısım-I ve II %25 mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Besleyici elementlerin tümünün %50 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 2.779 ± 0.222 , 7.791 ± 0.733 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. %50 kısım-I ve II, %50 mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.59’de verilmiştir.



Şekil 4.59. %50 kısım-I ve II %50 mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Besleyici elementlerin tümünün %75 eksik uygulandığı *S. platensis* kültürlerinde en düşük ve en yüksek kl-*a* değerleri sırasıyla 2.369 ± 0.631 , 8.776 ± 0.796 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. %75 kısım-I ve II, % 75 mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlerle ait kl-*a* değişim grafiği Şekil 4.60'de verilmiştir.



Şekil 4.60. %75 kısım-I ve II %75 mikroelement eksiltmesi yapılan *S. platensis* kültürlerindeki kl-*a* değerleri.

Muamele gruplarından en düşük kl-*a* değeri kısım I, II ve mikroelementlerin %50 eksik uygulandığı grupta 7.791 ± 0.189 mg L⁻¹ ve en yüksek kl-*a* değeri karbonatın %75 eksik uygulandığı grupta 18.174 ± 2.456 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. *S. platensis* kültürlerine ait son gün kl-*a* değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

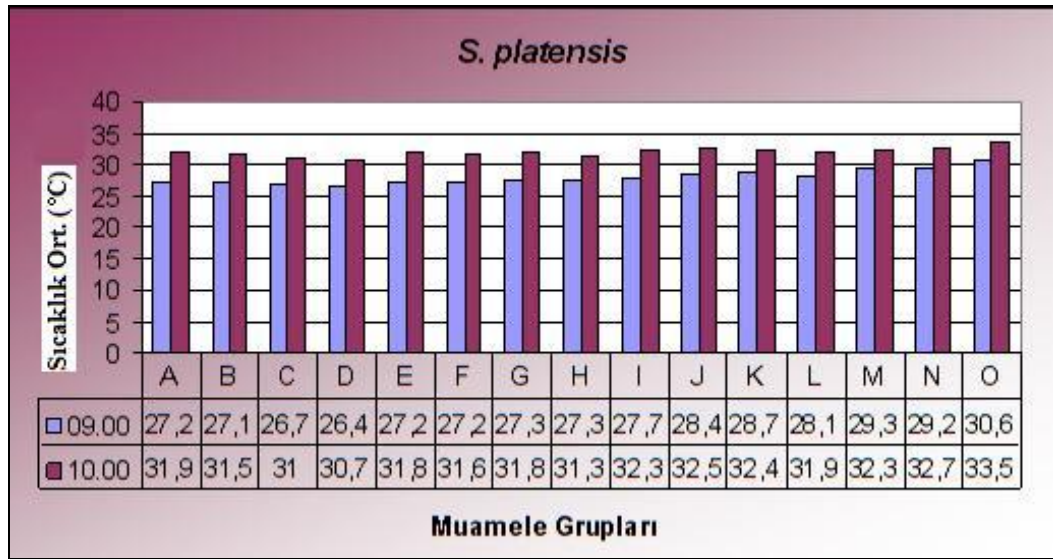
S. platensis kültürlerine uygulanan muamelelerin kl-*a* miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.4. *S. platensis* kültüründe uygulanan muamelelerin son güne ait kl-a değerleri ve deneme süreleri.

MUAMELELER	Son Gün kl-a Değerleri (mg L ⁻¹)	Deneme Süresi
KONTROL	14.422	16
% 25 KARBONAT	16.609	16
% 50 KARBONAT	14.863	16
% 75 KARBONAT	18.174	16
% 100 KARBONAT	13.526	14
% 25 KISIM-I ve II	17.158	16
% 50 KISIM-I ve II	13.904	14
% 75 KISIM-I ve II	11.018	14
% 25 KARBONAT ve MİKROELEMENT	9.485	14
% 50 KARBONAT ve MİKROELEMENT	15.213	14
% 75 KARBONAT ve MİKROELEMENT	14.095	14
% 100 KARBONAT ve MİKROELEMENT	11.596	14
% 25 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	13.526	16
% 50 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	7.791	14
% 75 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	8.776	14

