

T.C.
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BAZI SİYANOBAKTERİLERİN BİYOGÜBRE OLARAK
KULLANIM POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SALİH GÜLBENZER

NİSAN 2012

MUĞLA

T.C.
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BAZI SİYANOBAKTERİLERİN BİYOGÜBRE OLARAK
KULLANIM POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS

SALİH GÜLBENZER

NİSAN 2012

MUĞLA

MUGLA ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

SALİH GÜLBENZER tarafından hazırlanan **BAZI SİYANOBAKTERİLERİN BİYOGÜBRE OLARAK KULLANIM POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ** başlıklı tezinin, 30/04/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Aysel UĞUR (**Jüri Başkanı**)

Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Gülten ÖKMEN (**Danışman**)

Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Nuray ERGÜN (**Üye**)

Biyoloji Ana Bilim Dalı, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay

İmza:

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Aysel UĞUR

Biyoloji Ana Bilim Dalı Başkanı, Muğla Üniversitesi, Muğla

İmza:

Yrd. Doç. Dr. Gülten ÖKMEN

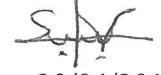
Danışman, Biyoloji Anabilim Dalı Muğla Üniversitesi, Muğla

İmza:

Savunma Tarihi: 30/04/2012

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Salih Gülbenzer



30/04/2012

ÖZET
BAZI SİYANOBAKTERİLERİN BİYOGÜBRE OLARAK KULLANIM
POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

Salih GÜLBENZER

Yüksek Lisans Tezi,

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gülten ÖKMEN

Nisan 2012, 132 sayfa

Bu tez çalışmasında, biyokütle, toplam protein, toplam karbonhidrat ve klorofil-a içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki NaCl (10, 25, 50, 100, 200 mM), KCl (10, 25, 50, 100, 200 mM), glikoz (10, 20, 40, 80 mM), sukroz (10, 20, 40, 80, 160, 320 mM) ve mannitol (10, 20, 40, 80, 160, 320 mM)'ün etkisi *Anabaena sp.*, *Gloethece sp.* ve *Synechocystis sp.*'de denenmiştir. Çalışmada kullanılan siyanobakteriyel türlerin optimal pH' ı 9 olarak, optimal ışık şiddeti ise 900 luks olarak belirlenmiştir Logaritmik fazdaki kültürler (35) bu çalışmada kullanılmıştır. Çalışmamızda, bazı siyanobakterilerin gelişimleri NaCl stresinde inhibe olmuştur, oysaki bazı siyanobakterilerin gelişimleri başlangıç NaCl konsantrasyonu ile stimüle olmuştur. Tüm siyanobakteriyel türlerin gelişimleri KCl stresinden baskılanarak etkilenmiştir, *Anabaena sp.* GO4 ve GO5 hariç. Tüm türler başlangıç glikoz konsantrasyonunda stimüle olmuş ancak artan konsantrasyonlarda gelişimleri inhibe olmuştur. Siyanobakteriyel türlerin tamamı 320 mM sukroz konsantrasyonuna kadar gelişim göstermiştir, *Anabaena sp.* GO4 ve GO5. Benzer bir şekilde siyanobakteriyel türlerin tamamı 320 mM mannitol konsantrasyonuna kadar gelişmişlerdir. Kültürlerin klorofil-a, toplam protein ve karbonhidrat içerikleri spektrofotometrik metodlar kullanılarak belirlenmiştir. Kültürlerin nitrojenaz aktiviteleri asetilen indirgeme tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, *Anabaena sp.* GO1 farklı tuz ve ozmotik streslere en iyi yanıtı vermiştir. Bu kültür yüksek nitrojenaz aktivitesi göstermiştir (*Anabaena sp.* GO1 için, 9,81 nmol/mg.h). Sonuç olarak, *Anabaena sp.* GO1 nitrojenaz aktivitesi için en iyi performansa sahiptir ve stres koşulları iyi tolere edilmiştir, bu nedenle tür biyogübre için uygun aday olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Siyanobakteriler, metabolik aktivite, tuz stresi, ozmotik stres, nitrojenaz aktivitesi

ABSTRACT
DETERMINATION OF POTENTIAL USE AS BIOFERTILIZER OF SOME
CYANOBACTERIA

Salih GÜLBENZER

Master of Science (M.Sc.)

Master of Science (M.Sc.)

Department of Biology

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Gülten ÖKMEN

April 2012, 132 pages

In this study, the influence of different concentrations of NaCl (10, 25, 50, 100, 200 mM), KCl (10, 25, 50, 100, 200 mM), glucose (10, 20, 40, 80 mM), sucrose (10, 20, 40, 80, 160, 320 mM) and mannitol (10, 20, 40, 80, 160, 320 mM) on the biomass, total protein and carbohydrate content and chlorophyll-a content were also tested on *Anabaena sp.*, *Gloethece sp.* and *Synechocystis sp.* It was determined that optimal pH and light intensity of cyanobacterial species used in the study were 9 and 900 lux, respectively. Cultures in log phase were used in this study. In our study, the growths of some cyanobacteria are inhibited by NaCl stress, whereas the growths of some cyanobacteria have been stimulated by the initial NaCl concentration. Except *Anabaena sp.* GO4 and GO5, growth of all cyanobacterial species were sharply affected by KCl stress. All species were stimulated by initial glucose concentration but their growth was inhibited increasing concentration. Except *Anabaena sp.* GO4 and GO5, all cyanobacterial species were grown up to 320 mM sucrose concentration. Similarly, all cyanobacterial species were grown up to 320 mM mannitol concentration. Chlorophyll-a, total protein and carbohydrate contents of the all cultures were determined using spectrophotometric methods. Nitrogenase activities of cultures were determined using the acetylene reduction technique. At the end of this study, *Anabaena sp.* GO1 was the best responded to different salt and osmotic stresses. The culture showed the higher nitrogenase activity (for *Anabaena sp.* GO1; 9,81 nmol/mg.h). As a result, *Anabaena sp.* GO1 had the best optimal performance for nitrogenase activity and is well tolerated to the stress conditions, for this reason, the strain was determined as a suitable candidate for biofertilizer.

Keywords: Cyanobacteria, metabolic activity, salt stress, osmotic stress, nitrogenase activity

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde büyük emeği bulunan, tez konusunun seçimi, hazırlanması ve araştırmaların yürütülmesinde her türlü bilgi ve deneyimleri ile bana yön veren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Gülten ÖKMEN' e saygı ve şükranlarımı sunar, teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca katkı ve önerileriyle ayrıca manevi desteğinden dolayı değerli hocam Prof. Dr. Aysel UĞUR' a saygı ve şükranlarımı sunar, teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma arkadaşlarım Uzman Biyolog Ender BOZANTA, Biyolog Onur TÜRKCAN, Biyolog Pınar ERDAL ve Biyolog Dilek IŞIK ve diğer tüm laboratuvar arkadaşlarıma tez süresi boyunca yardımlarından dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım.

Uzman Biyolog Rukiye BORAN'a yüksek lisans süresince katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Nitrojenaz çalışmasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Mehmet ÖZTÜRK'e ve Araş. Gör. Gülsen TEL'e saygı ve şükranlarımı sunar, teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP-2011-56) tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	5
1.2. Kaynak Özetleri.....	5
1.2.1. Siyanobakteriler	5
1.2.1.1. Siyanobakterilerin morfolojileri.....	6
1.2.1.2. Siyanobakterilerin ekolojisi	6
1.2.1.3. Siyanobakterilerin taksonomisi.....	7
1.2.1.4. Siyanobakterilerin biyoteknolojide kullanımı	7
1.2.2. Mikroorganizmalarda ozmoadaptasyon.....	9
1.2.2.1. Ozmoadaptasyon stratejileri.....	9
1.2.2.1.1. Sitoplazmadaki tuz mekanizması.....	9
1.2.2.1.3. Organik-ozmolit mekanizması (uyumlu çözünenler).....	11
1.2.3. Siyanobakterilerin tuz stresine yanıtı.....	14
1.2.4. Azot döngüsü	17
1.2.5 Azot fiksasyonu	19
1.2.5.1. Nitrojenaz enziminin yapısal özellikleri.....	19
1.2.5.1.1. Dinitrojenaz (MoFe proteini)	19
1.2.5.1.2. Dinitrojenaz redüktaz (Fe proteini)	20
1.2.5.1.3. Alternatif nitrojenazlar	21
1.2.5.2. Azot fiksasyonunun düzenlenmesi ve genetik doğası	21
1.2.5.3. Azot fiksasyonunda elektron akış	24
1.2.6. Azot fikse eden mikroorganizmalar.....	25
1.2.7. Azot fikse eden siyanobakteriler	27

2. MALZEME VE YÖNTEM	29
2.1. Örnekler.....	29
2.1.1. Organizma.....	29
2.1.2. Araç, gereç ve kimyasal maddeler.....	29
2.2. Araştırma Modeli	29
2.2.1. Kültivasyon.....	29
2.2.2. Optimum pH isteklerinin belirlenmesi	30
2.2.3. Optimum ışık şiddetinin belirlenmesi.....	30
2.2.4. Stres ortamlarının hazırlanması	31
2.2.4.1. Kültivasyon.....	31
2.2.4.2. Klorofil – a, toplam protein ve toplam karbohidrat üzerine tuz stresinin etkisi	31
2.2.4.3. Klorofil – a, toplam protein ve toplam karbohidrat üzerine ozmotik stresin etkisi.....	31
2.2.5. Analiz yöntemleri	32
2.2.5.1. Kuru Ağırlığın Belirlenmesi.....	32
2.2.5.2. Klorofil-a Tayini	32
2.2.5.3. Nitrojenaz aktivitesinin belirlenmesi.....	32
2.2.5.4. Toplam karbohidrat içeriğinin saptanması.....	33
2.2.5.5. Toplam Protein İçeriğinin saptanması	33
2.2.5.6. İstatiksel Uygulamalar	34
3. BULGULAR VE İRDELEME.....	35
3.1. Siyanobakteriyel Türlerin Optimal İstekleri.....	35
3.1.1. Siyanobakteriyel türlerin optimum pH istekleri	35
3.1.2. Siyanobakteriyel türlerin optimum ışık istekleri	39
3.2. Farklı Tuz Streslerinin Metabolik Aktiviteler Üzerine Etkileri	44
3.2.1. Farklı NaCl konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri.....	44
3.2.2. Farklı KCl konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri ...	52
3.3. Farklı Ozmotik Streslerinin Metabolik Aktiviteler Üzerine Etkileri.....	58
3.3.1. Farklı glukoz konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri	58
3.3.2. Farklı sukroz konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri.....	66
3.3.3. Farklı mannitol konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri.....	75

3.4. Tüm Siyanobakteriyel Türlerin Nitrojenaz Aktiviteleri	83
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	115
Ek A BSA Standart Eğrisi	115
Ek B Glukoz Standart Eğrisi.....	116
ÖZGEÇMİŞ.....	117

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Siyanobakterilerin biyoaktif bileşenleri ve biyoteknolojide kullanımı	8
Çizelge 1.2. Uyumlu çözünen sentezleyen mikroorganizmalar	12
Çizelge 1.3. Siyanobakteriler tarafından sentezlenen ozmotik koruyucular	16
Çizelge 1.4. Azot fikse eden mikroorganizmalar	26
Çizelge 1.5. Azot fikse eden siyanobakteriler	28
Çizelge 2.1. Araştırma süresince kullanılan BG-11 besiyerinin bileşimi	30
Çizelge 3.1. Tüm siyanobakteriyel türlerin nitrojenaz aktiviteleri	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. <i>Halobacillus halophilus</i> ' un sitoplazmada ki tuz mekanizması	10
Şekil 1.2. Bazı uyumlu solutlerin kimyasal yapıları	11
Şekil 1.3. Siyanobakteilerde aydınlık ve karanlık karbon metabolizmasının şematik yolları	17
Şekil 1.4. Doğadaki azot döngüsü	19
Şekil 1.5. Dinitrojenaz proteininin tetramer yapısı (MoFe proteini)	20
Şekil 1.6. FeMo- kofaktörünün yapısı	20
Şekil 1.7. Dinitrojenaz redüktaz proteininin dimer yapısı (Fe proteini)	21
Şekil 1.8. Nif regülunun genetik yapısı	23
Şekil 1.9. Heterosist ve vejetatif hücre arasındaki fotosentez ile azot fiksasyonu ilişkisi	24
Şekil 3.1. Farklı pH değerlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO1' in gelişimi üzerine etkisi	35
Şekil 3.2. Farklı pH değerlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO3' ün gelişimi üzerine etkisi	36
Şekil 3.3. Farklı pH değerlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO4' ün gelişimi üzerine etkisi	36
Şekil 3.4. Farklı pH değerlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO5' in gelişimi üzerine etkisi	37
Şekil 3.5. Farklı pH değerlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO6' nın gelişimi üzerine etkisi	37
Şekil 3.6. Farklı pH değerlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO7' nin gelişimi üzerine etkisi	38
Şekil 3.7. Farklı pH değerlerinin <i>Synechocystis</i> sp. GO8' in gelişimi üzerine etkisi	38
Şekil 3.8. Farklı pH değerlerinin <i>Gloeotheca</i> sp. GO9' un gelişimi üzerine etkisi	39
Şekil 3.9. Farklı pH değerlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO10' nun gelişimi üzerine etkisi	39
Şekil 3.10. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO1' in gelişimi üzerine etkisi	40
Şekil 3.11. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO3' ün gelişimi üzerine etkisi	40
Şekil 3.12. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO4' ün gelişimi üzerine etkisi	41
Şekil 3.13. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO5' in gelişimi üzerine etkisi	41
Şekil 3.14. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO6' nın gelişimi üzerine etkisi	42
Şekil 3.15. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO7' nin gelişimi üzerine etkisi	42

Şekil 3.16. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Synechocystis</i> sp. GO8' in gelişimi üzerine etkisi.....	43
Şekil 3.17. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Gloeotheca</i> sp. GO9' un gelişimi üzerine etkisi.....	43
Şekil 3.18. Farklı ışık şiddetlerinin <i>Anabaena</i> sp. GO10' un gelişimi üzerine etkisi.....	44
Şekil 3.19. <i>Anabaena</i> sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	45
Şekil 3.20. <i>Anabaena</i> sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	45
Şekil 3.21. <i>Anabaena</i> sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	46
Şekil 3.22. <i>Anabaena</i> sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	47
Şekil 3.23. <i>Anabaena</i> sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	47
Şekil 3.24. <i>Anabaena</i> sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	48
Şekil 3.25. <i>Anabaena</i> sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	48
Şekil 3.26. <i>Anabaena</i> sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	49
Şekil 3.27. <i>Anabaena</i> sp. GO10' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi	50
Şekil. 3.28. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine NaCl etkisinin karşılaştırılması	50
Şekil. 3.29. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine NaCl etkisinin karşılaştırılması	51
Şekil .3.30. Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri üzerine NaCl etkisinin karşılaştırılması	51
Şekil 3.31. <i>Anabaena</i> sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	52
Şekil 3.32. <i>Anabaena</i> sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	53
Şekil 3.33. <i>Anabaena</i> sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	53
Şekil 3.34. <i>Anabaena</i> sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	54
Şekil 3.35. <i>Anabaena</i> sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	54

Şekil 3.36. <i>Anabaena</i> sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	55
Şekil 3.37. <i>Anabaena</i> sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	55
Şekil 3.38. <i>Anabaena</i> sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi	56
Şekil 3.39. <i>Anabaena</i> sp. GO10' nun metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi.....	56
Şekil 3.40. Tüm siyanobakteriyel türlerin protein içerikleri üzerine KCl etkileri.....	57
Şekil 3.41. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine KCl etkileri	57
Şekil 3.42. Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri üzerine KCl etkileri	58
Şekil 3.43. <i>Anabaena</i> sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	59
Şekil 3.44. <i>Anabaena</i> sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	59
Şekil 3.45. <i>Anabaena</i> sp. GO4'ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	60
Şekil 3.46. <i>Anabaena</i> sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	61
Şekil 3.47. <i>Anabaena</i> sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	61
Şekil 3.48. <i>Anabaena</i> sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	62
Şekil 3.49. <i>Anabaena</i> sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	63
Şekil 3.50. <i>Anabaena</i> sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	63
Şekil 3.51. <i>Anabaena</i> sp. GO10' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi	64
Şekil 3.52. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine glukozun etkisi.....	64
Şekil 3.53. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbonhidrat içerikleri üzerine glukozun etkileri	65
Şekil 3.54. Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri üzerine glukozun etkileri	65

Şekil 3.55. <i>Anabaena</i> sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	66
Şekil 3.56. <i>Anabaena</i> sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	67
Şekil 3.57. <i>Anabaena</i> sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	68
Şekil 3.58. <i>Anabaena</i> sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	69
Şekil 3.59. <i>Anabaena</i> sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	70
Şekil 3.60. <i>Anabaena</i> sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	71
Şekil 3.61. <i>Anabaena</i> sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	71
Şekil 3.62. <i>Anabaena</i> sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	72
Şekil 3.63. <i>Anabaena</i> sp. GO10' nun metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi	73
Şekil 3.64. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkileri	73
Şekil 3.65. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkileri	74
Şekil 3.66. Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil içerikleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkileri	74
Şekil 3.67. <i>Anabaena</i> sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	75
Şekil 3.68. <i>Anabaena</i> sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	76
Şekil 3.69. <i>Anabaena</i> sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	77
Şekil 3.70 <i>Anabaena</i> sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	78
Şekil 3.71. <i>Anabaena</i> sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	79
Şekil 3.72. <i>Anabaena</i> sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	79
Şekil 3.73. <i>Anabaena</i> sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	80

Şekil 3.74. <i>Anabaena</i> sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	81
Şekil 3.75. <i>Anabaena</i> sp. GO10' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi	81
Şekil 3.76. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkileri	82
Şekil 3.77. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkileri	83
Şekil 3.78. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam klorofil-a içerikleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkileri	83

KISALTMALAR DİZİNİ

KCl	Potasyum Klorür
NaCl	Sodyum Klorür
HSP	Isı Şok Proteini
OSP	Ozmotik Şok Proteini
SSP	Tuz Stres Proteini
TCA	Trikarboksilik Asit Döngüsü
N	Azot
FeMo	Demir Molibden
Fe	Demir
kDA	Kilodalton
NaOH	Sodyum Hidroksil
UV	Ultraviyole Işın
°C	Santigrat
MgATP	Magnezyum-Adenozintrifosfat
GC	Gaz Kromatografisi
nm	Nanometre
mM	Milimolar
mg	Miligram
g	Gram
mL	Mililitre

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu alarm seviyesinde artmaktadır ve 2050 yılının sonunda yaklaşık 6 milyara ulaşacağı beklenmektedir. Bir başka deyişle, farklı abiyotik streslerin etkisi ile gıda üretimi azalmaktadır, artan gıda ihtiyacı ile birlikte bu kayıpları minimize etmek tüm ülkeler için büyük bir sorundur. Büyük stresler arasında soğuk, tuzluluk ve kuraklık yer almakta olup, bunların bitki gelişimi ve üretimim üzerindeki ters etkileri, strese toleranslı ürün geliştirmesinde büyük önem taşımaktadır.

Dünyada toplam arazi yüzeyinin yaklaşık % 10'unu kaplayan çorak topraklar tarımı etkileyen temel sorunlardan birisi olduğu gibi, çevresel yönden de bir dünya sorunu olarak kabul edilmektedir. Bütün iklim kuşaklarında oluşabilen tuzluluk, kurak koşullarda daha fazla ve hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Tuzların kimyasal yapılarının farklı olmasına bağlı olarak, değişik çevresel koşullarda değişik tuzlu topraklar oluşmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgeler dünyadaki toplam alanın yaklaşık %46'sını kaplamaktadır. Bu iklim bölgelerinde sulanan alanların yaklaşık % 50'sinde ise değişik düzeylerde tuzluluk sorunu vardır.

FAO/UNESCO tarafından hazırlanan raporlarda, Dünya Toprak Haritası verilerine dayanarak, Dünya genelinde 954 milyon hektar olup tuzdan etkilenmiş ve üretkenliği kısıtlanmış olduğu bildirilmektedir. Bu tip sorunlu topraklar, Afrika'da 80.5 milyon, Avrupa'da 50.8 milyon, Avustralya'da 357.3 milyon, Amerika'da 146.9 milyon ve Asya kıtasında 319.3 milyon hektar alan kaplamaktadır. Yurdumuz topraklarının yaklaşık 1.5 milyon hektarı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır (Ekmekçi vd., 2005). Raporda tuzluluğun önemli ölçüde arttığı ve ekosistemin olumsuz etkilendiği ifade edilmektedir.