4.1.5. Sıcaklık

Sıcaklık ölçümleri her gün sabah 09.00 ve öğleden sonra 15.00 saatlerinde yapılmış olup her bir muamelenin ortalama sıcaklık değerleri Şekil 4.61’de verilmiştir. Her iki saatte de ölçülen kültür sıcaklıklarının, *S. platensis* kültürlerine uygulanan muameleler üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.61. *S. platensis* kültürlerine ait muamelelerin ortalama sıcaklık değerleri, A. Kontrol, B. %25 karbonat, C. %50 karbonat, D. %75 karbonat, E. %100 karbonat, F. %25 kısım I ve II, G. %50 kısım I ve II, H. %75 kısım I ve II, I. %25 karbonat ve mikroelement, J. %50 karbonat ve mikroelement, K. %75 karbonat ve mikroelement, L. %100 karbonat ve mikroelement, M. %25 kısım I, II ve mikroelement, N. %50 kısım I, II ve mikroelement, %75 kısım I, II ve mikroelement

4.1.6. Protein Değerleri

Denemede uygulanan muamelelerin protein içerikleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). *S. platensis* kültüründe uygulanan muameleler ve protein değerleri sırası ile Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Kültürler arasında en düşük protein değeri (39.3 ± 1.1), besi ortamını oluşturan kısım-I ve II deki besleyici elementlerin %75 eksik uygulandığı grupta elde edilmiş olup en yüksek protein değeri (64.66 ± 3.55) ise karbonat ve mikroelementlerin %75 oranında eksik uygulandığı grupta elde edilmiştir.

Yapılan çalışmada Tesadüf Parselleri Deneme Planı uygulanmıştır. Uygulanan muamelelerin OD, kuru madde, pH, kl- α , ve protein miktarı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) Önemli bulunan muamelelerin karşılaştırılması Duncan çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. *S. platensis* kültürlerinde besin eksiltme denemeleri bulgularının karşılaştırılması.

Muamele Grupları	Son Gün Kuru Madde Değerleri (g L ⁻¹)	Son Gün OD Değerleri	Son Gün Kl-a Değerleri (mg L ⁻¹)	(%) Protein Değerleri	Ort. Sıcaklık Değerleri (C° ort.) (09.00-15.00)	Son Gün pH Değerleri	Deneme Süresi
KONTROL	2.3617 ^e	2.233 ^{cd}	14.422 ^{def}	59,33 ^{gh}	27.2 ^{abc} 31.9 ^{abc}	10.1 ^a	16
% 25 KARBONAT	2.306 ^e	2.314 ^{cd}	16.609 ^{ef}	58,23 ^{fgh}	27.1 ^{abc} 31.5 ^{abc}	10.2 ^{ab}	16
% 50 KARBONAT	2.233 ^{de}	2.283 ^{cd}	14.863 ^{def}	51,73 ^{de}	26.7 ^{ab} 31 ^{ab}	10.5 ^{bcd}	16
% 75 KARBONAT	1.721 ^{abc}	2.210 ^{cd}	18.174 ^f	48,93 ^{cd}	26.4 ^a 30.7 ^a	10.7 ^d	16
% 100 KARBONAT	1.881 ^{abcde}	1.789 ^{ab}	13.526 ^{bce}	46,46 ^{bc}	27.2 ^{abc} 31.8 ^{abc}	10.8 ^d	14
% 25 KISIM-I ve II	2.201 ^{cde}	2.310 ^{cd}	17.158 ^{ef}	54,90 ^{ef}	27.2 ^{abc} 31.6 ^{abc}	10.3 ^{abc}	16
% 50 KISIM-I ve II	2.013 ^{bcd}	2.13 ^{cd}	13.904 ^{def}	57,26 ^{fg}	27.3 ^{bcd} 31.8 ^{abc}	10.3 ^{abc}	14
% 75 KISIM-I ve II	1.883 ^{abcde}	2 ^{bc}	11.018 ^{abc}	39,36 ^a	27.3 ^{abcd} 31.3 ^{abc}	10.5 ^{bcd}	14
% 25 KARBONAT ve MİKROELEMENT	1.498 ^a	1,6 ^a	9.485 ^{ab}	53,22 ^e	27.7 ^{cde} 32.3 ^{bcd}	10.8 ^d	14
% 50 KARBONAT ve MİKROELEMENT	2.36 ^e	2.278 ^{cd}	15.213 ^{def}	54,94 ^{ef}	28.4 ^{ef} 32.5 ^{bcd}	10.3 ^{abc}	14
% 75 KARBONAT ve MİKROELEMENT	1.895 ^{abcde}	2.231 ^{cd}	14.095 ^{def}	64,66 ⁱ	28.7 ^{fg} 32.4 ^{bcd}	10.2 ^{ab}	14
% 100 KARBONAT ve MİKROELEMENT	1.788 ^{abcd}	2.176 ^{cd}	11.596 ^{abc}	45,34 ^b	28.1 ^{def} 31.9 ^{abc}	10.3 ^{abc}	14
% 25 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	2.16 ^{cde}	2.416 ^d	13.526 ^{abc}	53,4 ^e	29.3 ^g 32.3 ^{bcd}	10.6 ^{cd}	16
% 50 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	1.575 ^{ab}	2.096 ^{cd}	7.791 ^a	64,1 ⁱ	29.2 ^g 32.7 ^{cd}	11.2 ^e	14
% 75 KISIM-I, II ve MİKROELEMENT	1.64 ^{ab}	2.13 ^{cd}	8.776 ^a	61,46 ^{hi}	30.6 ^h 33.5 ^d	11.5 ^e	14