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk hem tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte hem de tuzluluk tehdidi altındaki topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır. Bitki gelişimi üzerinde tuzluluğun zararlı etkileri arasında; toprak çözeltisinin düşük ozmotik potansiyele sahip olması, beslenme dengesizliği, spesifik iyon etkisi ve tüm bu faktörlerin kombine ilişkisi yer

almaktadır. Bu faktörlerin tümü, bitki büyüme ve gelişiminde fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler seviyede olumsuz pleiotropik etkilere neden olmaktadır (Levitt, 1980; Ashraf, 1994; Marschner, 1995; Mansour, 2000; Munns, 2002; Tester ve Davenport, 2003). Topraktaki mikrobiyal flora besinsel döngü, organik materyallerin bütünlüğü ve bitki verimliliği için temel bir rol oynamaktadır. Topraktaki strese duyarlı mikroorganizmalara karşı zararlı olabileceği gibi, metabolik yük nedeniyle yaşayan hücrelerin aktivitelerini azaltabilmektedir. Bu nedenle tuzluluk mikrobiyal flora için en önemli bir stres faktörüdür (Schimel vd., 2007; Yuan vd., 2007; Ibekwe vd., 2010; Chowdhury, 2011). Bu nedenle farklı tuz konsantrasyonlarına karşı mikrobiyal yanıtın bilinmesi oldukça önemlidir.

Toprak kalitesi, toprağın fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerine göre değerlendirilir (Ashton ve Macintosh, 2002; Dominy ve Haynes, 2002; Franzluebbbers ve ark. 1999; Martin ve Johnson, 1995; Quilchano ve ark. 1995; Spaccini vd., 2002). Toprak organik maddesi (TOM) toprak kalitesinin tanımlanmasında en önemli parametre olsa da, mikrobiyal aktivite toprak kalitesini etkileyen önemli bir potansiyel indikatörüdür ve toprak özelliğindeki değişikliklerin öncüsü olma yeteneğine sahiptir (Barrett ve Burke, 2000; Ruark ve Zarnoch, 1992). Toprak mikroorganizmaları TOM içindeki bitki atık ve kalıntıları işler, ki bu da toprak kütleini azaltır ve havalandırır ve toprak kümelenmesinin artmasıyla toprak kalitesini sağlar (Dominy ve Haynes, 2002; Franzluebbbers vd., 1999; Spaccini vd., 2002). Doğal sistemlerde, toprak mikroorganizmalarının hareketi etkili besin döngüsünün ve bitki gelişiminin belirleyici faktörüdür ve TOM' nin biyolojik yeniden yapılanması besinlerin en geniş kaynağıdır (Spaccini vd., 2002). Karbon, hidrojen oksijen ve azot bitkiler için yapı materyali olup, karbon ve azot bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için en önemli iki bileşiktir. Karbon fotosentez süreci ile asimile edilmektedir ve sonra bitki materyali için çeşitli bileşiklere çevrilmektedir (Garten Jr. ve Wullschleger 1999; Martin ve Johnson 1995). Azot genelde kökler tarafından alınmaktadır ki buna bakteri veya funguslar ile ilişkili birliktelikler yardım etmiş olabilir (Robertson ve Lyttleton 1984; Ruark ve Zarnoch 1992). Azot protein veya protein olmayan bileşiklere asimile edilmektedir. Normal büyüme şartları altında, yeşil bitkiler ışıktan sağladıkları enerjiyi kullanarak hızla nitrata ara bileşiklere indirger ki bu da aminoasit, proteinler ve nükleik asitlere dönüştürülür (Barrett ve Burke, 2000; Delgado, (2002). Organik azot bitkiler tarafından

kullanılmadan önce toprak mikroorganizmaları tarafından amonyak ya da nitrata dönüştürülmelidir çünkü azotun % 90' dan fazlası bitkiler tarafından nitrat formunda absorbe edilmektedir (Barrett ve Burke, 2000; Benckiser ve Simarmata 1994; Hountin, vd., 1997). Toprak mikroorganizmaları arasında en yaygın bulunanı sırası ile bakteriler, aktinomisetler, mantarlar ve alglerdir (Ashton ve Macintosh, 2002; Delgado ve Follett, 2002). Toprak mikroorganizmaları TOM içerisine inorganik ve organik karbon ve azot çevriminde çok önemlidirler bu bitki gelişimi için potansiyel olarak kullanılabilir (Delgado ve Follett, 2002; Dominy ve Haynes, 2002; Katterer ve Andren 2001; McLean ve Parkinson, 1997). Topraktaki azot kaynaklarının yanı sıra, atmosferdeki azot enzimatik indirgenme ile fikse edilebilir ve hücrenin büyüme ve korunması için görev yapabilir (Delgado ve Follett, 2002, Hobbie ve ark. 2002). Bunun dışında mikroorganizmalar gloksmalin denilen yapıştırıcı etkiye sahip maddeleri üreterek toprak partiküllerinin ve organik materyallerin birbirine fiziksel bağlanmasını sağlayarak toprak stabilizasyonuna yardımcı olur (Lu ve Pignatello 2002). Bundan başka mikroorganizmalar tarafından üretilen ekzopolisakkaritler de toprakta küçük- kümelenmelere neden olurken, hifler, kökler, siyanobakteriyel filamentler ve kılıfları gibi biyolojik fiberler ise büyük-kümelenmelere neden olmaktadır (Tisdale ve Oades, 1982) bu da toprak stabilizasyonunda önemlidir (Barthe' s ve Roose, 2002).

Tuz stresi fototrofik organizmaların hücrelerindeki fotosentetik aktiviteyi önemli ölçüde azaltmaktadır (Marin vd. 2004; Allakhverdiev vd. 2000). Çeşitli tuz konsantrasyonlarında *Synechocystis* 6803 hücrelerinin pigment kompozisyonu incelendiğinde fikosiyanin ve klorofil-a miktarlarında önemli ölçüde azalma olduğu bildirilmiştir. Karotenoidlerin içeriklerinde ve kompozisyonunda önemli ölçüde değişiklik gözlenirken, glukosid karotenoidlerinde artış olduğu ancak β -karoten içeriğin de ise değişiklik olmadığı bildirilmiştir (Sinha ve Häder, 1996).

Siyanobakterilerde tilakoid membranın stromal yüzeyi ile bağlantılı olan fikobiliproteinler ışığı yakalayan anten görevi görmektedirler. Tuz stresinde öncelikle fikosiyanin miktarı azalmakta böylece fikobiliproteinlerden fotosistem II' ye gelen enerji transferi engellenmektedir (Schubert ve Hagemann, 1990; Schubert vd. 1993; Lu vd., 1999; Lu ve Vonshak 2002). Siyanobakterilerde çeşitli tuz stresi şartlarında solunum oranında (Jeanjean vd., 1993, Lu ve Vonshak, 1999) ve

fotosistem- I (Joset vd. 1996) stimüle olurken, fotosistem oranına zarar vermektedir (Vonshak vd. 1988; Vonshak vd. 1995; Zeng ve Vonshak 1998). Tuz stresi *Synechocystis* sp. PCC 6803' de oksijen gelişim aktivitesini azaltmaktadır (Schubert ve Hagemann, 1990; Schubert vd. 1993). Allakhverdiev vd. (2000), K/Na oranındaki değişikliklerin *Synechococcus* sp. hücrelerinde fotosistem aktivitelerini durdurduğunu belirlemişlerdir. Siyanobakteriler üzerinde tuzluluğun olumsuz etkilerinin bulunmasına rağmen, tuza toleranslı türleri de izole edilmiştir. Tuza toleranslı birçok siyanobakteri tuzlu toprakların ıslahı için kullanılmıştır (Singh, 1950). Siyanobakteriler tuza karşı toleransta iki mekanizma geliştirmişlerdir (Reed ve Stewart, 1988).

Günümüzde tarım alanlarında kimyasal gübrelerin aşırı kullanımının sera etkisi, ozon tabakasının incilmesi ve suyun asitlenmesi dahil olmak üzere birçok çevre sorunlarına neden olduğu ve bu sorunların çözümünün ise ancak biyogübre kullanımı ile mümkün olacağı rapor edilmiştir (Choudhury ve Kennedy, 2005; Rai, 2006). Biyogübreler, yaygın olarak mikrobiyal inokulant olarak karşılık bulmaktadır ve bakteri (*Azotobacter*), siyanobakteriler ile mikorizal mantarları kapsamakta olup doğal, yararlı, ekolojik anlamda dost olmasının yanında bitki için gereken besini sağlaması ve toprak stabilizasyonun da rol oynaması da ayrıca önemlidir (Board, 2004).

Siyanobakteriler toprak koşullandırıcısı ve biyogübre olarak tarımda uygulama alanı bulmaktadır. Ancak çoğunlukla biyogübreler, tropikal ve düz arazi pirinç üretiminde kullanılan azot fikse eden siyanobakterilerdir (Niels vd. 1984; Sharma vd. 1988; Nirianne, vd. 1990; Kannaiyan vd. 1997). Siyanobakteriler ışığı kullanarak CO₂ ve N₂'u fikse etmekte ve bu yolla bitki gelişimine katkıda bulunmaktadır (Selwin vd. 1991). Bu etki, fotosentez yolu ile organik madde miktarının artmasını, toprak kitlelerinin stabilizasyonunu, bitki gelişim düzeylerini ve azot fikse etme yeteneğini kapsamaktadır (Pa ve Watanabe 1986; Metting, 1990; Boussiba, 1991; Ghosh ve Saha 1993).

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı, farklı tuz ve ozmotik stres koşullarına karşı tolerans gösteren siyanobakteriyel türleri seçmek, türlerin metabolik aktivitelerine stres şartlarının etkisini belirlemek ve strese toleranslı türlerin biyogübre olarak kullanım potansiyellerini saptamaktır.

1.2. Kaynak Özetleri

1.2.1. Siyanobakteriler

Gram- pozitif olan siyanobakteriler beslenme durumu, ışık şiddeti, ışık dalga boyu, sıcaklık ve su aktivitesi gibi çeşitli ekolojik alanlarda yaşamakta uzmanlaşmış özel prokaryotik bir gruptur (Hrouzek vd. 2004; Prasanna vd. 2004). Siyanobakterilerin fizyolojisi ve büyümesinde ışığın süresi ve şiddeti oldukça önemlidir. Siyanobakteriler fototrofiye kadar besinsel kabiliyetleri açısından geniş bir çeşitlilik göstermektedirler (Stanier, 1973). Klorofil- a ve fikobilin sentezleme yeteneğine sahip olan siyanobakteriler (Whitton, 1992), aynı zamanda primer üretici olmaları nedeniyle biyosferde önemli bir role sahiptirler (Rippka, 1988; Rudi vd. 2000), ayrıca birçoğu atmosferik azotu fikse etme yeteneğine de sahiptir (Whitton ve Potts, 2000). Azot fiksasyonuna uygun ortamı sağlayan heterosist denilen yapılar ileri derecede özelleşmiş ve nitrojenaz enzimini oksidasyondan koruyucu bir ortam sağlamaktadır (Adams ve Duggan, 1999).

Siyanobakterilerin sitoplazma merkezinde genetik materyalin dışında fotosentetik sistem elemanlarını bulunduran tilakoid zarlar da yer almaktadır. Bu yapı hem fotosentez hem de solunumun gerçekleştiği yer olup (Huang vd. 2002), ışığı adsorplayan pigmentler içermektedir. Bu pigmentler yüksek bitkilerde klorofil- a ve klorofil- b iken, siyanobakterilerde klorofil- a ve fikobilinlerdir (Glazer, 1987). Sitoplazma içinde bulunan diğer yapılar ise fikobilizom, glikojen ile fosfat granülleri ve karboksizom gibi bazı inklüzyon cisimcikleridir (Stainer ve Cohen- Bazire, 1977).

Siyanobakterilerde bulunan peptidoglikan tabakası oldukça ince olup, kimyasal analizleri farklı özelliklerini de ortaya çıkarmıştır (Hoiczyk ve Hansel, 2000).

Bundan başka siyanobakteriler önemli derecede morfolojik çeşitlilikte göstermektedirler (Whitton ve Potts, 2000; Lyra vd. 2001).

1.2.1.1. Siyanobakterilerin morfolojileri

Siyanobakteriler sıcak su kaynaklarından, Antartika’da geçici olarak donan su habitatlarına kadar geniş yayılım gösteren bilinen en eski organizma grubudurlar (Hitzfeld vd. 2000). Hem tatlı sularda hem de deniz sularında bulunurlar. Siyanobakteriler tek ve çok hücreli olabildikleri gibi filamentli de olabilmektedirler. Gerçek çekirdekleri ve zar ile çevrili hücresel organelleri bulunmamaktadır. Prokaryotlara özgü 70S yerine 80S ribozom içerirler (Bryant, 1994). Hücre renkleri mavi yeşilden, menekşe-kırmızıya değişiklik göstermektedir. Menekşe-kırmızı renklilerde karotenoidler yeşil rengi baskılamaktadır. Bunların başlıca pigmentleri fikosiyanın, allofikosiyanın ve fikoeritrinden oluşmaktadır (Douglas, 1994). Pek çok siyanobakteri gaz keselerine sahiptir. Gaz keseleri, sitoplazmik karakterde ve gaz ile dolu silindirik yapılar olup ve siyanobakterilerin su içinde dikey olarak yer değiştirmesine olanak sağlar. Işık yoğunluğu azaldığında ve gelişme hızı düştüğünde daha belirgin duruma gelmektedirler (Walsby, 1987; Walsby, 2003).

1.2.1.2. Siyanobakterilerin ekolojisi

Siyanobakterilerin fosil kayıtları, organik biyomarker ve genomik dizi analizlerine dayanarak 2,6–3,5 milyar yıl önce oluştukları tahmin edilmektedir. Geniş ekolojik dağılıma sahip primer üretici organizmalar olup, okyanus alanlarından, ılıman topraklara, tatlı su göllerine, hatta olağan dışı habitatlar da bile bulunabilmektedirler (Stewart, 1973; Warr vd. 1984; Subramanian vd. 1998; Herrero vd. 2001).

Siyanobakterilerin büyük birçoğu aerobik fototrof organizmalar olmasına rağmen bazı türleri heterotrofiktir (Fay, 1965). Ultraviyole ışınlarını absorbe eden kılıf pigmentlere sahip olmaları, ekstrem şartlara uyumlarında önemli rol oynamaktadır. Pek çok siyanobakteri suda olduğu gibi toprakta ve karasal habitatlarda yaşayarak, azot döngüsüne yardımcı olur ve azotu tespit ederek toprakta verimliliği artırmaktadır (Whitton, 1992). Havanın serbest azotunu tutma, büyük bir çoğunlukla

filamentli heterosist içeren türlerde görüldüğü gibi heterosist içermeyen cinslerde de tespit edilmiştir (Carpenter vd. 1992).

Tatlı su ve toprakta yaşayan siyanobakterilerin çeşitliliği ve bolluğu alkali pH değerlerinde görülmektedir. Fakat bazı planktonik pikosiyano bakterilerin pH'nın 4,5 ve gerçek dallanma gösteren birkaç filamentli formun yaklaşık pH'nın 4,0'e düştüğü ortamlarda da bulundukları tespit edilmiştir (Whitton ve Potts, 2000).

1.2.1.3. Siyanobakterilerin taksonomisi

Mevcut taksonomiye göre, 150 cins ve 2000 tür tanımlanmıştır. Bunların en az 40'ının toksik olduğu belirlenmiştir (Skulberg vd. 1993). 1969 yılında Whittaker tarafından yapılmış olan beşli alem sisteminde ilk basamağı oluşturan Monera alemi içinde yer alırken, son zamanlarda yapılan üçlü alem sistemine dayalı sınıflandırma da ise Eubacteria grubuna dahil edilmişlerdir (Jannson, 2000).

Alem: *Monera*

Alt Alem: *Eubacteria*

Filum: *Cyanobacteria*

Sınıf: *Cyanophyceae*

Takım: *Chroococcales*

Aile: *Chroococcus*

1.2.1.4. Siyanobakterilerin biyoteknolojide kullanımı

Siyanobakteriler biyoteknolojik ve sağlık uygulamaları açısından kullanılabilir özelliklere sahip olan geniş bir gruptur. Son 50 yılda siyanobakterilerin, fotosentez ve fotosentezin genetik kontrolü, genetik ekspresyonun fotoregülasyonu, hücre farklılaşması ve azot fiksasyonu, azot, karbon ve hidrojen metabolizması, çevresel streslere karşı direnç ve moleküler evrimi de içeren çeşitli alanlarda kullanımı yoğunlaşmıştır. Siyanobakterilerin biyoaktif bileşenleri ve biyoteknolojide kullanımları Çizelge (1.1)'de özetlenmiştir.

Çizelge 1.1. Siyanobakterilerin biyoaktif bileşenleri ve biyoteknolojide kullanımı

Siyanobakteri	Biyoaktif Bileşenler	Kullanım alanı	Referanslar
<i>Lyngbya majuscula</i>	Malingolit	Antibakteriyal,	Burja vd., (2001)
	Siklik polipeptid	Anti-HIV	Rajeev ve Xu (2004)
<i>L. lagerheimii</i>	Sülfolipid	Anti-HIV	Rajeev ve Xu (2004)
<i>Oscillatoria raoi</i>	Asetillendirilmiş sülfoglikolipidler	Antiviral	Reshef vd., (1997)
<i>Phormidium tenue</i>	Galaktozil diaçil gliserol	Antialgal, Anti-HIV	Murakami vd., (1991) Rajeev ve Xu (2004)
<i>Phormidium spp.</i>	Termostabil enzimler	Reaksiyon katalizörü	Piechula vd., (2001)
<i>Spirulina platensis</i>	Spirulan	Antiviral	Hayashi vd., (1991)
	Gama linolenik asit	Arakidionik asit	Cohen, (1999)
	Vitamin E ve B	öncülü Antioksidan Ko-enzim	Plavsic vd., (2004)
<i>Hyella caespitose</i>	Karazostatin	Antifungal	Burja vd., (2001)
<i>Nostoc spongiaeforme</i>	Nostosin -A	Antialgal	Hirata vd., (1996)
<i>N. commune</i>	Nostodion	Antifungal	Bhadury ve Wright (2004)
<i>Nostoc sp.</i>	Nostosiklamid	Antifungal	Moore vd., (1988)
<i>N. linckia</i>	Siyanobakterin LU-1	Antialgal	Gromov vd., (1991)
<i>Anabaena circinalis</i>	Anatoksin-a	İltihaplanmaya karşı	Rajeev ve Xu (2004)
<i>Scytonema hofmanni</i>	Siyanobakterisin	Antialgal	Abarzua vd., (1999)
<i>S. ocellatum</i>	Tolitoksin	Antifungal	Patterson ve Carmeli (1992)
<i>S. pseudohofmanni</i>	Sitofisin	Antifungal	Burja vd., (2001)
<i>Tolypothrix tenuis</i>	Toyokamisin	Antifungal	Banker ve Carmeli (1998)

Çizelge 1.1. ^(devam)

<i>T. tjipanasensis</i>	Tyipanazol	Antifungal	Bonjouklian vd., (1991)
<i>Fischerella muscicola</i>	Fiserellin	Antialgal Antifungal	Dahms vd., (2006)
<i>Hapalosiphon fontinalis</i>	Hapalindol	Antifungal	Burja vd., (2001)
<i>Gomphosphaeria aponina</i>	Aponin	Antialgal	Bhadury ve Wright (2004)
<i>Synechococcus elongates</i>	Termostabil enzimler	Reaksiyon katalizörü	Ohto vd., (1999)
<i>Thermosynechococcus elongatus</i>	Termostabil polifosfat kinaz	Dipeptid üretimi	Sato vd., (2007)

1.2.2. Mikroorganizmalarda ozmoadaptasyon

Yüksek tuz konsantrasyonları canlı sistemler için iki önemli sorun oluşturmaktadır. Bunlardan ilki, su ve turgor basıncının kaybında düşük bir su potansiyeli ile sonuçlanmakta ve ozmotik olarak aktif bileşiklerin birikimi ile telafi edilmektedir. İkincisi, çevre ortamının yüksek iyonik gücü inorganik iyonların sürekli akını ile sonuçlanmaktadır (Na^+ ve Cl^-). Ozmoadaptasyon terimi düşük ve yüksek su çevrelerine adaptasyonun fizyolojik ve genetik bulguları olarak tanımlanmaktadır (Galinski, 1995). Prensip, yüksek ozmolarite ile baş etmek için mikrobiyel türler iki strateji geliştirilmiştir (Galinski ve Troper, 1994). Bunlar sitoplazmada ki tuz ve organik ozmolit tipidir.