a,b,c,d,e,f,g,h,i harfleriyle sembolize edilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

4.2. Tartışma

Mikroalg yığın kültürlerinin verimli bir şekilde yapılabilmesi, en uygun fiziksel ve kimyasal ortam koşullarının sağlanmasıyla mümkündür. Bugün dünyanın pek çok ülkesinde ticari olarak kültürü yapılan mavi-yeşil alg türü *Spirulina*'dır. *Spirulina*, biyokimyasal içeriğindeki zenginlik nedeniyle başlıca destek gıda olarak üretilmekle birlikte, sahip olduğu pigmentleri nedeniyle hayvan yemi olarak da önem taşımaktadır. Toprak yapısını zenginleştirmek amacıyla, çimlenme zorluğu olan nadide bitkilerin kültüründe gübre olarak ve hatta yenilenebilir yakıt kaynağı olarak kullanılma potansiyeli olan *Spirulina*'nın bu alanlarda kullanımını sınırlayan tek unsur, üretim maliyetinin yeterince düşürülememiş olmasıdır. *Spirulina* kültürü için kullanılan besi ortamı maliyetinin yüksek olması, büyük hacimlerdeki üretim için önemli bir sorun olarak görülmektedir. Bu problem, *Spirulina* üretiminde aşılması gereken en önemli engellerden olup, üretimin daha çok yaygınlaşmasına engel olmaktadır. En az besleyici element kullanarak en yüksek biyomas verimliliğine ulaşmak amacıyla yürütülen bu çalışmada elde edilen bulgular aşağıda tartışılmış olup, yorumlanmaya çalışılmıştır.

Ürün niteliğini dikkate alarak, verimlilik ve besleyici element girdisi değerlendirildiğinde kontrol grubu kuru madde miktarına (2.36 g L^{-1}) en yakın kuru madde miktarının (2.36 g L^{-1}), karbonat ve mikroelement miktarının %50 oranında eksik uygulandığı grupta elde edildiği görülmektedir. Ayrıca bu grubun OD değerinin (2.27) ve klorofil-*a* miktarının (15.21), kontrol grubunun OD değeri ve klorofil-*a* miktarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Maliyet açısından sodyumkarbonat ve sodyumbikarbonat giderinin diğer besleyici elementlere göre yüksek olduğu ve en fazla kullanılan besleyici elementler olduğu göz önüne alınırsa besin kompozisyonu bakımından bu grubun öncelikli tercih edilebileceği düşünülebilir. Oliveira ve ark. (1999), *S. platensis*'i 25-30 °C'de sürekli ışık koşullarında kültüre almışlar ve 2.4 g L^{-1} ürün elde etmişlerdir.