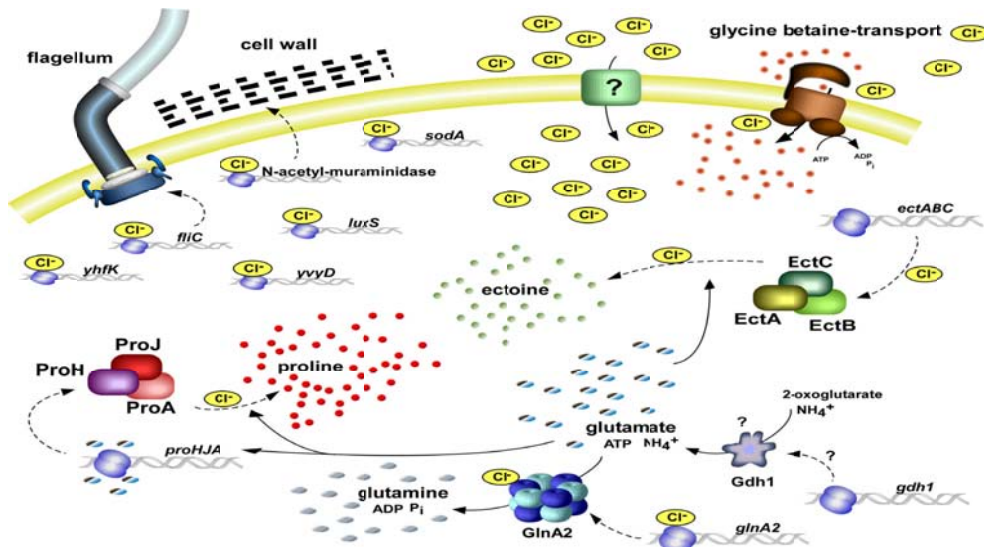
1.2.2.1. Ozmoadaptasyon stratejileri

1.2.2.1.1. Sitoplazmadaki tuz mekanizması

Bu mekanizma iyonların yüksek hücre içi konsantrasyonlarının birikimi olarak bilinmektedir, genelde potasyum ve ozmotik stresin üstesinden gelmek için hem

halofilik arkeler hem de halotolerant bakteriler tarafından kullanılan bir stratejidir. Bu prokaryotlar yüksek tuz çevresine adaptasyon fizyolojisine sahiptirler (Galinski ve Truper, 1994; Ventosa vd. 1998). Ekstrem halofilik arkelerde, baskın olarak biriken çözünen potasyum iyonlarıdır (Vreeland, 1987; Brown, 1990). Bu halofiller sodyum iyonlarını kovma ve potasyum birikimi vasıtasıyla sodyumsuz sitoplazmayı sağlarlar. Tuz seven prokaryotların bu gruplarında iç potasyum seviyeleri iç sodyum iyonlarından 5 kat daha fazla olabilir ve çevredeki ozmotik basıncı korumak için sentezlenir (Perez-Fillol ve Rodriguez-Valera, 1986). Hücrelerde var olan potasyum gradienti hem sodyum iyon / proton antiporter ve potasyum iyon uniporter tarafından düzenlenmektedir (DasSarma vd. 1995).

Bu stratejiyi izleyen organizmalar, yüksek tuz konsantrasyonuna hücrenin iç protein kimyasını adapte etmektedir. İlk kez *Halobacteriaceae*' de keşfedilmiş ve tipiktir (Galinski ve Troper, 1994; Martin, vd. 1999). Fermentasyon bakterileri, asetojenik anaeroplara (*Haloanaerobium*, *Halobacteroides*, *Sporohalobacter*, *Acetohalobium*), ve sülfat indirgeyenlerin bu stratejiyi geliştirdikleri bilinmektedir (Oren vd. 1991). Tipik haloarkeal ortamda NaCl'in bolluğuna rağmen, halofil arkeler sitoplazmalarını korumaktadır. Bunun yerine, hücre içinde potasyum (*Haloferax volcanii* gösterildiği gibi enerjiye bağlı potasyum alımı sistemiyle) ve karşı iyonu Cl^- birikir, potasyum sitoplazmada molar konsantrasyonlarda bulunabilir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. *Halobacillus halophilus*' un sitoplazmada ki tuz mekanizması (Saum ve Müller, 2008)

1.2.2.1.3. Organik-ozmolit mekanizması (uyumlu çözünenler)

Compatible solutes (uyumlu çözünenler: uyumlu solutler) terimi ilk kez Brown tarafından (1976) “hücre fonksiyonunu bozmadan ozmotik ayarlama için kullanılan küçük organik bileşikler” olarak tanımlamıştır. İyonik olmayan, suda çözünebilen, metabolizmayı bozmayan, yüksek sitoplazmik konsantrasyonlarda bile, uyumlu çözünenler olarak kalan bileşiklerdir (Brown, 1976; Mevarech vd., 1977; Brown, 1990; Ventosa vd., 1998). Uyumlu çözünenler 3 kimyasal kategoriye ayrılmaktadırlar. Bunlar; zwitterionic çözünenler, yüksüz çözünenler, anyonik çözünenlerdir (Ko vd., 1994) (Şeki 1.2).

Ozmotik gradient hipotonik ortamlarda hücrede şişmeye (ve sonuçta hücre lizisi) veya hipertonic çevreler altında ise plazmoliz ve dehidratasyona neden olmaktadır. Bu bileşikler, yüksek iç konsantrasyonlarda hücresel fonksiyonlarla uyumlulukları verilmiş ve sıklıkla uyumlu çözünen olarak adlandırılmıştır (Brown, 1976). Ozmotik dengeleyici olarak rollerine ilaveten (Brown, 1976), uyumlu çözünenler enzim fonksiyonunu stabilize eder, tuzluluğa, yüksek sıcaklık, donma- çözme uygulamalarına ve hatta kurumaya karşı koruma sağlamaktadırlar (Lippert ve Galinski, 1992; Welsh, 2000).

Zwitterionic Solutes	Uncharged solutes	Anionic solutes (carboxylates)	Anionic solutes (phosphate, sulfate)
betaine	α-glucosylglycerol	L-α-glutamate	α-diglycerol phosphate
ectoine	α-mannosylglyceramide	β-glutamate hydroxybutyrate	di-spiro-inositol-1,1'-phosphate
hydroxyectoine	trehalose	hydroxybutyrate	mannosyl-DIP
Nγ-acetyldiaminobutyrate	sucrose	poly-β-hydroxybutyrate	inositol mannose
Ne-acetyl-β-lysine	N-α-carbamoyl-L-glutamine 1-amide	α-glucosylglycerate	cyclic-2,3-diphosphoglycerate
β-glutamate	N-acetylglutaminylglutamine amide	α-mannosylglycerate	sulfotrehalose

Şekil 1.2. Bazı uyumlu solutlerin kimyasal yapıları (Roberts, 2005)

Organik ozmolit mekanizması bakteriler, ökaryotlar ve bazı metanojenik arkeler de yaygındır (Robertson vd. 1990; Lai vd. 1992). Ozmotik strese bir yanıt olarak bu

organizmalar *de novo* senteziyle veya çevresindeki ortamdan alma yolu ile karbohidratlar, polioller, aminoasitler / aminoasit türevleri gibi organik bileşikler biriktirmektedirler. Polioller, mantarlar ve algler arasında yaygın olmasına rağmen, bakterilerde çok nadir bulunmakta, arkeler de ise henüz bilinmemektedir. Sadece bakterilerde bulunan solutlere örnek olarak ektoin ve hidroksi ektoin verilmektedir (Kunte, 2004) (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Uyumlu çözünen sentezleyen mikroorganizmalar

Uyumlu çözünen	Mikroorganizma	Referans
Aminoasitler		
<i>N</i> -Asetil- lizin	Metanojenik arkelere özgü	Pflüger vd., (2003) Roberts vd., (1992)
<i>N</i> -Asetil-ornitin	<i>Bacillus</i> spp., <i>Planococcus citreus</i> , <i>Sporosarcina halophila</i>	Wohlfarth vd., (1993)
Alanin	<i>Streptomyces</i>	Killham ve Firestone, (1984)
Ektoin ve Hidroksi ektoin	Halofilik/halotolerant <i>Bacillus</i> suşları, <i>Ectothiorhodospira halochloris</i> , aerobik heterotrofik bakteriler, çoğu halofilik proteobacteria, <i>Micrococcus</i> spp., <i>Bacillus</i> spp., <i>Marinococcus</i> spp., <i>Halobacillus halophilus</i>	Galinski vd., (1985), Galinski, (1995), Saum ve Müller (2008)
α - Glutamat	Bazı metanojenik arkeler, <i>Petrogla miotherma</i> , <i>P. mobilis</i> , <i>Aquifex pyrophilus</i> , <i>Halobacillus halophilus</i>	Jorge vd., (2007), Lamosa vd., (2006), Martins vd., (1997), Robertson vd., (1990), Saum vd., (2006)
α - Glutamin	<i>Streptomyces</i> , <i>Corynebacterium</i> sp., <i>Halobacillus halophilus</i>	Galinski, (1995), Killham ve Firestone (1984), Saum vd., (2006)
β -Glutamin	Halofilik metanojenler	Roberts vd., (1992)
Glisin betain	<i>Bacteria</i> , <i>Archaea</i>	daCosta vd., (1998)

Çizelge 1.2 ^(devam)

Prolin	<i>Streptomyces</i> , halofilik/halotolerant <i>Bacillus</i> suşları, <i>B. subtilis</i> (bazı halofilik olmayan)	Galinski, (1995) Killham ve Firestone (1984)
Karbohidratlar		
Sukroz	<i>Anabaena</i> , <i>Synechocystis</i> , <i>Nitrosomonas europaea</i>	Curatti vd., (2000) Lunn, (2002) Porchia ve Salerno (1996)
Trehaloz	<i>Corynebacterium glutamicum</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Thermus termophilus</i> , <i>Rubrobacter xylanophilus</i>	Elbein, vd., (2003) Empadinhas vd., (2007) Silva vd., (2003)
Prolin	<i>Streptomyces</i> , halofilik/halotolerant <i>Bacillus</i> suşları, <i>B. subtilis</i> (bazı halofilik olmayan)	Galinski, (1995) Killham ve Firestone (1984)
Fosfodiesterler		
Di-myo-inositol fosfat	<i>Pyrococcus woesei</i> , <i>Aeropyrum</i> , <i>Aquifex</i> , <i>Archaeoglobus</i> , <i>Pyrodictium</i> , <i>Pyrolobus</i> , <i>Stetteria</i> , <i>Thermococcus</i> , <i>Thermotoga</i> , <i>Rubrobacter xylanophilus</i> , <i>Persephonella marina</i>	Empadinhas vd., (2007), Santos vd., (2007), Scholz vd., (1992)
Di-mannosil-di-myo-inositol fosfat	<i>Thermotoga</i> spp.	Martins vd., (1996)
Gliseril-myo-inositol fosfat	<i>Aquifex pyrophilus</i> , <i>Archaeoglobus fulgidus</i>	Lamosa vd., (2006), Martins vd., (1996)
Gliserik asit ve türevleri		
Siklik-2,3-bisfosfoglisarat	<i>Methanothermus fervidus</i> , <i>Methanobacterium</i> <i>thermoautotrophicum</i> , <i>Methanopyrus kandleri</i>	Gorkovenko ve Roberts (1993), Lehmacher vd., (1990), Shima vd., (1998)
Mannozilgliserat	<i>Thermus thermophilus</i> , <i>Rhodothermus marinus</i> , <i>Rubrobacter xylanophilus</i> , <i>Pyrococcus</i> , <i>Palaeococcus</i> , <i>Thermococcus</i> , <i>Archaeoglobus</i> , <i>Aeropyrum</i>	Empadinhas vd., (2007), Nunes vd., (1995), Santos ve daCosta (2002)

Çizelge 1.2 ^(devam)

Mannozilgliseramid	<i>Rhodothermus marinus</i>	Silva vd., (1999)
Glukozilgliserat	<i>Agmenellum quadruplicatum</i> , <i>Erwinia chrysanthemi</i> , <i>Persephonella marina</i>	Goude vd., (2004), Santos vd., (2007)
Glukozil-(1,6)-glukozilgliserat	<i>Persephonella marina</i>	Santos vd., (2007)
Mannozil-(1,2)-glukozilgliserat	<i>Petroglo miotherma</i>	Jorge vd., (2007)
Polioller		
Sorbitol	<i>Zymomonas mobilis</i>	Loos vd., (1994)
Mannitol	<i>Pseudomonas putida</i>	Kets vd., (1996)
Glukozilgliserol	<i>Pseudomonas mendocina</i> , <i>Stenotrophomonas rhizophila</i> , <i>Synechocystis</i>	Hagemann vd., (2001), Mikkat vd., (1996), Mikkat vd., (2000), Roder vd., (2005)

1.2.3. Siyanobakterilerin tuz stresine yanıtı

Mikroorganizmalar farklı su potansiyellerinin olduğu çeşitli habitatlarda gelişebilirler. Bunun nedeni inorganik / organik ozmotiklerin farklı seviyelerinin varlığıdır. Doğal olarak, böyle habitatlarda büyüme ve hayatta kalmak için mikroorganizmaların başarısı, büyük ölçüde habitatlarının doğasına uygun ozmotik potansiyeli ayarlama yeteneklerine bağlanmaktadır (Devulapalli, 1996).

Siyanobakteriler için sodyum önemlidir, bunun nedeni büyüme (Miller vd., 1984; Brown vd., 1990), azot fiksasyonu (Apte ve Thomas 1983b; Thomas ve Apte, 1984; Maeso vd., 1987), nitrat ve fosfat gibi besinsel elementlerin alımı (Fernandez ve Avendano 1993), enerji transduksiyonu (Brown vd. 1990), bazı bileşiklerin taşınması, hücre bölünmesi (Kaplan vd., 1984; Fernández ve Avendaño, 1993) ve suyun parçalanması gibi süreçlerin Na^+ a bağımlı olarak yürütülmesidir (Thomas ve Apte, 1984).

Siyanobakteriler farklı çevresel koşullara karşı geliştirdikleri mekanizmalar ile dikkat çekmişlerdir. Tuza karşı da iki mekanizma ile tolerans göstermektedirler bunlar aktif iyon taşınım sistemlerini güçlendirme ve yüksüz, düşük molekül ağırlıklı, hücre metabolizmasını engellemeyen uyumlu çözünen olarak bilinen organik ozmokoruyucu bileşikler biriktirmektir (Reed vd. 1986). Tuza karşı gösterdikleri tolerans, birçok siyanobakterinin tuzlu toprak ıslahında kullanılmasını sağlamıştır (Singh, 1950). Bu ozmolitler hücre membran bütünlüğünü ve protein stabilitesini koruduğu gibi hücre içi ozmotik potansiyeli indirgemede de yardımcı olmaktadır. Siyanobakteriyel türler düşük tuz konsantrasyonunda (0,7M NaCl) sukroz ve trehaloz, orta tuzlulukta (1,8M NaCl) glukozilgliserol, yüksek tuzlulukta (2,7M NaCl) ise glisin betain veya glutamat betain biriktirmektedirler.

Optimal büyüme şartları altında siyanobakteriyel hücreler iz miktarda ozmotik koruyucu içermelerine rağmen tuz stresi koşullarında ozmotik koruyucu sentezleri aktifleşmektedir (Reed ve Stewart, 1985a ;Hagemann ve Erdmann, 1997). Bundan başka, fotosentez sonucu oluşan karbon bileşikler ozmotik koruyucuların sentezi için karbon kaynağı olarak kullanılmaktadır (Warr vd., 1985; Allakhverdiev vd., 1999). Tuza toleranslı siyanobakterilerde metabolik adaptasyon mekanizmaları ve iyon taşınım olaylarının rolünün karşılaştırılması konuyu açıklamakta yetersiz kalmaktadır (Yopp vd., 1978; Apte ve Thomas, 1983b; Thomas ve Apte, 1984; Reed vd. 1985; Reed ve Stewart, 1985b; Apte ve Thomas, 1986).

Sodyum, siyanobakterilerin büyümesi ve azot fiksasyonu için önemli bir element olmasına rağmen nitrojenaz aktivitesini inhibe eden bir elementtir (Apte ve Thomas, 1980; Apte ve Thomas, 1984; Okmen, 2005). Tuza toleranslı siyanobakterilerde Na^+ 'un membranda taşınma özelliği bu siyanobakteriler için oldukça önemlidir. Na^+ taşınımı ilk olarak tek hücreli bir siyanobakteri olan *Anacystis nidulans*'ta çalışılmıştır. Bu organizmada Na^+ bir antiport sistem tarafından düzenlenmekte olup (Dewar ve Barber, 1973; Paschinger, 1977), birçok bakteride karakteristik bir mekanizmadır ve enerji transfer inhibitörlerine karşı duyarlıdır (Paschinger, 1977). Çok tuzlu ortamda (Reed vd. 1985) geçici bir Na^+ alımı olmasına rağmen genel olarak siyanobakteriler Na^+ 'u biriktirmezler (Paschinger, 1977; Apte ve Thomas, 1983a; Apte ve Thomas, 1986). Siyanobakterilerin tuza karşı yanıtlarında biriktirilen ozmotik koruyucular önemli rol oynamaktadır. Çizelge 1.3'de siyanobakterilerin sentezlediği uyumlu çözünenlere örnek verilmektedir.

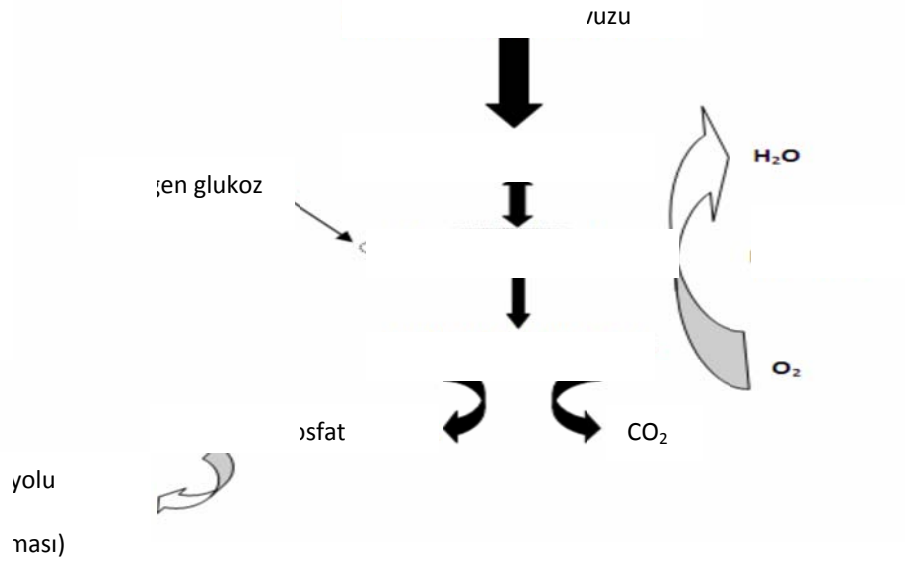
Çizelge 1.3. Siyanobakteriler tarafından sentezlenen ozmotik koruyucular (Klähn ve Hagemann, 2011)

Uyumlu çözünen	Siyanobakterler
Trehaloz	<i>Anabaena variabilis</i> ATCC29413, <i>Cyanothece</i> sp. PCC7424, <i>Cyanothece</i> sp. PCC8801, <i>Nostoc</i> sp. PCC7120, <i>Crocospaera watsonii</i> WH8501, <i>Microcoleus chthonoplastes</i> PCC7420, <i>Arthrospira (Spirulina) platensis</i> NIES-39, <i>Arthrospira maxima</i> CS-328, <i>Nodularia spumigena</i> CCY9414, <i>Lyngbya</i> sp. PCC8106, <i>Synechococcus</i> sp. JA-3-3Ab, <i>Synechococcus</i> sp. JA-2-3B'a (2-13), <i>Nostoc punctiforme</i> PCC73102
Glukozil-gliserol	<i>Synechocystis</i> sp. PCC6803, <i>Acaryochloris marina</i> MBIC11017, <i>Cyanothece</i> sp. ATCC 51142, <i>Microcoleus chthonoplastes</i> PCC7420, <i>Synechococcus</i> sp. PCC7002, <i>Synechococcus</i> sp. WH8102, <i>Synechococcus</i> sp. WH7803, <i>Arthrospira maxima</i> CS-328, <i>Spirulina platensis</i> NIES-39
Glukozil-gliserat	<i>Acaryochloris marina</i> MBIC11017, <i>Microcoleus chthonoplastes</i> PCC7420, <i>Prochlorococcus</i> sp. NATL2A, <i>Prochlorococcus</i> sp. SS120, <i>Synechococcus</i> sp. PCC7002, <i>Arthrospira maxima</i> CS-328, <i>Spirulina platensis</i> NIES-39, <i>Lyngbya</i> sp.
Glisin betain	<i>Prochlorococcus</i> sp. MIT9313, <i>Synechococcus</i> sp. WH8102, <i>Synechococcus</i> sp. WH7803, <i>Lyngbya</i> sp. PCC8106
Sukroz	<i>Anabaena variabilis</i> ATCC29413, <i>Cyanothece</i> sp. PCC7424, <i>Cyanothece</i> sp. PCC7425, <i>Microcystis aeruginosa</i> PCC7806, <i>Synechococcus elongatus</i> PCC7942, <i>Synechococcus elongatus</i> PCC6301, <i>Synechocystis</i> sp. PCC6803, <i>Microcoleus chthonoplastes</i> PCC7420, <i>Prochlorococcus</i> sp. NATL2A, <i>Prochlorococcus</i> sp. SS120, <i>Prochlorococcus</i> sp. MIT9313, <i>Synechococcus</i> sp. PCC7002, <i>Synechococcus</i> sp. WH7803, <i>Arthrospira maxima</i> CS-328, <i>Nodularia spumigena</i> CCY9414, <i>Gloeobacter violaceus</i> PCC7421, <i>Nostoc punctiforme</i> PCC73102, <i>Thermosynechococcus elongatus</i> BP-1

Siyanobakteriler fotosentez yapabilmenin yanında karbohidrat metabolizması için gerekli tüm enzimlere ve solunum yoluna sahiptirler. Bazı hücreler tamamen karanlıkta organik substratları kullanarak aynı anda fotosentez yapabilirler (Chojnacka ve Marquez-Rocha, 2004). Bunların dışında *Arthrospira (Spirulina) platensis* (Marquez ve ark. 1993) heterotrofik gelişimin yanı sıra miksotrofik gelişim de göstermektedir.

Sınırlı ışık altında bir çok mikroalg ve siyanobakterinin heterotrofik metabolizma için kullanılan organik substratlar geniş bir aralıkta olup pürivatlar, asetat, laktat, etanol, doymuş yağ asitleri, glikolat, gliserol, heksozlar ve aminoasitleri içerir

(Parker et al., 1961; Neilson ve Lewin, 1974). Glikojen ve eksojen glukoz sınırlı bir karanlık metabolizmayı destekler ve solunum yolu ile metabolize edilip glukoz-6-fosfat'a dönüştürülür. Siyanobakteriler karanlıkta karbon ve enerji kaynağı olarak organik substratları kullanma kabiliyetleri ve düşük seviyede endojen solunumu ile diğer prokaryotlardan ayırt edilebilir. Aerobik heterotrofik bakteriler ve ökaryotik organizmalardan farklı olarak siyanobakteriler de TCA (Siklik Asit Döngüsü) döngüsünün bazı enzimleri düşük aktiviteye sahiptir. Böylece tamamlanmamış TCA substrat oksidasyonunda fonksiyonunu yapamaz fakat çeşitli aminoasitlerin ve lipidlerin biyosentezini gerçekleştirir (Şekil 1.3) (Bantos ve ark. 2011) .



Şekil 1.3. Siyanobakteilerde aydınlık ve karanlık karbon metabolizmasının şematik yolları (Fay, 1983)

1.2.4. Azot döngüsü

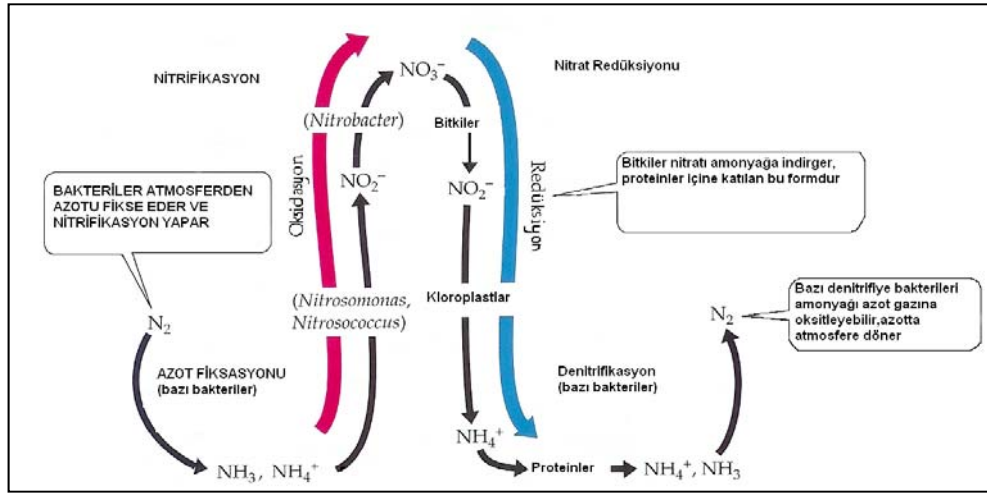
Azot, tüm canlılarda aminoasitlerin, nükleik asitlerin, diğer amino bileşiklerinin ve bunların oluşturduğu polimerlerin ana maddesidir. Ayrıca hormonlar ve vitaminlerin yapısına da katılmaktadır. Azotun temel besin elementlerinden biri olmasının nedeni, bitkinin organik yapısı içinde yer alması ve bitkinin daha çabuk büyümesini sağlamasıdır. Bitkiler çevrelerindeki tonlarca azota rağmen bu elementin noksanlığında fonksiyonlarını yeterince gerçekleştiremezler. Azot, fosfor ve potasyum ile birlikte topraktan en fazla kaldırılan bitki besin elementi olup, bunlar içinde mikrobiyal transformasyona en duyarlı olan element azottur. Yer kabuğundaki

kayalarda bulunan azot (N), en büyük azot kaynağıdır. Dünyada mevcut toplam azot miktarı 386×10^{16} kg ve topraktaki miktar ise 0.022×10^{16} kg olarak tahmin edilmektedir (Tamer, vd. 1994).

Toprakta ve bazı bitki gruplarının köklerindeki yumrularda yaşayan azot bağlayan bakteriler azot gazını amonyağa dönüştürürler. Bu bakteriler besinlerini bitkiden alırken, bunun karşılığında bitkilere gereksinim duydukları azotu sağlamaktadırlar. Fazla amonyak toprağa salınır ve burada nitrifikasyon bakterileri tarafından önce nitrite, sonra da nitrata dönüştürülür. Nitrat ise bitkiler tarafından alınmaktadır. Böylece azot besin zincirine katılmış olur. Bitki ve hayvanların atıkları ya da ölümleri sonucu organik atıkların ayrışması ile açığa çıkan amonyak toprağa karışır. Toprakta bulunan denitrifikasyon bakterileri de nitrit ya da nitratı tekrar azot gazına dönüştürerek atmosfere verirler. Bakteriler azot bağlama işlemi için nitrojenaz enzimini kullanmaktadırlar.

Azot döngüsünde meydana gelen olaylar mineralizasyon, fiksasyon, asimilasyon ve denitrifikasyondur (Şekil 1.4). Bitkiler, azotu genellikle nitrat şeklinde alırlar. Topraktaki nitrat birikimi ise proteinlerin parçalanma ürünü olan amonyağın mikrobiyal oksidasyonu ile oluşur. Bu olay, iki basamakta gerçekleştirilir. Birinci basamakta amonyak nitrite çevrilir ve "nitrosifikasyon" denen bu olayda başlıca *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus* ve *Nitrosolobus* cinslerine ait bakteri türleri etkin rol oynamaktadır.

İkinci basamakta ise nitrit, *Nitrobacter* cinsine ait bakteri türleri tarafından nitratlara çevrilir (nitrifikasyon) (Colliver vd., 2000). Hayvanlar ise azotu aminoasit halinde almaktadırlar. Bitkisel proteinleri yiyen hayvanlar, onları hayvansal proteine çevirmektedir. Hayvanların protein metabolizması sonunda, artık madde olarak üre ve ürik asit gibi azotlu bileşikler dışarı atılmakta ve bu ürünlerden de amonyak açığa çıkmaktadır. Diğer taraftan, ölü hayvanların ve bitkilerin proteinlerinin parçalanmasıyla peptonlar, peptidler, amino asitler ve sonunda amonyak ortaya çıkar (mineralizasyon ve amonifikasyon) (Unat, 1985).



Şekil 1.4 Doğadaki azot döngüsü

Siyanobakterilerde yaklaşık 70' den fazla türün azot fikse ettiği bilinmektedir. Azot fikse eden siyanobakteriler iki ana grupta toplanmaktadır. Bazı fotosentetik bakteriler anaerobik, heterosist içeren siyanobakteriler aerobik ve mikroaerobik, heterosistsiz filamentli siyanobakteriler mikroaerobik, tek hücreli formlar ise mikroaerobik ve aerobik koşullarda azot fikse etmektedirler.

1.2.5 Azot fiksasyonu

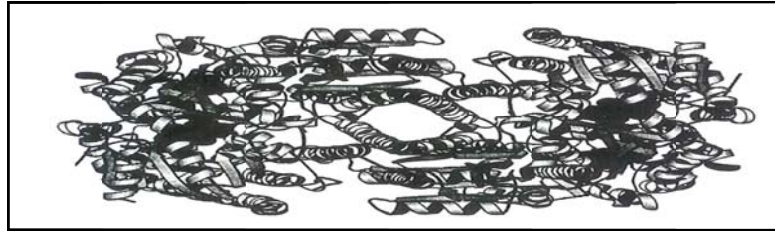
1.2.5.1. Nitrojenaz enziminin yapısal özellikleri

Azot fiksasyonunu katalizleyen enzim olan nitrojenaz ilk kez 1966'da Bulen ve Lecomte tarafından aerobik, fotosentetik olmayan *Azotobacter vinelandii* 'de izole edilmiştir. Nitrojenaz enzimi, dinitrojenaz ve dinitrojenaz redüktaz olmak üzere iki proteinden oluşmaktadır (Vignais vd.,1985; Madigan vd., 1997).

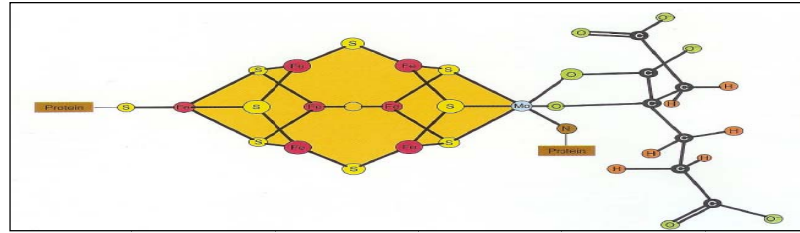
1.2.5.1.1. Dinitrojenaz (MoFe proteini)

Moleküler ağırlığı 200.000- 250.000 Da olan, 2 α ve 2 β birimlerinden oluşmuş tetramer yapısında bir proteindir (Şekil 1.5). Dinitrojenaz proteini iki tip metal merkezi ve fosfor (P-cluster) demeti içermektedir. Holm vd. (1990) fosfor demetinin fonksiyonunun, Fe proteini ve FeMo-kofaktörü arasında elektron transferi olduğunu tespit etmiştir (Jongsun ve Douglas 1994). Fosfor demeti, 4Fe-4S 'den oluşmuştur ve

α ve β alt ünitesinin iç yüzeyine yerleşmiştir. FeMo – kofaktörü ise, 4Fe- 3S ve Mo- 3Fe-3S kompozisyonundan oluşmuş iki demeti kapsamaktadır (Şekil 1.6). Enzimin yapısındaki homositratin görevi fosfor demetinden FeMo-kofaktörüne elektron transferinde rol oynaması veya farklı indirgenmiş ortamlara protonların transferi olduğu düşünülmektedir. MoFe proteininin görevi, azotun indirgenmesini kontrol etmektir (Madigan vd.1997; Galon vd., 2000; Johnson vd., 2000)



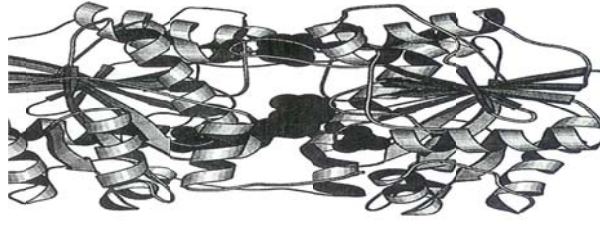
Şekil 1.5. Dinitrojenaz proteininin tetramer yapısı (MoFe proteini) (Jongsun ve Douglas, 1994)



Şekil 1.6. FeMo- kofaktörünün yapısı (Madigan vd.,1997)

1.2.5.1.2. Dinitrojenaz redüktaz (Fe proteini)

NifH geni tarafından kodlanan, molekül ağırlığı 60.000 Da olan, birbirine özdeş iki alt üniteden oluşmuş dimer yapısında bir proteindir (Şekil 1.7). Dinitrojenaz redüktaz enzimi sadece demir metali içermektedir. Kübik yapıda 4Fe ve 4S atomlarını kapsamaktadır. Fonksiyonunun, azot fiksasyonunun devamını desteklemek amacı ile düşük potansiyelli elektronların sentezi olduğu düşünülmektedir (Jongsun ve Douglas, 1994; Madigan vd., 1997; Galon vd., 2000).



Şekil 1.7. Dinitrojenaz redüktaz proteininin dimer yapısı (Fe proteini) (Jongsun ve Douglas 1994)

1.2.5.1.3. Alternatif nitrojenazlar

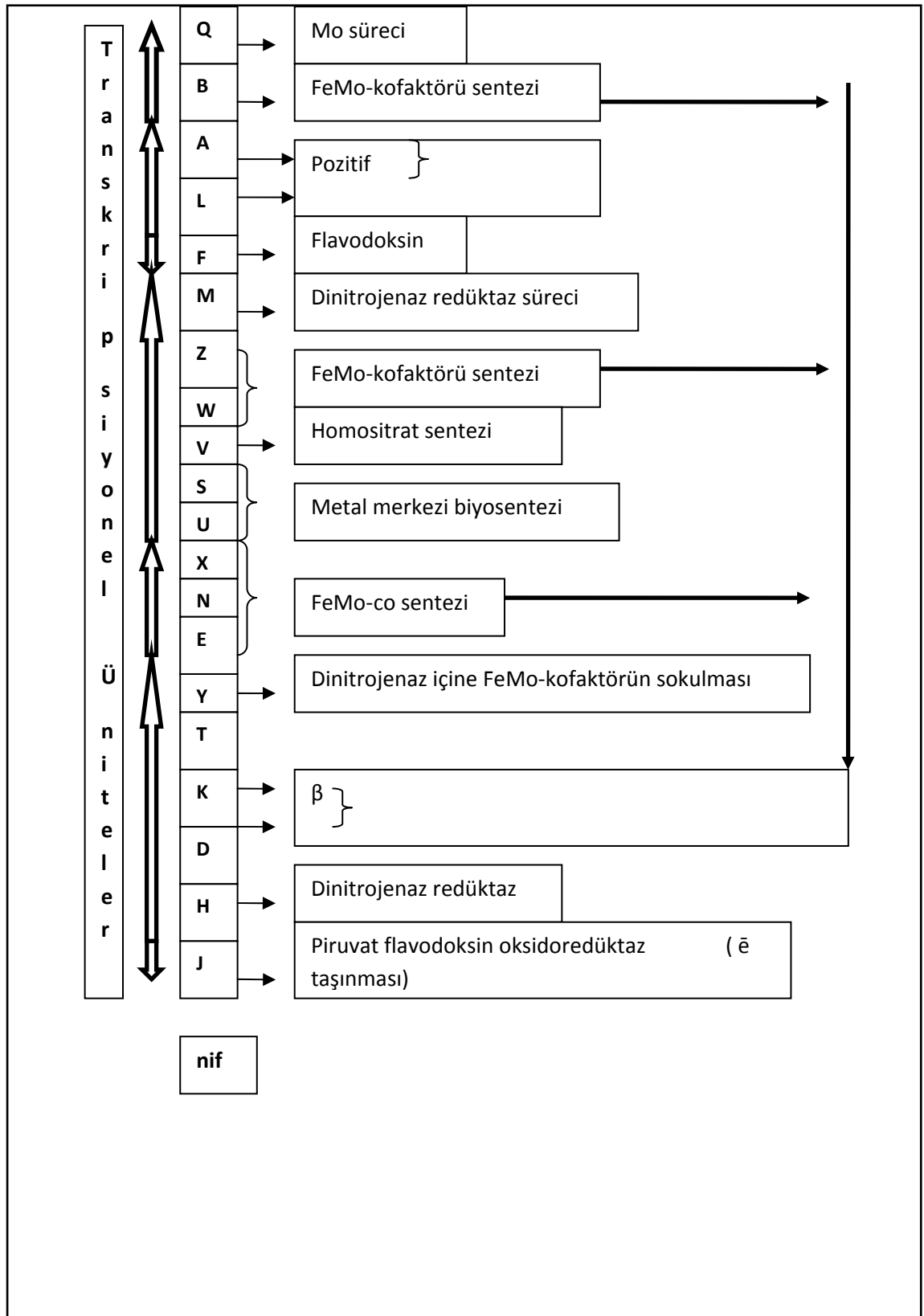
Bazı azot fıkse eden bakteriler, ortamda molibden bulunmadığı durumlarda “ alternatif nitrojenazlar “ adı verilen nitrojenazları sentezlemektedirler. Molibdenin yerini sadece vanadyum, vanadyum-demir (VFe) veya sadece demir metali yer alabilmektedir. VFe proteinin kofaktörü, dinitrojenazın kofaktörü ile benzer yapıda olduğu bilinmektedir (Postgate, 1989; Paerl, 1990; Jongsun ve Douglas, 1994).

1.2.5.2. Azot fiksasyonunun düzenlenmesi ve genetik doğası

Dinitrojenaz redüktaz enzimi düşük – indirgen vericiden elektronları kabul ederek 2MgATP’ye bağlar. Elektronlar dinitrojenaza transfer edildikten sonra, iki protein arasında bir kompleks oluşur ve MgADP ile P_i hidroliz olur. Dinitrojenaz redüktaz ve dinitrojenaz enzimleri ayrıldıktan sonra süreç tekrarlanır. Dinitrojenaz yeterince elektron topladığında azot molekülü buraya bağlanarak indirgenir ve amonyak ortamdan ayrılır. Döngünün devamı için dinitrojenaz redüktazdan gelen elektronları dinitrojenaz tekrar kabul eder ve süreç bu şekilde devam eder (Zuberer,1998). Nitrojenaz enzimi, azotun amonyağa indirgenmesinin yanı sıra başka reaksiyonları da kataliz etmektedir (Zuberer, 1998). Azot fiksasyonu, ”nif regülону” tarafından düzenlenmektedir. Nif regülону, farklı transkripsiyonel ünitelerden meydana gelmiş 20 geni kapsamakta olup, nitrojenaz yapısal genlerinin yanı sıra, FeMo-kofaktörünün genleri, elektron taşıma proteinlerini kontrol eden genler ve çok sayıda düzenleyici geni içermektedir (Şekil 1.8) (Vignais vd., 1985; Postgate 1989; Madigan vd., 1997; Herrero vd., 2001).

Azot fiksasyonunun çevresel faktörler ile baskılandığı bilinmektedir. Bu nedenle düzenlemeler transkripsiyon basamağında yapılmaktadır. Reaksiyon sırasında

Üretilen amonyak kısa bir süre önce sentezlendiği için doğrudan organik yapılar ile interaksiyon vererek enzim aktivitesini baskılamasının önüne geçilmektedir. Uzun süre ortamda bulunan amonyak ise nitrojenaz enzim aktivitesini hemen baskılamaktadır. Azot fıkse eden bazı organizmalar amonyağın ‘switch off ‘ etkisi adı verilen (amonyağın kapatma etkisi) bir mekanizma geliştirmişlerdir. Ortamda ki aşırı amonyak, dinitrojenaz redüktazın kovalent modifikasyonuna neden olarak enzim aktivitesini durdurmaktadır. Bu mekanizma hızlı ve geri dönüşümlüdür. Ortamda amonyak sınırlandığında, dinitrojenaz redüktaz tekrar eski aktif formunu kazanarak reaksiyonun devamı sağlanmaktadır (Vignais vd., 1985; Postgate 1989; Madigan vd., 1997).



Şekil 1.8. Nif regülönunun genetik yapısı (Postgate, 1989)

1.2.6. Azot fikse eden mikroorganizmalar

Pek çok bakteri türünün azot fikse ettiği bilinmektedir. *Bacillus subtilis* ve *Corynebacterium glutamicum* bunlardan sadece iki tanesidir. Azot fikse eden bakteriler temelde serbest ve simbiyotik yaşayan olmak üzere iki grupta toplanmaktadır.

Serbest yaşayan bakterileri de oksijeni kullanılıp kullanılmayışına göre iki gruba ayırmak olasıdır. Bu tip mikroorganizmalar enerji kaynağı olarak farklı maddeleri kullanabilmektedirler. Enerji kaynağı olarak organik bileşikleri kullananlara **kemoorganotroflar** (*Azotobacter* sp.), inorganik bileşikleri kullananlara **kemolitotroflar** (*Alcaligenes* sp.) ve ışığı kullananlar ise **fotoğraf** (*Anabaena* sp.) olarak adlandırılmaktadır. Serbest yaşayan fakat anaerobik şartlarda azot fikse etme yeteneğine sahip organizmalar da, enerji kaynağı olarak organik maddeleri (*Clostridium* sp.), inorganik maddeleri (*Methanococcus* sp.) ve ışığı (*Rhodospirillum* sp.) kullanmaktadırlar (Madigan, vd. 1997; Herrero, vd. 2001).

İkinci grupta ise, simbiyotik olarak yaşayan ve legümenin bulunup bulunmayışına göre farklılık gösteren organizmalar bulunmaktadır. Legümenli bitki, kendine özgü bakterilerle kapalı bir birliktelik içinde yaşayan ve köklerinde “ nodül ” adı verilen yapıları oluşturan bitkilerdir. Bu bitki kökleri atmosferik azotu fikse ederek azotlu bileşiklere dönüştürmekte ve bunu da bitkinin gelişimi için kullanmaktadırlar. Legümenli bitkilerle çoğunlukla birlik oluşturan organizmalar *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* ve *Azorhizobium* türleridir. Nitrojenaz enzimi oksijene karşı çok hassas olduğundan kolayca inaktif olmaktadır. Legümenli bitkilerin nodülündeki oksijen seviyesi, oksijen bağlayan “leghemoglobin” proteini ile kontrol edilmektedir. Bu protein bitki ve bakterinin etkileşimi sonucu sentezlenmektedir.