S. platensis kültüründe tercih edilecek diğer besi ortamı, %25 karbonat eksiltmesinin uygulandığı grup olup burada da 2.30 g L^{-1} kuru madde elde edilmiştir. Bu grubun protein içeriği %58.2 olup karbonat ve mikroelementlerin %50 oranında eksik uygulandığı grubun protein içeriğine (%54.9) göre daha yüksek olduğu

görülmektedir. Ayrıca %25 karbonat eksiltmesinin uygulandığı bu grubun OD değeri (2.31) ve klorofil-*a* miktarının (16.6), karbonat ve mikroelementlerin %50 oranında eksik uygulandığı gruptan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yukarıdaki muamele sonuçlarını birlikte değerlendirirsek karbonatın alışı maliyeti yüksek olduğundan karbonat ve mikro elementlerin %50 oranında eksiltildiği grubun önerilebileceği görülmektedir. Ancak, protein içeriği, büyüme ve pigment miktarı dikkate alındığında karbonatın %25 eksik uygulandığı grup tercih edilebilecektir.

Kısım I ve II'nin %25 oranında eksiltildiği grubun kuru madde miktarı 2.2 g L⁻¹, protein içeriği %54.9 olarak elde edilmiştir. Bu grubun protein içeriği karbonat ve mikroelementlerin %50 oranında eksiltildiği grupla aynı olup OD değeri (2.31) ve klorofil-*a* miktarı (17.15) ise daha fazladır. Besi ortamını oluşturan kısım I ve II besleyici elementlerin %50 eksik uygulandığı grupta 2.013 g L⁻¹ kuru madde elde edilmiş ve ürünün %57.26 protein içerdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.5'e bakıldığında %75 karbonat ve mikroelement eksikliği, %50 kısım I, II ve mikroelement eksikliği, %75 kısım I, II ve mikroelement eksikliği uygulanan grupların protein değerlerinin sırasıyla %64.6, %64.1 ve %61.4 olduğu görülmektedir. Bu grupların protein değerleri yüksekken kuru madde miktarlarının (1.89, 1.57, 1.64 g L⁻¹) düşük olduğu görülmektedir. Ancak diğer gruplara göre maliyetlerinin daha düşük olması üreticiye daha cazip gelebilir. Genel olarak mikroalg üretiminde verimlilik ölçütü elde edilen kuru madde miktarı olarak değerlendirilmekle birlikte öncelik üreticinin tercihidir. Besi ortamını oluşturan elementlerin oluşturacağı girdi maliyeti ülkeden ülkeye ve zamana göre değişiklik de gösterebilir. Hücrelerin ihtiyaç duyduğu karbon için karbonat yerine farklı kaynaklar kullanılabilir. Örneğin karbondioksit gazı kullanımı farklı denemelerle değerlendirilebilir.

%50 karbonat eksiltmesi yapılan grup ile %50 karbonat ve mikroelement eksikliğin uygulandığı gruplarda kuru madde miktarları nispeten benzer bulunmuştur.

Karbonat eksiltelen gruplar incelendiğinde karbonatın %50'den daha az eklendiği gruplarda ürün verimliliğinin iyi olmadığı, bununla birlikte bu gruplarda protein düzeylerinin yüksek olduğu görülmektedir. Karbonat eksikliğinden

kaynaklandığı düşünülen stresin hücrelerde bölünme ve büyümeyi yavaşlattığı düşünülmektedir. Oldukça düşük kuru madde miktarının saptandığı %25 karbonat ve mikroelement eksikliğinin uygulandığı kültürlerde ise muhtemelen bir bulaşmanın olduğu düşünülmektedir.

Yürütülen denemeler sırasında sabah sıcaklık ölçümleri 26.4 ile 30.6 °C arasında değişirken, öğleden sonra ölçülen sıcaklık değerleri 30.7 ile 33.5 °C arasında olmuştur. Ölçülen sıcaklıklar *S. platensis* kültürü için optimum sıcaklık değerleri içerisinde.