Çizelge 1.4. Azot fikse eden mikroorganizmalar

Serbest Yaşayan Aeroblar		
Kemoorganotroflar (enerji kaynağı organik maddele)	Fototroflar (enerji kaynağı ışık)	Kemolitotroflar (enerjikaynağı inorganik madde)
<i>Azotobacter</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Alcaligenes</i>
<i>Klebsiella</i>	<i>Nostoc</i>	<i>Thiobacillus</i>
<i>Beijerinckia</i>	<i>Aphanizomenon</i>	
<i>Bacillus polymyxa</i>	<i>Gloeocapsa</i>	
<i>Mycobacterium flavum</i>	<i>Synechococcus</i>	
<i>Azospirillum lipoferum</i>		
<i>Citrobacter freundii</i>		
<i>Acetobacter diazotrophicus</i>		
<i>Methylomonas</i>		
<i>Methylococcus</i>		
Serbest Yaşayan Anaeroblar		
Kemoorganotroflar (enerji kaynağı olarak organik maddeleri kullananlar)	Fototroflar (enerji kaynağı olarak ışık enerjisini kullananlar)	Kemolitotroflar (enerji kaynağı olarak inorganik maddeleri kullananlar)
<i>Clostridium</i>	<i>Thiocapsa</i>	<i>Methanosarcina</i>
<i>Desulfovibrio</i>	<i>Chromatium</i>	<i>Methanococcus</i>
<i>Desulfotomaculum</i>	<i>Chlorobium</i>	
<i>Beggiatoa</i>	<i>Rhodospirillum</i>	
	<i>Rhodopseudomonas</i>	
	<i>Rhodomicrobium</i>	
	<i>Rhodospila</i>	
	<i>Heliobacterium</i>	
	<i>Heliobacillus</i>	
	<i>Heliophilum</i>	
Simbiyotikler		
Legümenli bitkiler (köklerinde nodül oluşturanlar)	Legümensiz bitkiler (köklerinde nodül oluşturmayanlar)	
Soya fasulyesi, baklagiller gibi nodül oluşturan bitkilerle birlik oluşturan <i>Rhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Azorhizobium</i> cinsleri	<i>Alnus</i> , <i>Myrica</i> , <i>Ceanothus</i> , <i>Comptonia</i> , <i>Casuoocrina</i> gibi nodül oluşturmayan bitkiler ile birlik oluşturan <i>Frankia</i> cinsine ait aktinomisetler	

Bazı legümensiz angiospermiler (*Alnus sp.*: Akçaağaç), kök nodüllerinde bulunan aktinomisetlerin (*Frankia sp.*) faaliyeti sonucu azot fikse etmektedirler. Aktinomisetler filamentli, streptomiset-benzeri organizmalardır (Çizelge 1.4). *Frankia* türlerinde, nitrojenaz enzimi hücre üzerinde kalın duvarlı terminal kesecikler (vesicle) içinde yerleşmiştir ve bu sayede oksijenin içeri difüzyonuna engel teşkil etmektedir (Manahan, 1997; Madigan vd., 1997).

1.2.7. Azot fikse eden siyanobakteriler

Toprak florasında 5 ökaryotik alg sınıfının dışında yaygın olarak siyanobakteriler de bulunmaktadır. Siyanobakteriler, bitkinin gelişimi için gerekli besinlere ve bitki gelişimini regüle eden hormon- benzeri maddelere sahiptir dolayısı ile toprak kalitesini ve bitki verimini artırmada önemli rol oynamaktadırlar (Ravishankar, 2000; Christopher vd. 2007).

Kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı çeltik alanlarında ekolojik ve biyokimyasal dengesizliğe neden olduğu bilinmektedir (Roger ve Kulasooriya, 1980). Çok sayıda tatlı su ve deniz organizmaları geliştikleri bu tür ortamlara organik ve inorganik bileşikler salgılamaktadır. Bazı azot fikse etme yeteneğine sahip siyanobakteriler atmosferik azotu fikse ederek ortama serbest aminoasit veya polipeptit olarak vermektedirler bu da biyogübrenin bileşenlerinin yapısına girmektedir (Vessey vd., 2005). Toprak ve sularda serbest yaşayan çeşitli mikroorganizmalar tarafından fikse edilen azotun yılda 50- 100 kg/hektar olduğu saptanmıştır. Bunlar arasında önemli bir yer tutan siyanobakterilerin fikse ettikleri azot miktarının ise yılda 28 kg/hektar olduğu bildirilmiştir (Metting, 1990). Hader ve arkadaşlarının bildirdiğine göre siyanobakteriler tek başına yılda 35 milyon ton azot üretmektedir (Hader vd., 1998). Oysaki endüstriyel azot fiksasyonu her yıl yaklaşık 85 milyon ton olarak gerçekleşmektedir ancak bu süreç çok fazla enerji girişine ihtiyaç duyduğundan dezavantajlıdır. Ziraatte kullanılan azotun %65'i biyolojik süreçlerde sağlanmaktadır (Albrecht, 1998).

Mikroalgler ve siyanobakteriler toprak koşullandırıcısı ve biyogübre olarak tarımda uygulama alanı bulmaktadır. Ancak çoğunlukla biyogübreler, tropikal ve düz arazi pirinç üretiminde kullanılan azot fikse eden siyanobakterilerdir (Kannaiyan vd., 1997; Niels vd., 1984; Nirianne, 1990; Sharma vd., 1988). Siyanobakteriler ışıği

kullanarak CO₂ ve N₂'i fikse etmekte ve bu yolla bitki gelişimine katkıda bulunmaktadır (Selwin vd., 1991). Bu etki, fotosentez yolu ile organik madde miktarının artmasını, toprak kitlelerinin stabilizasyonunu, bitki gelişim düzeylerinin ve azot fikse etme yeteneğini kapsamaktadır (Metting, 1990; Pa ve Watanabe 1986; Boussiba, 1991; Ghosh ve Saha 1993).

Günümüzde Hindistan'da yaklaşık olarak 2 milyon, Burna'da 40 bin, Çin'de 2 bin ve Amerika'da 1000 hektar tarım arazisinde siyanobakteriler biyogübre olarak kullanılmaktadır. Hindistan'da *Aulosira* sp., *Tolypothrix* sp., *Scytonema* sp., *Nostoc* sp., *Anabaena* sp. ve *Plectonema* sp. türlerinin çiftçilere gübre olarak dağıtıldığı açıklanmıştır (Metting, 1990)

Çizelge 1.5. Azot fikse eden siyanobakteriler

Tek hücreli formlar	
Aerobik olanlar	Anaerobik olanlar
<i>Gloeocapsa</i> , <i>Cyanothece</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Synechocystis</i>	<i>Chroococcidiopsis</i> , <i>Dermocarpa</i> , <i>Myxosarcina</i> , <i>Pleurocapsa</i> , <i>Xenococcus</i>
Filamentli formlar	
Heterosistliler	Heterosistsizler
<i>Nostoc</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Nodularia</i> , <i>Gleotrichia</i> , <i>Calothrix</i> , <i>Fischerella</i> , <i>Nodularia</i> , <i>Tolypothrix</i> , <i>Cylindrospermum</i>	<i>Lyngbya</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Plectonema</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Trichodesmium</i> , <i>Raphidiopsis</i> , <i>Microcoleus</i>

2. MALZEME ve YÖNTEM

2.1. Örnekler

2.1.1. Organizma

Araştırmada kullanılan siyanobakteriler Dr. Gülten Ökmen' in (Muğla Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye) daha önceki çalışmalarından temin edilmiş ve çeltik alanlarından izole edilmiştir. *Anabaena* sp. GO1, GO3, GO4, GO5, GO6, GO7, GO10, *Synechocystis* sp. GO8 ve *Gloeotheca* sp. GO9 türleri bu çalışmada kullanılmıştır.

2.1.2. Araç, gereç ve kimyasal maddeler

Araştırmada Muğla Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümündeki araç, gereç ve kimyasal maddeler kullanılmıştır. Tüm kimyasal maddeler analitik saflıktadır.

2.2. Araştırma Modeli

2.2.1. Kültivasyon

Araştırmada kullanılan siyanobakteriler, 25 mililitrelik serum şişelerinde 10 ml azotsuz BG-11 besiyerlerine inoküle edilmiş ve 600 lüks (Lutron LX-1108) beyaz ışık altında, oda sıcaklığında (25 ± 2 °C) ve pH'ı 8'e ayarlanmış ve 35 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır (Okmen vd., 2007). Tüm denemelerde pH değeri pH metre yardımı ile 1.0 N NaOH ve 1.0 N HCl kullanılarak ayarlanmıştır (Thermo, USA). Kültivasyon kesikli kültürlerde ve logaritmik gelişim şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2.1. Araştırma süresince kullanılan BG-11 besiyerinin bileşimi (Rippka, 1988).

BG- 11 içeriği	Miktarı	A-5 Solusyonu	Miktarı
K ₂ HPO ₄	0.03 g	H ₃ BO ₃	0.286g
MgSO ₄ x 7H ₂ O	0.075g	MnCl ₂ x 4H ₂ O	0.181g
CaCl ₂	0.027g	ZnSO ₄ x 7H ₂ O	0.022g
C ₆ H ₈ O ₇ .H ₂ O	0.006g	Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	0.039g
C ₆ H ₈ O ₇ .Fe ⁺³ .NH ₃	0.006g	CuSO ₄ x 5H ₂ O	0.079g
EDTA di Na-Mg tuzu	0.001g	Co(NO ₃) ₂ x 6H ₂ O	0.049 g
Na ₂ CO ₃	0.023g	Distile su	100 ml
Agar	% 1		
Distile su	1000 ml		
A-5 Solusyonu	1 ml/L		

2.2.2. Optimum pH isteklerinin belirlenmesi

Tüm siyanobakteriyel türlerin optimum pH değerlerini belirlemek amacıyla pH 7, 8, ve 9’ da hazırlanan 25 mililitrelik serum şişelerinde azot içermeyen sıvı BG-11 besiyerlerine 100 µl aktif kültürlerden inoküle edilmiş ve tüm kültürler 5, 25, 35, 45, 55 gün süre ile 600 lüks ışık altında, oda sıcaklığında (25±2°C) inkübasyona bırakılmıştır. Tüm denemelerin pH değeri 1.0 N NaOH ve 1.0 N HCl ile pH metre kullanılarak ayarlanmıştır. Siyanobakteriyel gelişim kuru ağırlık tayini ile belirlenmiştir. Denemeler birbirinden bağımsız 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.3. Optimum ışık şiddetinin belirlenmesi

Kültürlerin optimum ışık şiddetlerini belirlemek amacıyla, optimum pH değerlerinde hazırlanan 25 mililitrelik serum şişelerindeki azot içermeyen 10 ml BG-11 besiyerlerine 100 µl aktif kültürlerden inoküle edilmiştir. Tüm denemeler 300, 500, 700, 900 lüks beyaz ışık altında 5, 15, 25, 35 gün süre ile oda sıcaklığında (25±2°C) inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda kültürlerin gelişimi kuru

ağırlık tayini ile belirlenmiş olup, tüm denemeler birbirinden bağımsız 3 paralel olarak birbirinden bağımsız şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. Stres ortamlarının hazırlanması

2.2.4.1. Kültivasyon

Farklı tuz ve ozmotik streslerin farklı konsantrasyonlarını içeren, optimal ışık ve pH değerlerinde hazırlanmış besiyerleri içeren 25 mililitrelik serum şişelerindeki azot içermeyen 10 ml sıvı BG-11 besiyerlerine 100 µL aktif kültürlerden inoküle edilmiştir. Kültürler 35 gün süre ile oda sıcaklığında ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$) inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda spektrofotometrik yöntem (Schimadzu UV-1201V, Japan) ile klorofil-a tayini (Porra vd., 1989), toplam karbohidrat içeriği (Dubois vd., 1956) ve toplam protein içerikleri (Gornall vd., 1949) tayin edilmiştir.

2.2.4.2. Klorofil – a, toplam protein ve toplam karbohidrat üzerine tuz stresinin etkisi

Tüm kültürlerin klorofil-a, toplam karbohidrat ve protein içeriği üzerine tuz streslerin etkilerini saptamak amacı ile farklı tuz stresleri altında inkübasyona bırakılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda NaCl (10, 25, 50, 100, 200 mM) ve KCl (10, 25, 50, 100, 200 mM) (Merck) içeren 25 mililitrelik serum şişelerindeki azot içermeyen 10 ml sıvı BG-11 besiyerlerine 100 µL aktif kültürlerden inoküle edilmiştir. Kültürler optimal pH ve ışık şiddeti şartlarında (35 gün süre ile, oda sıcaklığında $25\pm 2^{\circ}\text{C}$) inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda tüm kültürlerin klorofil-a miktarı, toplam karbohidrat ve toplam protein içerikleri saptanarak, farklı tuz ve ozmotik streslerin metabolik aktiviteler üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Denemeler bağımsız bir şekilde 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.4.3. Klorofil – a, toplam protein ve toplam karbohidrat üzerine ozmotik stresin etkisi

Tüm kültürlerin klorofil-a, toplam karbohidrat ve toplam protein içeriği üzerine ozmotik streslerin etkilerini saptamak amacı ile farklı ozmotik stresler altında kültürler inkübasyona bırakılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda glukoz (10, 20, 40, 80

mM), sukroz (10, 20, 40, 80, 160, 320 mM) ve mannitol (10, 20, 40, 80, 160, 320 mM) (Merck) içeren 25 mililitrelik serum şişelerindeki azot içermeyen 10 ml sıvı BG-11 besiyerlerine 100 µL aktif kültürlerden inoküle edilmiştir. Tüm karbohidrat kaynakları aseptik şartlar altında kültür ortamlarına aktarılmıştır (Ministart, 0.45 µm). Kültürler optimal pH ve ışık şiddeti şartlarında (35 gün süre ile, oda sıcaklığında $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$) inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda tüm kültürlerin klorofil-a, toplam karbohidrat ve toplam protein içerikleri saptanarak, farklı ozmotik streslerin metabolik aktiviteler üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Denemeler birbirinden bağımsız bir şekilde 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.5. Analiz yöntemleri

2.2.5.1. Kuru Ağırlığın Belirlenmesi

Farklı tuz ve ozmotik stres ortamlarında geliştirilen tüm siyanobakteriyel kültürler santrifüj (Hettich EBA 12) ile hasat edilmiş ve distile su ile 3-4 kez yıkandıktan sonra etüvde (Nüve FN 500) 70°C ' de 12 saat kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

2.2.5.2. Klorofil-a Tayini

Araştırmada kullanılan kültürler 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant ortamdan uzaklaştırılmış, sonra kültür üzerine 8 ml aseton ilave edilerek (% 80'lik ve 2.5 mM $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ile pH'ı 7.8'e ayarlanmış) ekstrakte edildikten sonra tekrar santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatant alınarak 663.6 ve 646.6nm dalga boylarında optik yoğunlukları spektrofotometrede okunmuştur. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi Porra vd. (1989)' e göre yapılmıştır. Tüm denemeler üçlü paralel olarak yürütülmüş ve denemelerde tamponlanmış aseton çözeltisi şahit olarak kullanılmıştır.

2.2.5.3. Nitrojenaz aktivitesinin belirlenmesi

Tüm siyanobakteriyel türlerin nitrojenaz aktivitelerini belirlemek amacı ile kültürlere asetilen redüksiyon tekniği uygulanarak etilen miktarları hesaplanmıştır (Burlage

vd.,1998). Optimal inkübasyon koşulları altında geliştirilen kültürler inkübasyon süresi sonunda, plastik tıkaçlarla iyice kapatılıp parafilmlendikten sonra, ortama 1 ml asetilen gazı injekte edilmiştir. Deney koşulları altında kültürler 12 saat boyunca tekrar inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda, ortamdan uzaklaştırılan 1 ml gaz örnekleri gaz kromatografisine injekte edilerek verileri okunmuştur. Sonuçlar nmol etilen / kuru ağırlık x saat (nmol etilen /mg.h) olarak hesaplanmıştır. Analizler sırasında kullanılan gaz kromatografisinin (Agilent J6W GC), DB-5 kolon ve (FID) alev iyonize dedektör, kolon sıcaklığı 100°C' ye, injeksiyon odasının sıcaklığı 100°C' ye ve dedektör sıcaklığı 120°C' ye ayarlanmıştır. Standart olarak % 99,9 saflıkta etilen gazı kullanılmıştır. Ortamdan geçen helyum gazının akış hızı ise 1,4 ml/ dk olarak ayarlanmıştır.

2.2.5.4. Toplam karbohidrat içeriğinin saptanması

Çalışmada kullanılan tüm siyanobakteriyel kültürlerin toplam karbohidrat içerikleri fenol sülfirik asit yöntemi ile saptanmıştır (Dubois vd., 1956). Toplam karbohidrat analizleri glukoz (0- 150mg /mL) standardı kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırmada inkübasyon süresi sonrasında hasat edilen kültürler kaynar su banyosunda (Memmert, WNB14, England) 1N H₂SO₄ içinde 1 saat hidroliz edilmiştir. Santrifüj ile hücreler uzaklaştırıldıktan sonra süpernatant üzerinden toplam karbohidrat içeriği fenol- sülfirik asit metodu kullanılarak spektrofotometrede 490 nm dalga boyunda absorbans değerleri saptandıktan sonra kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak konsantrasyonları hesaplanmıştır (Dubois vd., 1956). Denemelerde fenol- sülfirik asit çözeltisi şahit olarak kullanılmıştır.

2.2.5.5. Toplam Protein İçeriğinin saptanması

Çalışmada kullanılan tüm siyanobakteriyel kültürlerin toplam protein içeriği kolorimetrik olarak biüret yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Tüm denemelerdeki toplam protein içerikleri 540 nm dalga boyunda spektrofotometre kullanılarak absorbans değerlerinden belirlenmiştir. Kalibrasyon eğrisi BSA (sığır serum albumin) kullanılarak hazırlanmıştır (Gornall vd., 1949).

Belirtecin hazırlanması aşamasında 0.15 g bakır sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ve 0.6 g Na, K- tartarat 50 mL suda çözündürüldükten sonra 30 mL % 10 (w/v) NaOH üzerine karıştırılarak eklenmiş ve son hacim 100 mL' ye tamamlanmıştır. 1- 12 mg protein içeren standartlardan (1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 mg/ mL) 1'er mL, miktarı belirlenecek örnek protein ekstresi ve protein içermeyen şahit örnek (1 mL tampon veya saf su) üzerine 4 mL belirteç eklendikten sonra vortekste hızla karıştırılmıştır (Velp Scientifica). Oda sıcaklığında 30 dakikalık inkübasyona bırakıldıktan sonra 540 nm' de absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri ile çizilen kalibrasyon eğrisinden yola çıkılarak konsantrasyon hesaplamaları yapılmıştır (Gornall vd., 1949).

2.2.5.6. İstatiksel Uygulamalar

Tüm denemeler birbirinden bağımsız olarak 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin ortalamaları $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Tüm hesaplamalar Microsoft Office Excell 2007 programı yardımı ile yapılmıştır.

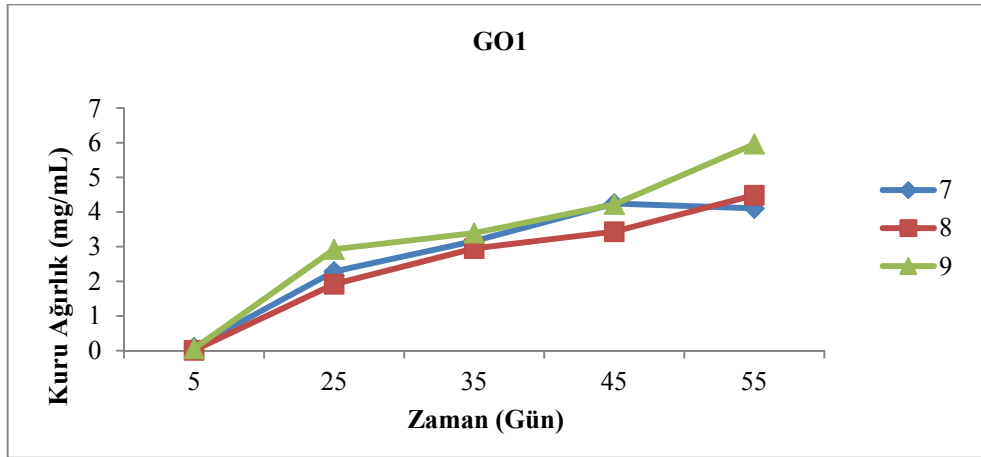
3. BULGULAR ve İRDELEME

3.1. Siyanobakteriyel Türlerin Optimal İstekleri

3.1.1. Siyanobakteriyel türlerin optimum pH istekleri

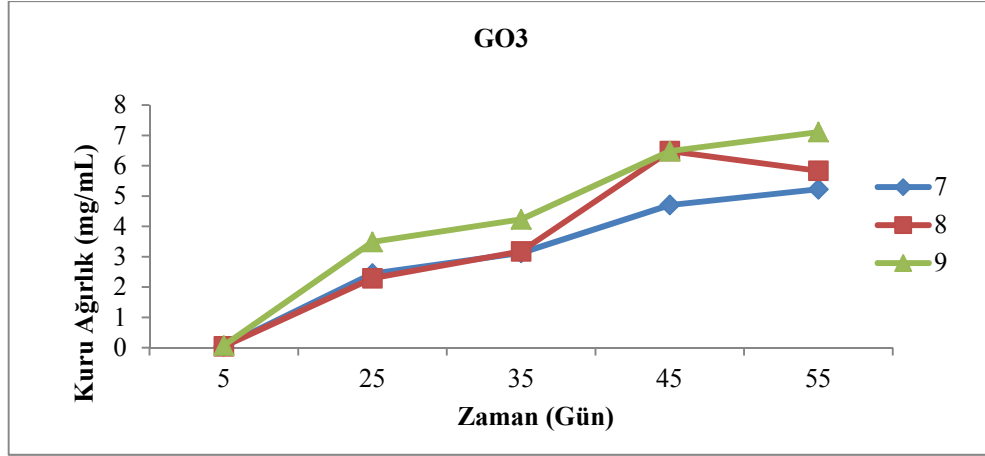
Tüm siyanobakteriyel türlerin optimum pH isteklerini belirlemek amacı ile farklı pH değerlerinde tüm kültürler oda sıcaklığında ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$) ve optimal ışık şiddetleri altında 55 gün inkübasyona bırakılmıştır. Çalışmadan elde edilen verilere göre;

Anabaena sp. GO1’ de optimal gelişim pH9’da saptanmıştır (5,96 mg/mL) ve pH düştükçe gelişim azalırken pH arttıkça da gelişim artmıştır (Şekil 3.1).



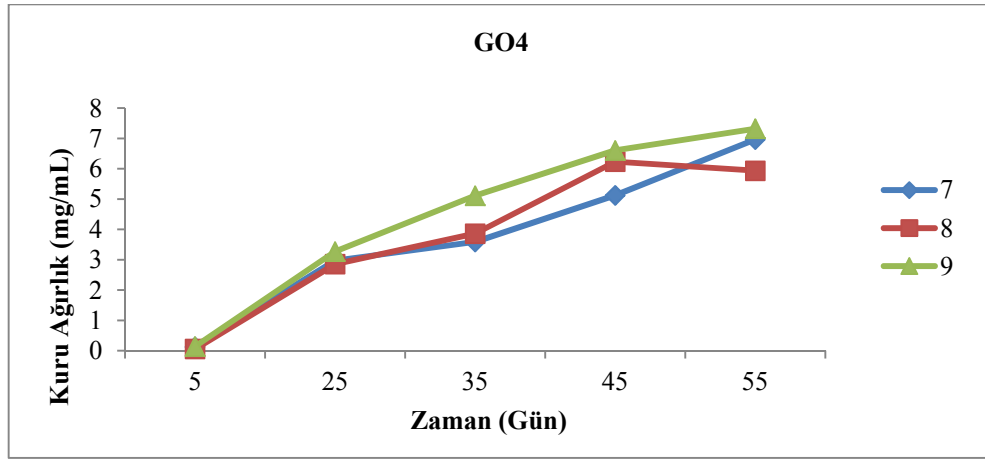
Şekil 3.1. Farklı pH değerlerinin *Anabaena* sp. GO1’ in gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO3’ de ise pH düştükçe gelişim azalmış, pH yükseldikçe gelişim artmıştır. En iyi gelişim pH9’da saptanmıştır (7,11 mg/mL) (Şekil 3.2).



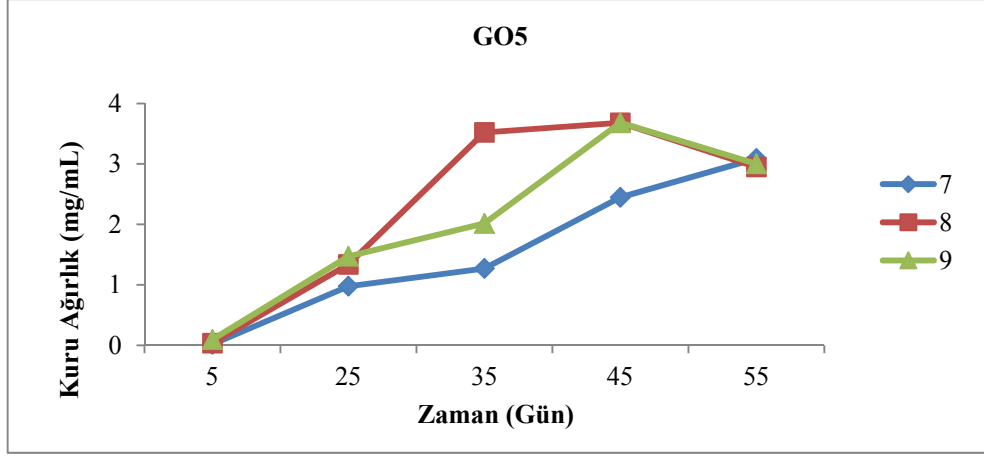
Şekil 3.2. Farklı pH değerlerinin *Anabaena* sp. GO3' ün gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO4' ün gelişiminin pH'dan farklı etkilendiği gözlenmiştir. En yüksek gelişim pH9'da saptanmıştır (7,32 mg/mL) (Şekil 3.3).



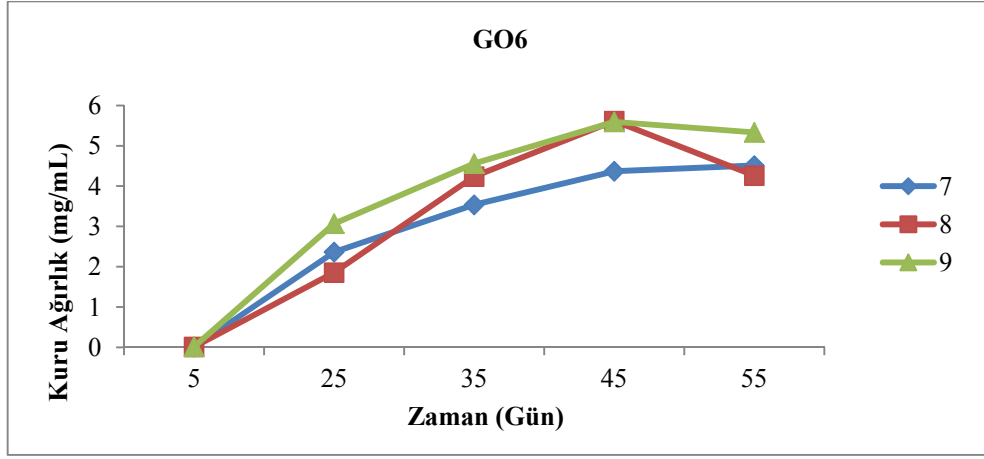
Şekil 3.3. Farklı pH değerlerinin *Anabaena* sp. GO4' ün gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO5, optimum pH gereksinimi pH8 olarak belirlenmiştir. pH7'de biyokütle miktarı düşük iken, pH8'de giderek artmış, ancak pH9' da biyokütle miktarı kısmen baskılanmıştır (Şekil 3.4).



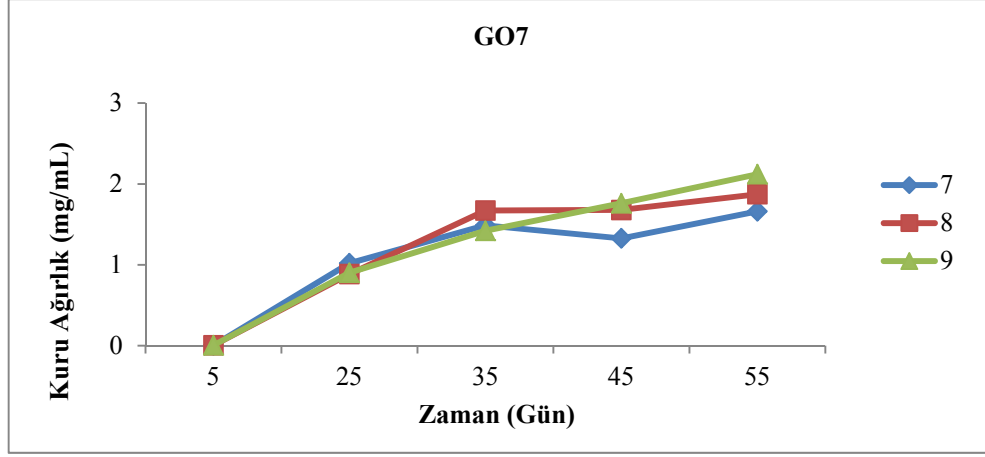
Şekil 3.4. Farklı pH değerlerinin *Anabaena* sp. GO5' in gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO6' da ise, farklı pH değerlerinden gelişim farklı etkilenmiştir. Optimal gelişim pH9' da (5,33 mg/mL) saptanmıştır (Şekil 3.5).



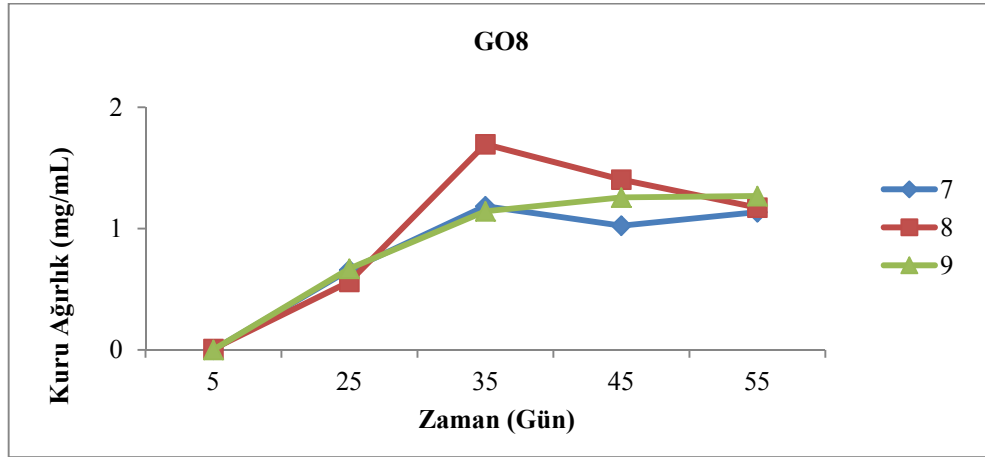
Şekil 3.5. Farklı pH değerlerinin *Anabaena* sp. GO6' nın gelişimi üzerine etkisi

Optimal pH'ı 9 olan bir diğer tür ise *Anabaena* sp. GO7' dir. Bu türde pH düştükçe gelişim azalmış ancak pH yükseldikçe de gelişim artmıştır. En iyi gelişim 2,12 mg/mL ile pH9'da gerçekleşmiştir (Şekil 3.6).



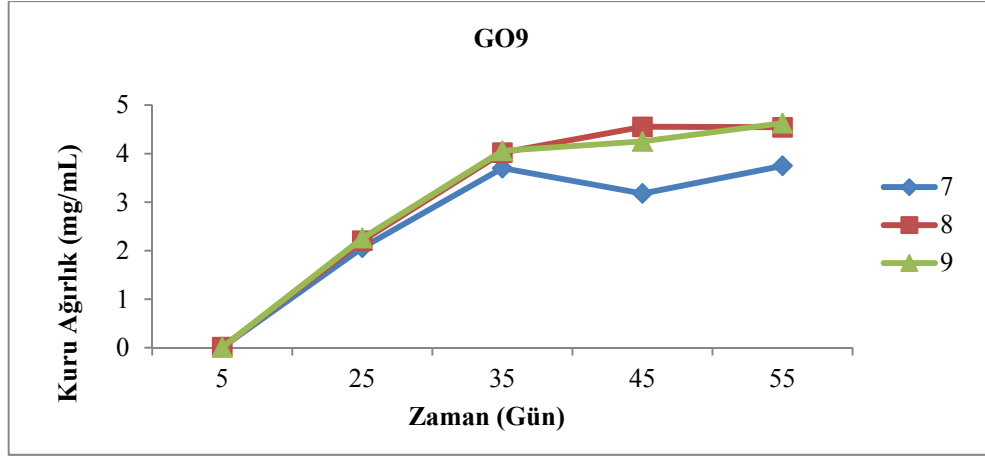
Şekil 3.6. Farklı pH değerlerinin *Anabaena* sp. GO7' nin gelişimi üzerine etkisi

Synechocystis sp. GO8 değişen pH değerlerinden farklı etkilenmiştir. Optimal pH'ı 8 olup, en iyi gelişim miktarı bu pH değerinde 35. günde 1,69 mg/mL olarak saptanmıştır (Şekil 3.7).



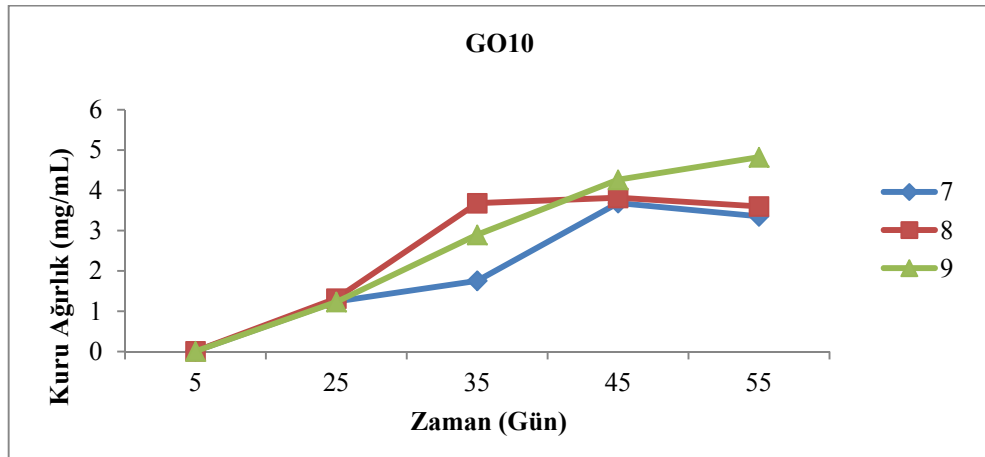
Şekil 3.7. Farklı pH değerlerinin *Synechocystis* sp. GO8' in gelişimi üzerine etkisi

pH 8' in optimal pH olarak belirlendiği bir diğer tür ise *Gloeotheca* sp. GO9' dur. En düşük gelişim bu türde pH7' de gerçekleşirken, pH' ın 8 ve 9 olduğu şartlarda gelişim birbirine yakın değerler göstermiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Farklı pH değerlerinin *Gloeotheca* sp. GO9' un gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO10' da ise, gelişimin en iyi olduğu ortam şartları pH9' a aittir ve 55. günün sonunda gelişim miktarı pH9' da 4,82 mg/mL olarak gerçekleşmiştir. En düşük biyokütle ise pH7' de saptanmıştır (Şekil 3.9).

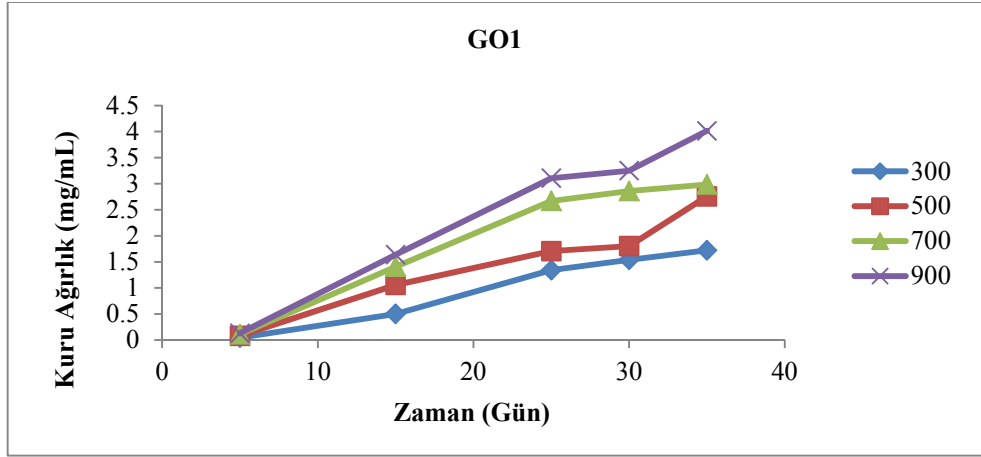


Şekil 3.9. Farklı pH değerlerinin *Anabaena* sp. GO10' nun gelişimi üzerine etkisi

3.1.2. Siyanobakteriyel türlerin optimum ışık istekleri

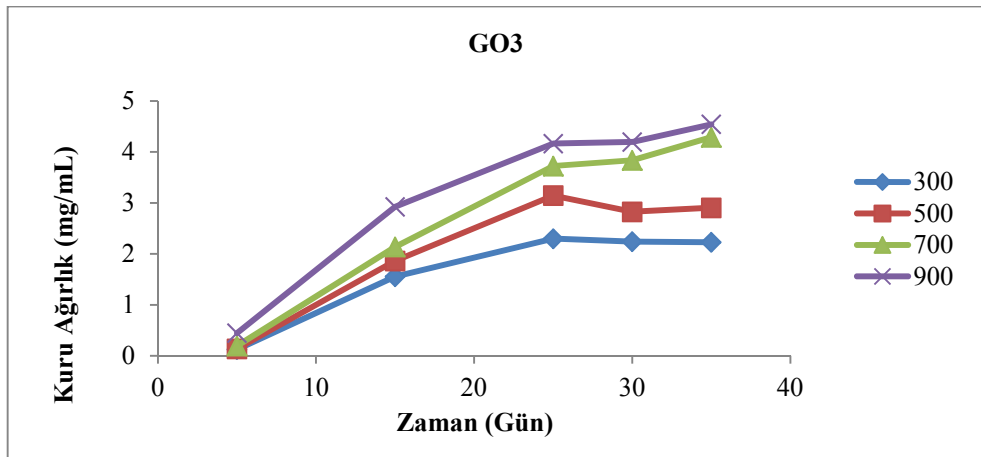
Tüm siyanobakteriyel türler optimum gelişim şartlarını belirlemek amacı ile farklı ışık şiddeti altında, oda sıcaklığında ($25 \pm 2^\circ \text{C}$) 35 gün süre ile inübasyona bırakılmış, inkübasyon süresi sonunda siyanobakteriyel gelişim kuru ağırlık olarak saptanmıştır. Çalışmamızdan elde edilen verilere göre, siyanobakteriyel türlerden altısının optimum gelişim gösterdiği ışık şiddeti 900 lüks, üç tanesinin ise 700 lüks olarak belirlenmiştir.

Anabaena sp. GO1' in verileri incelendiğinde, en yüksek gelişimin 900 lüks ışık şiddeti altında (4,013 mg/mL) gerçekleştiği gözlenmiştir. Bundan başka tüm değerler dikkate alındığında ışık şiddeti arttıkça gelişim artmış, ışık şiddeti azaldıkça da gelişim azalmıştır (Şekil 3.10).



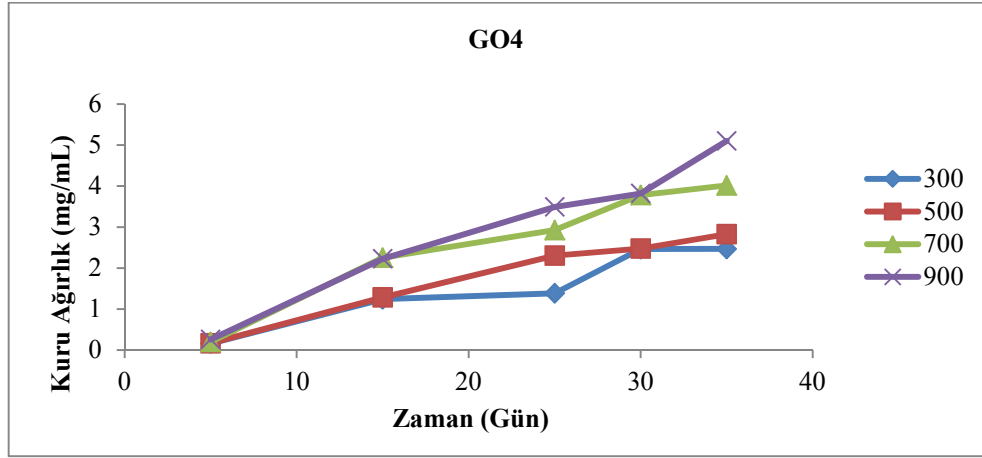
Şekil 3.10 Farklı ışık şiddetlerinin *Anabaena* sp. GO1' in gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO3' ün en iyi gelişimi 900 lüks ışık şiddeti altında (4,542 mg/mL) saptanmıştır. Bütün ışık şiddetleri dikkate alındığında ise ışık şiddeti arttıkça biyokütle artmış, azaldıkça ise biyokütle azalmıştır (Şekil 3.11).