S. platensis alkali ortamlarda yaşayabilen bir mikroalg türü olduğundan kültürü için yüksek pH değerlerinin sağlanması gerekmektedir. Besi ortamına eklenen karbonat istenen pH düzeyini sağlamaktadır. Besi ortamı maliyetinin düşürülerek yüksek verimlilikte *Spirulina* üretimi elde edilmesinde optimum pH düzeyinin korunması büyük önem arz etmektedir. Alg kültüründe hücrelerin ihtiyaç duyduğu karbon elementi CO₂ gazı verilerek de sağlanabilmektedir. Yürütülen kültür denemelerinde pH değerleri 9.76 ile 10.65 arasında değişmiştir. Richmond, (1988)'in bildirdiğine göre *S. platensis* için optimum pH aralığı 8.3-10 arasında olup, yapılan çalışmada tüm muamele gruplarında pH düzeyinde bir olumsuzluk gözlenmemiştir. Yıldız (2001)'in bildirdiğine göre, Venkataraman ve Mahadeyaswamy (1992), *Spirulina*'nın açık havuzlarda üretim koşullarını belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada esas besleyici elementlerden N, P ve K'nın oranının 15:15:15 olmasının ve ortamın 4.5 g L⁻¹ sodyumbikarbonat içermesinin uygun olduğu, üretimin pH düzeyinin yüksek olmasının, istenmeyen algal bulaşmayı önleyeceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada *Spirulina* besi ortamında olması gereken 18.8 g L⁻¹ sodyum bikarbonat ve 8.06 g L⁻¹ sodyum karbonatın %75 ve %100 eksik uygulandığı gruplarda kuru madde miktarı iki gramın altında kalmıştır.

Farklı besin kompozisyonlarının uygulandığı kültürlerde günlük olarak belirlenen kuru madde miktarları, gün aşırı ölçülen optik yoğunluk değerleri ve üç günde bir belirlenen klorofil-*a* pigmenti değerleri değerlendirilerek büyüme evrelerinden logaritmik evrenin sonlanıp duraklama evresine geçildiği günlerde denemeler sonlandırılmıştır. Muamele gruplarında denemelerin süresi 14 ile 16 gün arasında sürmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek protein içeriği, mavi pigment fikosiyanın, yeşil pigment klorofil, B₁₂, C ve E vitaminleri, gamalinolenik asit, demir ve kalsiyumca zenginliği nedeniyle başlıca destek gıda maddesi olarak pek çok ülkede ticari olarak kültürü yapılan *S. platensis*, yem katkı maddesi olarak, toprak yapısını iyileştirici özelliği nedeniyle organik gübre olarak hatta biyoyakıt kaynağı olarak daha yaygın olarak değerlendirilebilecek iken, üretim maliyeti nedeniyle üretimi kısıtlı kalmaktadır. Kuşkusuz maliyetin tek nedeni besi ortamı olmayıp, filamentlerin ortamdan alınması başka bir deyişle hasat, kurutma ve paketlenme aşamalarının da önemli bir maliyeti bulunmaktadır. Ancak üretim boyutu büyüdükçe biyomasın eldesinden sonraki bu aşamaların tesisteki girdisi düşmekte bununla birlikte besi ortamı maliyeti artmaktadır. Bu noktada, verimlilik ve ürün kalitesinin birlikte ele alındığı, besin girdisinin optimizasyonu çalışması düşünülmüştür. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlarla besleyici elementlerden hangi noktaya kadar tasarruf yapılabileceği konusuna açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre %54.94 gibi oldukça iyi bir protein değeri ve 2.36 g L⁻¹ kuru madde değeri ile karbonatlarda ve mikroelement girdisinde %50 oranında tasarruf yapılarak verimli bir üretim yapılabileceği saptanmıştır. Aynı kuru madde değeri ve %59.33 protein içeriğinin kontrol grubunda elde edildiği göz önüne alınırsa üreticilere %50 karbonat ve mikroelement eksiltmesi uygulaması önerilebilecektir. Elde edilen sonuçlara göre önerilebilecek bir başka uygulama besi ortamını oluşturan kısım I ve II besleyici elementlerinin %50 eksik uygulandığı gruptur. Bu kültürlerde 2.013 g L⁻¹ kuru madde elde edilmiş ve ürünün %57.26 protein içerdiği belirlenmiştir. Kuru madde miktarındaki farklılık üreticinin tercihine bağlı olacaktır.

Sonuç olarak *Spirulina platensis*, üretimi sırasında hiçbir ilaç uygulaması yapılmayan, genetiğinde herhangi bir değişiklik yapılmamış, sağlık ürünü olmasının yanında kümes hayvanları beslenmesinde yumurta sarısı renklendirilmede ve diğer tüm kültür hayvanı besisinde, gıda boyası olarak tüm gıdalarda, kozmetik alanında

yaygın kullanımının ülkemiz koşullarında yapılabilirliği mümkün olan bir mikroalg türüdür.