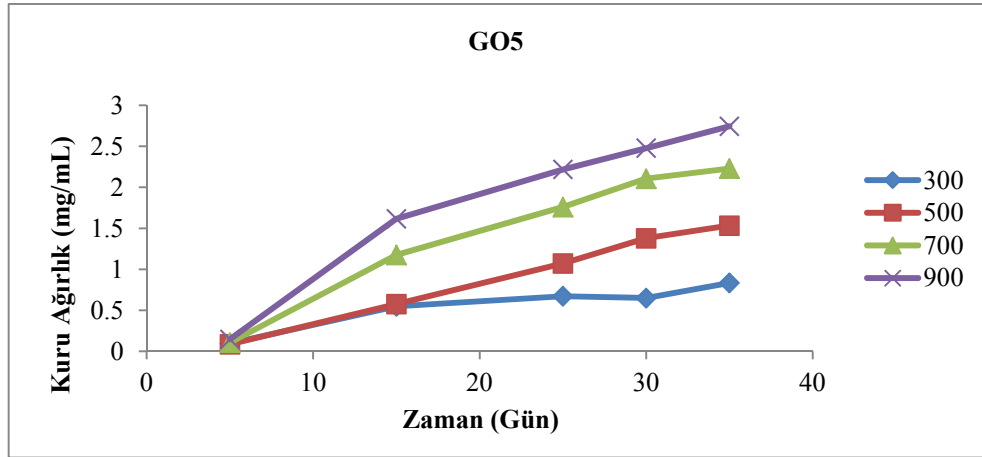
Şekil 3.11. Farklı ışık şiddetlerinin *Anabaena* sp. GO3' ün gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO4' de ise, optimum ışık şiddeti 900 lüks olarak belirlenmiştir (5,102 mg/mL).



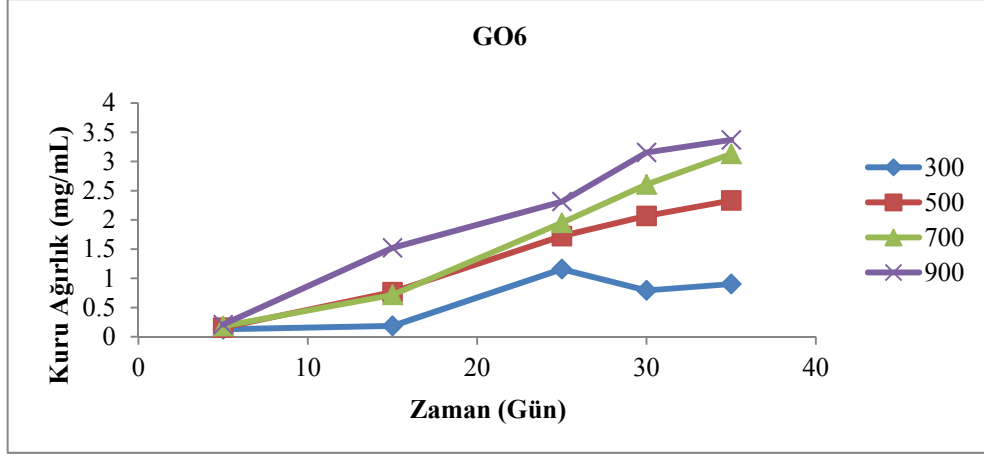
Şekil 3.12. Farklı ışık şiddetlerinin *Anabaena* sp. GO4' ün gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO5' te ise, en iyi biyokütlenin elde edildiği (2,74 mg/mL) ışık şiddeti 900 lüks olarak belirlenmiştir. Bu türde de ışık şiddeti arttıkça gelişim artmış, ışık şiddeti azaldıkça biyokütle baskılanmıştır (Şekil 3.13).



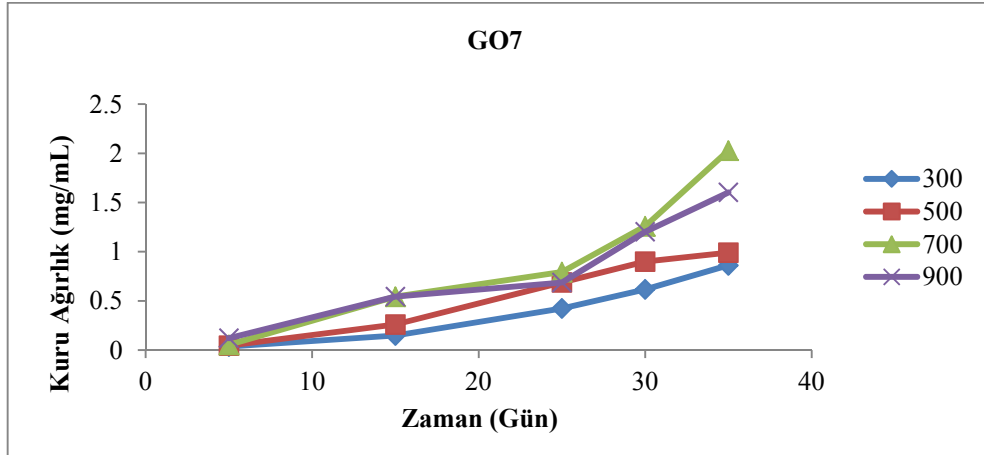
Şekil 3.13. Farklı ışık şiddetlerinin *Anabaena* sp. GO5' in gelişimi üzerine etkisi

Optimum ışık şiddetinin 900 lüks olarak belirlendiği *Anabaena* sp. GO6' da gelişim en yüksek seviyeye ulaşmıştır (3,37 mg/mL). Benzer bir şekilde ışık şiddeti arttıkça biyokütle miktarı artmış ancak ışık şiddeti azaldıkça biyokütle miktarında da azalma gözlenmiştir (Şekil 3.14).



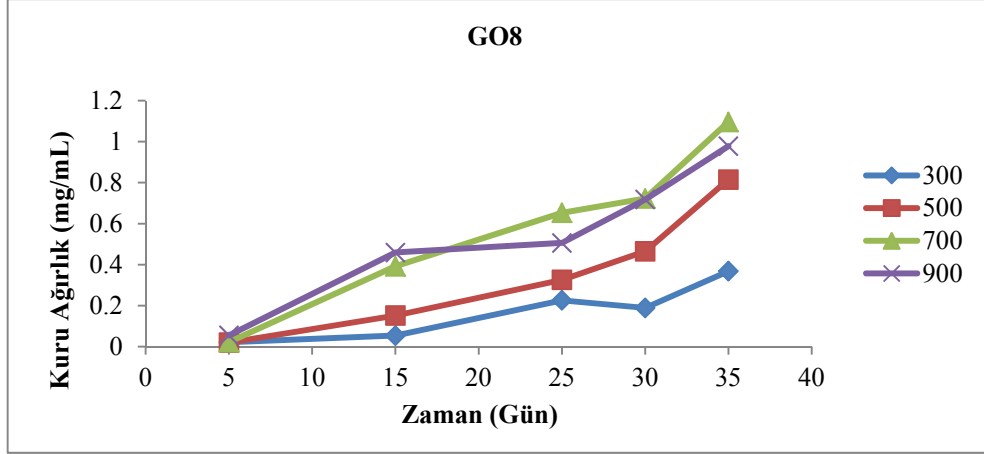
Şekil 3.14. Farklı ışık şiddetlerinin *Anabaena* sp. GO6' nın gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO7' de optimal ışık şiddeti 700 lüks olarak belirlenmiştir (2,02 mg/mL). Düşük ışık şiddetleri (300 ve 500 lüks) altında gelişim az iken, optimum gelişim 700 lükste gözlenmiş ancak artan ışık şiddetinde biyokütle miktarı inhibe olmuştur (1,6 mg/mL) (Şekil 3.15).



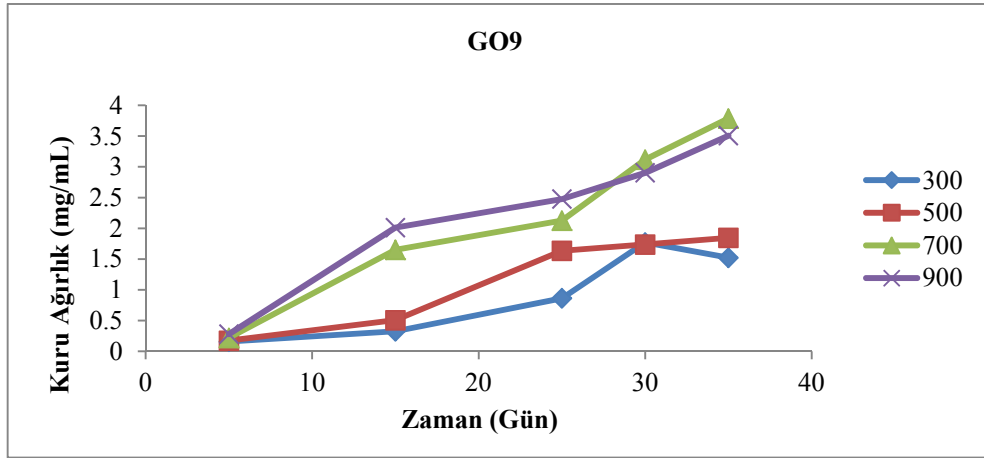
Şekil 3.15. Farklı ışık şiddetlerinin *Anabaena* sp. GO7' nin gelişimi üzerine etkisi

Synechocystis sp. GO8' de veriler incelendiğinde, optimal ışık şiddeti 700 lüks olarak gözlenmiş ve biyokütle miktarı 1,09 mg/mL olarak saptanmıştır. Düşük ışık şiddetlerinde (300 ve 500 lüks) biyokütle miktarı az iken, en iyi gelişim 700 lükste gözlenmiş ancak artan ışık şiddetinden (900 lüks) biyokütle miktarı baskılanarak etkilenmiştir (Şekil 3.16).



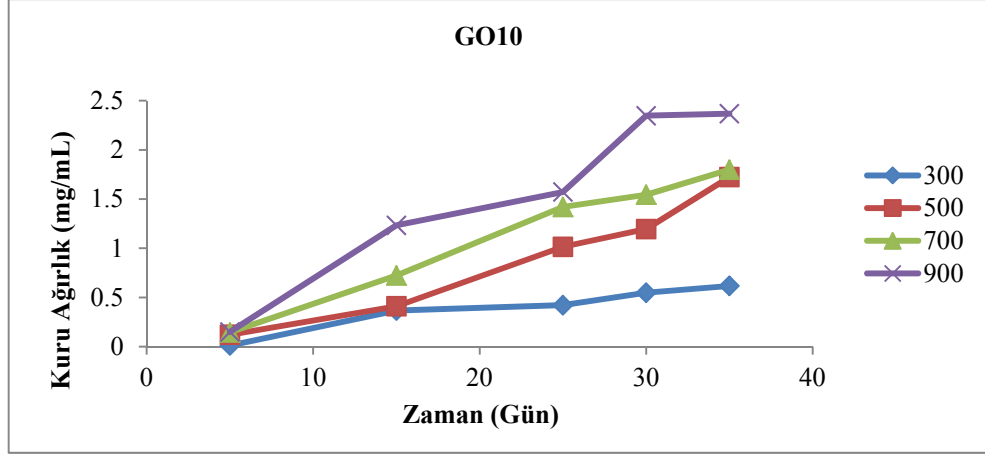
Şekil 3.16. Farklı ışık şiddetlerinin *Synechocystis* sp. GO8' in gelişimi üzerine etkisi

Gloeotheca sp. GO9' da ışık şiddetinin etkisi incelendiğinde ise, optimum gelişim 700 lüks ışık şiddetinde gerçekleşmiştir (3,78 mg/mL). Işık şiddetinin 300 ve 500 lüks olduğu şartlarda biyokütle miktarı düşük iken, 700 lükste en iyi gelişim görülmüş bundan başka 900 lükste ise biyokütle kısmen baskılanmıştır (3,50 mg/mL) (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Farklı ışık şiddetlerinin *Gloeotheca* sp. GO9' un gelişimi üzerine etkisi

Anabaena sp. GO10' da ışık şiddetinin gelişime etkisi incelendiğinde, optimal ışık şiddetinin 900 lüks olduğu ve biyokütle miktarının ise 2,36 mg/mL' ye ulaştığı saptanmıştır. 300 lüks ışık şiddeti altında en düşük biyokütle miktarı elde edilirken, 500 ve 700 lüks ışık şiddetinin olduğu şartlar altında gelişim birbirine yakın değerler göstermiştir (Şekil 3.18.).

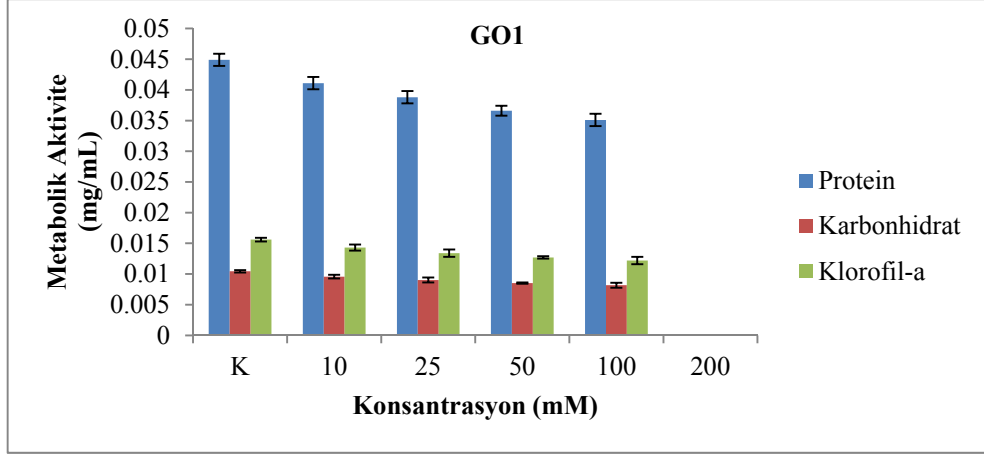


Şekil 3.18. Farklı ışık şiddetlerinin *Anabaena* sp. GO10' un gelişimi üzerine etkisi

3.2. Farklı Tuz Streslerinin Metabolik Aktiviteler Üzerine Etkileri

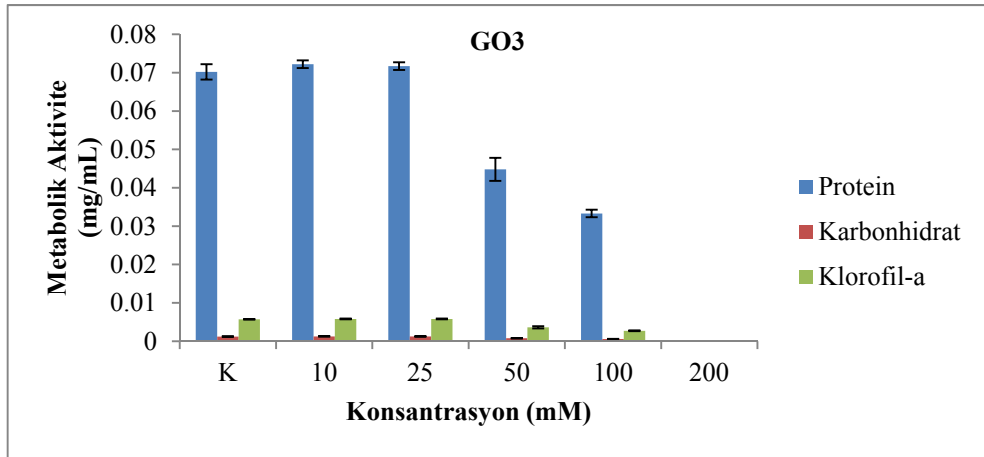
3.2.1. Farklı NaCl konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri

Tüm siyanobakteriyel türlerde farklı tuz konsantrasyonlarının klorofil-a, toplam protein ve karbohidrat içeriğine etkisini belirlemek amacı ile optimal gelişim koşulları altında farklı NaCl konsantrasyonlarını içeren ortamlarda geliştirilen türlerin metabolik aktiviteleri belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, NaCl stresi altındaki *Anabaena* sp. GO1' in toplam protein içeriği, kontrol (tuz stresi uygulanmamış hücreler) ile karşılaştırıldığında artan tuz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek toplam protein içeriği 10 mM tuz konsantrasyonunda (0,04 mg/mL) belirlenmiştir. *Anabaena* sp. GO1' in tüm metabolik aktiviteleri 200 mM NaCl konsantrasyonunda tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat içerikleri de benzer bir şekilde artan tuz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiştir ve 200 mM tuz konsantrasyonunda tamamen inhibe olmuştur. Klorofil-a içeriği ise benzer şekilde etkilenmiş olup, kontrol ile karşılaştırıldığında kısmen baskılandığı saptanmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. *Anabaena* sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

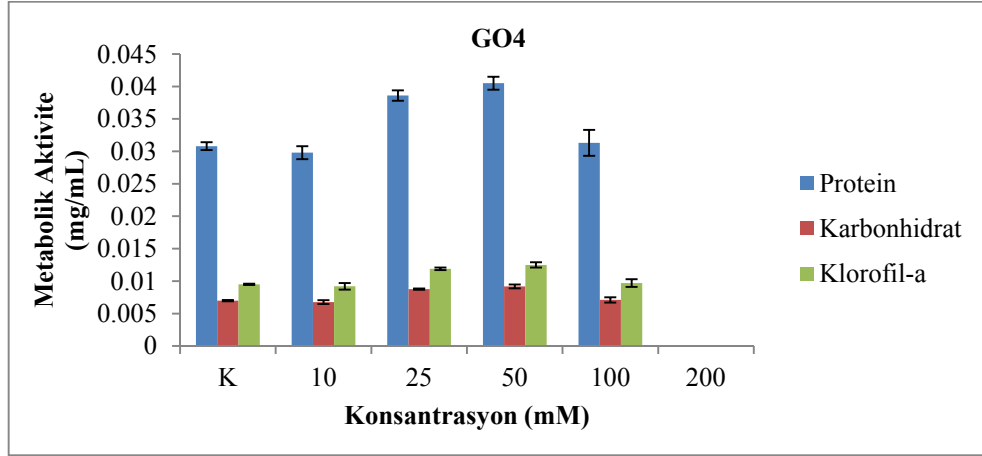
Anabaena sp. GO3' te, farklı NaCl konsantrasyonları protein içeriğini başlangıçta (10 ve 25 mM) etkilememiştir ancak artan tuz konsantrasyonları protein içeriklerini keskin bir şekilde baskılamıştır. Tüm metabolik aktiviteler 200 mM tuz konsantrasyonunda tamamen inhibe olmuştur. Benzer bir biçimde toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri de başlangıçta kısmen baskılanma gözlenirken, artan konsantrasyonlardan keskin bir şekilde inhibe olmuştur. En yüksek protein içeriği 10 mM tuz konsantrasyonunda (0,07 mg/mL) saptanmıştır (Şekil 3.20)



Şekil 3.20. *Anabaena* sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

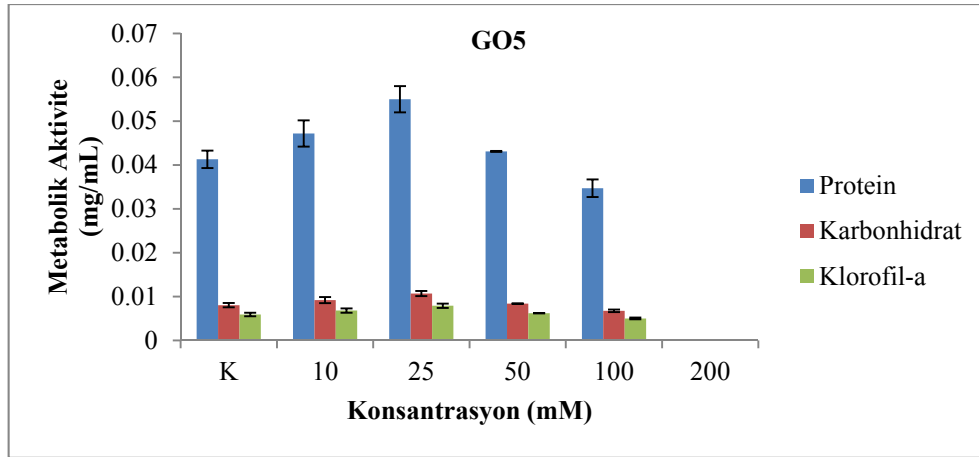
Siyanobakteriyel türlerden *Anabaena* sp. GO4' de ise başlangıç NaCl konsantrasyonunda toplam protein içeriği kontrole yakın bir değer gösterirken, 25 ve 50 mM tuzun bulunduğu şartlarda toplam protein içeriği stimule olmuştur. Ancak artan tuz konsantrasyonlarından ise baskılanarak etkilenmiştir. Tüm metabolik

aktiviteler 200 mM NaCl konsantrasyonunda tamamen inhibe olmuştur. En yüksek toplam protein içeriği 50 mM tuz konsantrasyonu şartlarında 0,04 mg/mL olarak gerçekleşmiştir. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içeriklerine bakıldığında ise, benzer bir şekilde başlangıç tuz konsantrasyonunda kontrole yakın bir değer gözlenirken, 25 ve 50 mM tuz konsantrasyonu şartlarında toplam karbohidrat içeriği artmış ancak yüksek konsantrasyonlarda ise inhibe olmuştur. Klorofil-a içeriği de benzer şekilde değerler göstermiştir (Şekil 3.21).