KAYNAKLAR

- ABDULQADER, G., BARSANTI, L., TREDICI, M., 2000. Harvest of *Arthrospira platensis* from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu. *J Appl Phycol.* 12:493-498.
- AKKAYA, F. 1999. Ekolojik Tarım Gerçeği. *Derim*, 16(4): 180-190.
- AOAC, 1998. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15 th. Edition, (Ed) Williams, S., Arlington, Virginia.
- BABADZHANOV, A.S., ABDUSAMATOVA, N., YUSUPOVA, F.M., FAIZULLAEVA, N., MEZHLUMYAN, L.G., MALIKOVA M.K. 2004. Chemical composition of *Spirulina platensis* cultivated in Uzbekistan. *Chemistry of Natural Compounds.* 40(3):276-279.
- BELAY A., 1997. Mass culture of *Spirulina* outdoors: the Earthrise Farms experience. In: Vonshak A, ed. *Spirulina platensis (Arthrospira)* Physiology, Cell Biology and Biotechnology. London: Taylor & Francis;131-158.
- _____, 2002. The Potential Application of *Spirulina (Arthrospira)* as a Nutritional and Therapeutic Supplement in Health Management. Scientific Director, Earthrise Nutritionals Inc., Calipatria, California, vol:5 No:2 pp:27
- BELAY A., OTA Y., MIYAKAWA, K., SHIMAMATSU H., 1994. Production of high quality *Spirulina* at Earthrise Farms. In: Phang *et al.*, eds. *Algal Biotechnology in the Asia-Pacific Region*. University of Malaya; 92-102.
- BLUNDEN, G. 1991. Agricultural Uses of Seaweed Extracts. In: *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential*. pp.65-81. John Wiley and Sons, Chichester.
- BLUNDEN, G., WHAPHAM, C., and JENKINS, T., 1992. *Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: Their Origins, Uses and Modes of Action*. School of Pharmacy and Biomedical Science and "School of Biological Sciences, University of Portsmouth, King Henry John Street, Portsmouth, Hampshire P01 202, U.K
- CHAMORRO G., 1980. Toxicological research on the alga *Spirulina*. Report: United Nations International Development Organization (UNIDO) UF/MEX/78/048.

- CIFFERI, O., 1983. *Spirulina*, the Edible Microorganism. Microbiological Reviews, Vol: 47, No: 4 pp;552
- CİRİK, S., GÖKPINAR, Ş., IŞIK, O., GÖKSAN, T., HIZARCI, L., AK, İ., 2008. Ülkemizde Mikroalgal Biyoteknoloji Çalışmaları, Üniversite-Sanayi İşbirliği Merkezleri Platformu (USİMP) Üniversite Sanayi İşbirliği Ulusal Kongresi. Adana.
- COSTA, J.A.V., COLLA, L.M., FILHO, P.D., KABKE, K., and WEBER, A. (2002), Modelling of *Spirulina platensis* Growth in Fresh Water Using Response Surface Methodology. World J. Microbiol. Biotechnol. 18, 603-607.
- COSTA, J.A.V., COLLA, L.M. and DUARTE FILHO, P.F., 2004. Improving *Spirulina platensis* Biomass Yield Using a Fed-Batch Process, Bioresour. Technol. 92, pp. 237-241.
- FOX, R. D., 1996. Pub. By Editions Edisud, La Calade, R.N.7, 13090 Aix-en-Province, FRANCE, 232p.
- KANG, C.D., LEE, J.S., PARK, T.H., SİM, S.J., 2005. Comparison of Hetetrofic and Photoautotrophic İnduction on Astaksantin Production by *Haematococcus pluvialis* 68:237-241.
- LI, D. M., QI, Y. Z., 1997. *Spirulina* Industry in Chine: Present status and future prospects . Journal of applied Phycology, 9:25-28.
- METTING, B., 1988. Micro-Algal Biotechnology, *Spirulina*. Cambrige university press, pp:288
- OLIVEIRA, M.A.C.L. DE*, MONTEIRO, M.P.C., ROBBS, P.G. and LEITE, S.G.F., 1999. Growth and Chemical Composition of *Spirulina maxima* and *Spirulina platensis* Biomass at Different Temperatures. Kluwer Academic Publsers, Printed in the Netherlands, Aquaculture International, 7; 261-275.
- PAL, D., AMLA, D., 1992. Commercial Fertilizer N:P:K an Alternative Nitrogen Source for Culturation of *Spirulina platensis*'in Seawage Cryptogamie, Algol. 13(4); 247:255.
- PARSONS, T.R. and STRICKLAND, J.D.H., 1963. Discussion of Spectrophotometric Determination of Marine Plant Pigments, with Revised

- Equations for Ascertaining Chlorophylls and Carotenoids. *Journal of Marine Research*, Vol: 21, No: 3, p.115-163.
- RAOOF, B., KAUSHIK, B.D., PRASANNA R. 2006. Formulation of a low-cost medium for mass production of *Spirulina*. *Biomass and Bioenergy* 30: 537-542.
- RICHMOND, A., 1986. Outdoor Mass Cultures of Microalgae. (A. Richmond Editör). *Handbook of Microalgal Mass Cultures of Microalgae*. CRC Press, INC. Boca Raton, Florida. 285-329.
- _____, 1988. *Micro-Algal Biotechnology, Spirulina*. Cambridge university press, pp:103
- _____, 1992 Open systems for the mass production of photoautotrophic microalgae outdoors: physiological principles. *J. Appl. Phycol.*, 4, 281–86.
- _____, 2004. *Biological Principles of Mass Cultivation*. (A. Richmond editör). *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*, Blackwell Science Ltd. Oxford/UK, 125-177.
- ROSS, E., PUAPONG, D.P., CEPEDA, F.P., PATTERSON, P.H. 1994. Comparison of freeze-dried and extruded *Spirulina platensis* as yolk pigmenting agents. *Poult. Sci.* 73:1282-1289
- SALAZAR M., MARTINEZ, E., MADRIGAL, E., RUIZ, L., E., CHAMORRO G., 1998. Subchronic toxicity study in mice fed *Spirulina*. *J Ethnopharmacol*; 62:235-241.
- SANTRA, S.C., 1992. An Approach of spirulina, C. V. And N. Jeeji Bai (Eds.) *Spirulina*, ETTA Nat. Symp. MCRC, Madras-India.
- SESHADRI, C. V. And THOMAS, S. (1979) Mass Culture of *Spirulina* Using low-cost nutrients, *Biotechnol. Lett.*, 1, 287.
- TORTOPOĞLU, A.P. 2000. Ekolojik Tarım ve Geleceği, *Hasad*, Yıl: 16, Sayı: 182;38-41
- TURPIN, P. J. F., 1827. *Spirulina oscillarioide*, p. 309-310. In *Dictionnaire des sciences naturelles*, vol. 50. De Levrault, Paris.
- VENKATARAMAN, L. V., MAHADEVASWAMY, M., 1992. Pond Management

- in *Spirulina* Production, C.V. and N. Jeeji Bai (Eds.) *Spirulina*, ETTA Nat. Symp. MCRC, Madras-İndia
- VENKATARAMAN, L.V., SOMASEKARANİ T. & BECKER, E.W. 1994
Replacement value of blue-green alga (*Spirulina platensis*) for fishmeal and a vitamin-mineral premix for broiler chicks. British Poultry Science, 35: 373-381.
- VONSHAK, A., 1997. Outdoor Mass Production of *Spirulina*: The Basic Concept. (A. Vonshak editör). *Spirulina platensis* (Arthrospira) Physiology, Cell-Biology and Biotechnology. Copyright© Taylor&Francis Ltd. Printed in Great Britain, pp.79-99.
- YAMADA, T., 1994. *Cyanobacteria* and Algae/Recombinant Microbes for Industrial and Agricultural Applications, Marcel Dekker. Inc, 701-712.
- YAZICI, K., KAYNAK, L. 2001. Deniz Yosunlarının Organik Tarımda Kullanım Olanakları. Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu.s:344-352, 14-16 Kasım, ANTALYA.
- YILDIZ, G., 2001. *Spirulina* sp. (Cyanophyceae) Kültürü Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Su Ürünleri Anabilim Dalı. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İZMİR.
- YILMAZ, G., 2006. Değişik Toprak Kökenli Doğal Besin Ortamlarının *Spirulina* Üretimine Etkilerinin Kesikli Reaktörler Kullanılarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ZAROUK, C., 1966. Contribution á l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch. et gardner) Geitler. Ph. D. Thesis, University of Paris, France.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 2003 yılında Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde Lisans eğitime başladı ve 2007 yılında mezun oldu. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitime başladı.