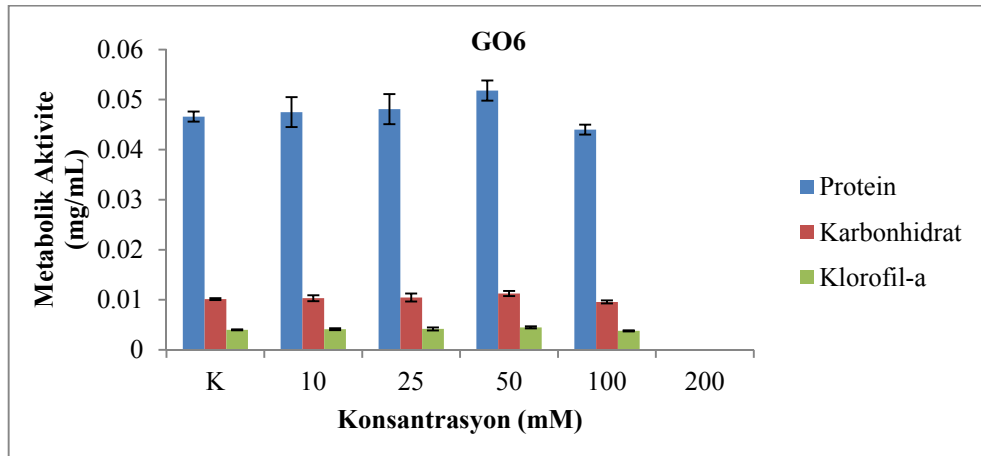
Şekil 3.21. *Anabaena* sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO5' te ise, tüm metabolik aktiviteler kontrol ile karşılaştırıldığında başlangıç NaCl konsantrasyonlarında (10 ve 25 mM) stimule olmuş ancak artan tuz konsantrasyonların da ise kısmen baskılanmış olup, 200 mM tuz konsantrasyonun da ise tamamen inhibe olmuştur. En yüksek toplam protein içeriği ise 25 mM tuz konsantrasyonunda (0,05 mg/mL) gerçekleşmiştir. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içeriklerine bakıldığında ise 25 mM tuz konsantrasyonuna kadar stimule olan karbohidrat içerikleri 50 mM' dan itibaren baskılanmaya başlamış ve 200 mM' da tamamen inhibe olmuştur. Klorofil-a içeriğinde ise 25 mM' a kadar stimülasyon söz konusu iken, 50mM' dan itibaren inhibisyon gözlenmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. *Anabaena* sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

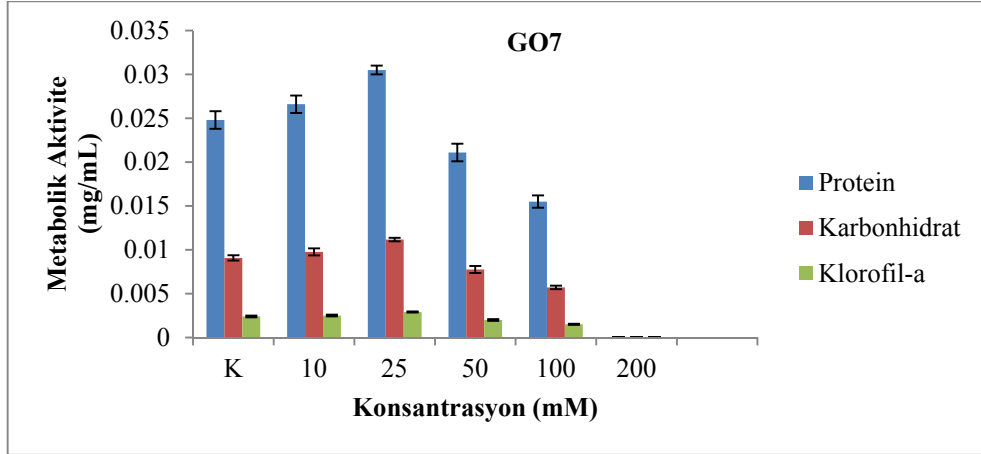
Anabaena sp. GO6' dan elde edilen veriler incelendiğinde, toplam protein içeriklerinin 50 mM NaCl konsantrasyonuna kadar arttığı ve en yüksek protein içeriğinin bu konsantrasyondan sağlandığı (0,05 mg/mL) görülmüştür. 100 mM tuz konsantrasyonunda ise toplam protein içeriği kısmen baskılanmış ve kontrole yakın bir değer göstermiştir, ancak 200 mM'da ise protein içeriği tamamen baskılanmıştır. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri incelendiğinde ise, her iki metabolik aktivite de 25 mM tuz konsantrasyonuna kadar kontrole yakın değerler göstermiş ancak 50 mM'da kısmen stimule olmuş ve 200 mM'da ise tamamen inhibe olmuştur (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. *Anabaena* sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

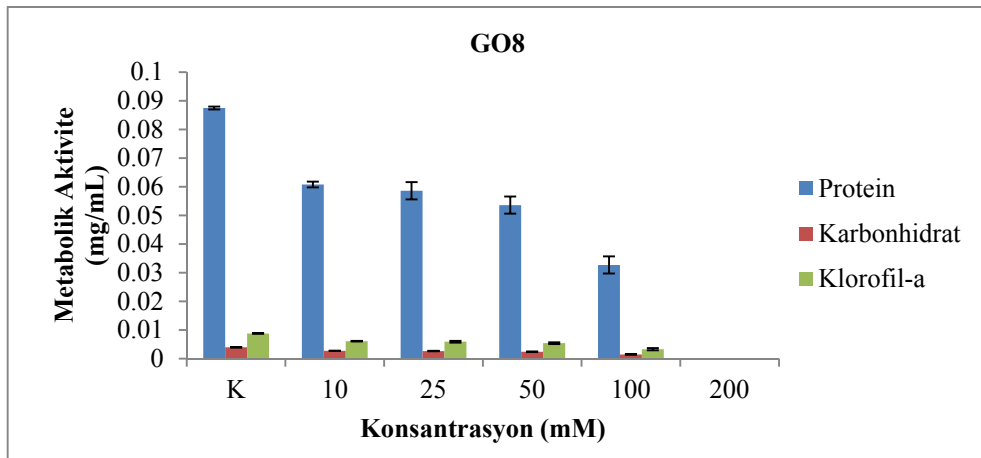
Anabaena sp. GO7' e veriler dikkate alındığında, toplam protein içeriği 25 mM NaCl konsantrasyonuna kadar stimule olurken, artan tuz konsantrasyonlarından kısmen

baskılanmış ve 200 mM' da ise tamamen inhibe olmuştur. En yüksek protein içeriği 25 mM tuz konsantrasyonunda 0,03 mg/mL olarak gerçekleşmiştir. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri de benzer sonuçlar göstermiştir. 25 mM tuz konsantrasyonuna kadar artış söz konusu iken yüksek tuz konsantrasyonlardan baskılanarak etkilendiği belirlenmiştir (Şekil 3.24).



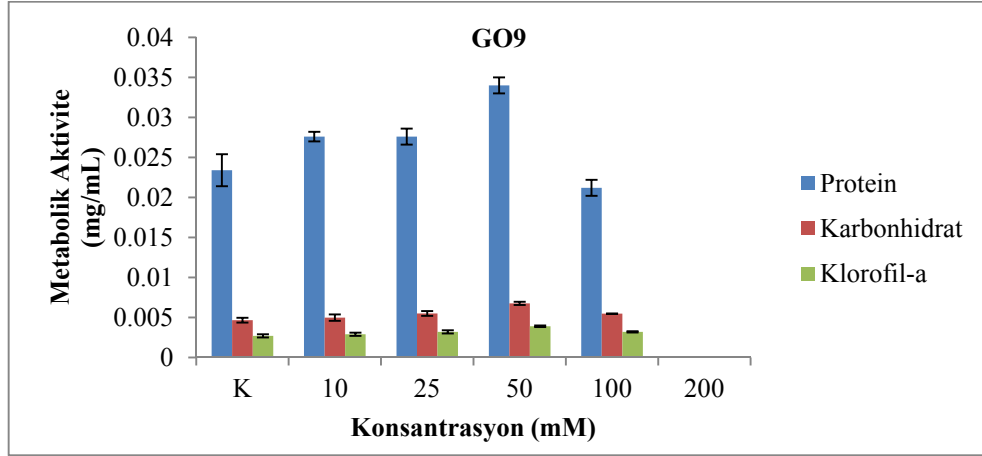
Şekil 3.24. *Anabaena sp. GO7*' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

Çalışmada kullanılan türlerden biri de *Synechocystis sp. GO8*' dir. Bu türe ait tüm metabolik aktiviteler 200 mM NaCl konsantrasyonunda tamamen inhibe olmuştur. Bundan başka en yüksek toplam protein, karbohidrat ve klorofil-a içerikleri 10 mM tuz konsantrasyonundan elde edilmiştir. Tüm metabolik aktivitelerin başlangıçtan itibaren (10 mM) kısmen baskılandığı saptanmıştır. En yüksek protein içeriği başlangıç tuz konsantrasyonunda 0,06 mg/mL olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.25).



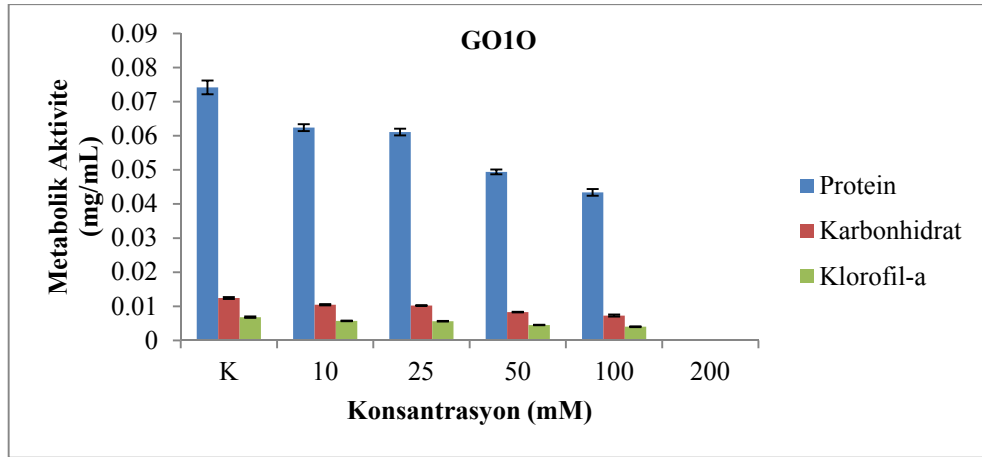
Şekil 3.25. *Synechocystis sp. GO8*' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

Gloeotheca sp. GO9’ da ise, tüm metabolik aktiviteler 50 mM NaCl konsantrasyonuna kadar stimule olmuş ancak artan tuz konsantrasyonlarından baskılanarak etkilenmiştir. 200 mM NaCl konsantrasyonunda ise tamamen inhibe olmuştur. Toplam protein ve karbohidrat içeriği ile klorofil-a içeriği dikkate alındığında, bu türde en yüksek değerler 50 mM tuz konsantrasyonunda gerçekleşmiştir. Bunlardan en yüksek protein içeriği 0,03 mg/mL olarak belirlenmiştir (Şekil 3.26).



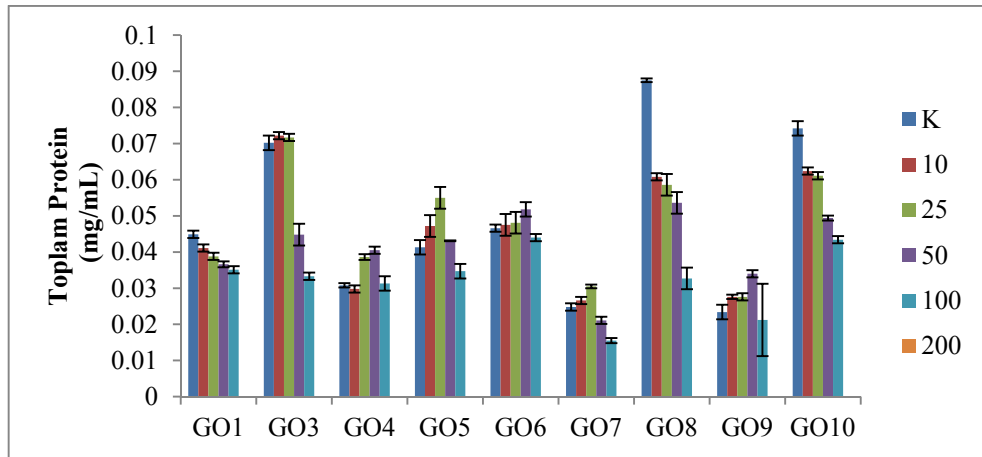
Şekil 3.26. *Gloeotheca* sp. GO9’ un metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO10 türünde ise, metabolik aktivitelerin tamamı artan tuz konsantrasyonlarından baskılanarak etkilenmiş ve 200 mM tuz konsantrasyonunda ise tamamen inhibe olmuştur. En yüksek toplam protein içeriği 10 mM tuz konsantrasyonunda 0,06 mg/mL olarak gerçekleşirken, yine aynı konsantrasyonda en iyi toplam karbohidrat miktarı 0,01 mg/mL, klorofil-a içeriği ise 0,005 mg/mL olarak saptanmıştır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. *Anabaena* sp. GO10' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkisi

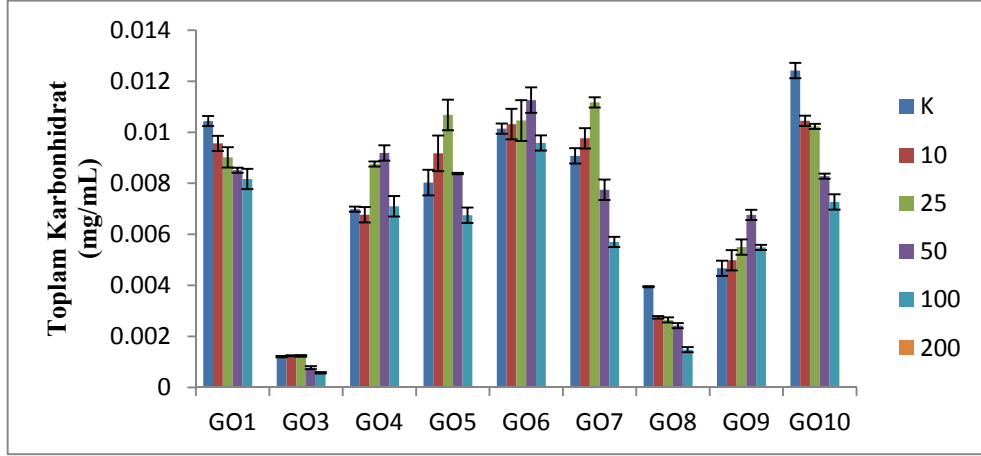
Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine NaCl etkisi karşılaştırıldığında, türler arasında büyük farklılıkların olduğu saptanmıştır. Toplam protein içeriğinin en yüksek olduğu 2 tür *Anabaena* sp. GO3 (0,07 mg/mL) ve *Anabaena* sp. GO10 türüne (0,06 mg/mL) aittir. *Anabaena* sp. GO1, *Anabaena* sp. GO4, *Anabaena* sp. GO7 ve *Gloeotheca* sp. GO9 türlerinde ise toplam protein içerikleri düşük bulunmuştur (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine NaCl etkisinin karşılaştırılması

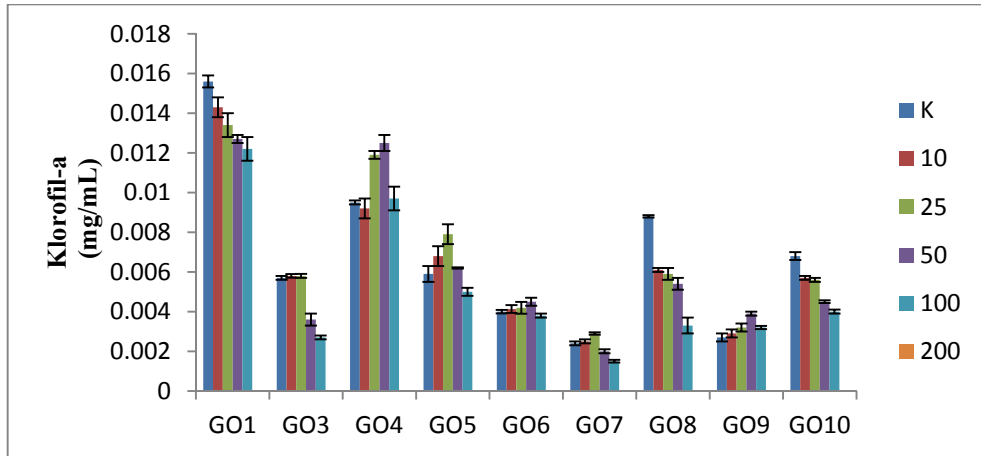
Tüm türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine NaCl etkisi karşılaştırıldığında ise, en yüksek değerler *Anabaena* sp. GO1, *Anabaena* sp. GO4, *Anabaena* sp. GO5, *Anabaena* sp. GO6, *Anabaena* sp. GO7 ve *Anabaena* sp. GO10 türlerinde saptanmıştır. Bunlardan en yüksek karbohidrat içeriğini gösteren 2 tür ise *Anabaena* sp. GO5 (0,01 mg/mL) ve *Anabaena* sp. GO6' dır (0,01 mg/mL). En düşük

karbohidrat içeriği ise *Anabaena* sp. GO3 ve *Synechocystis* sp. GO8’de saptanmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine NaCl etkisinin karşılaştırılması

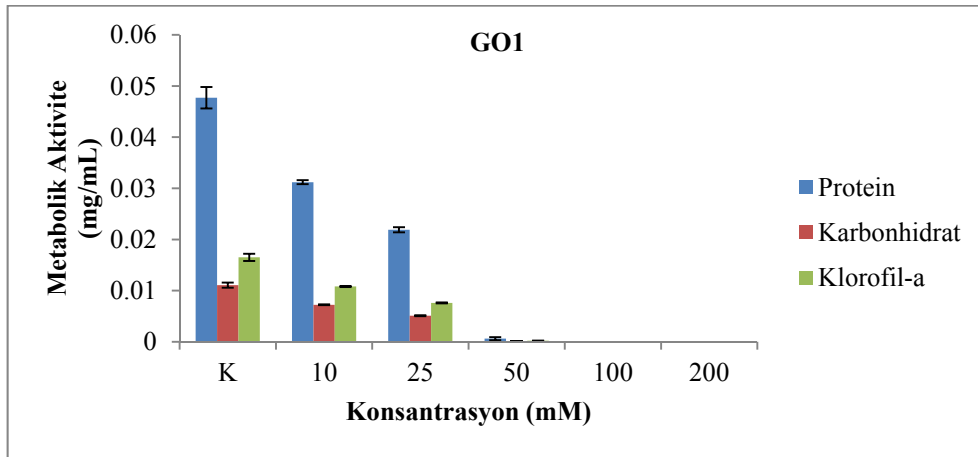
Tüm türlerin klorofil-a içerikleri karşılaştırıldığında ise, en yüksek klorofil-a içeriğine *Anabaena* sp. GO1 (0,014 mg/mL) ve *Anabaena* sp. GO4 (0,012 mg/mL)’de rastlanmıştır. Bunlardan başka *Anabaena* sp. GO5, *Synechocystis* sp. GO8 ve *Anabaena* sp. GO10 türlerindeki klorofil-a içerikleri ise kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En düşük klorofil-a içeriği ise *Anabaena* sp. GO3, *Anabaena* sp. GO6, *Anabaena* sp. GO7 ve *Gloeotheca* sp. GO9’ da belirlenmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri üzerine NaCl etkisinin karşılaştırılması

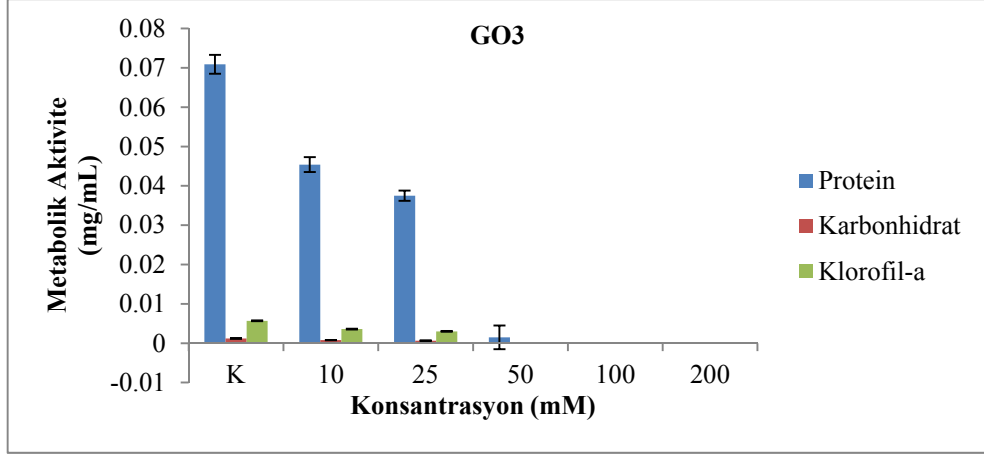
3.2.2. Farklı KCl konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri

KCl' ün farklı konsantrasyonlarının (10-200 mM) siyanobakteriyel türler üzerine etkisi incelendiğinde, 100 mM KCl konsantrasyonunda türlerin metabolik aktivitelerinin tamamen inhibe olduğu gözlenmiştir. *Anabaena* sp. GO1' in metabolik aktiviteleri artan KCl konsantrasyonlarından baskılanarak etkilenmiştir. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri şiddetli olarak inhibe olurken, toplam protein içeriği kısmen baskılanmıştır (Şekil 3.31).



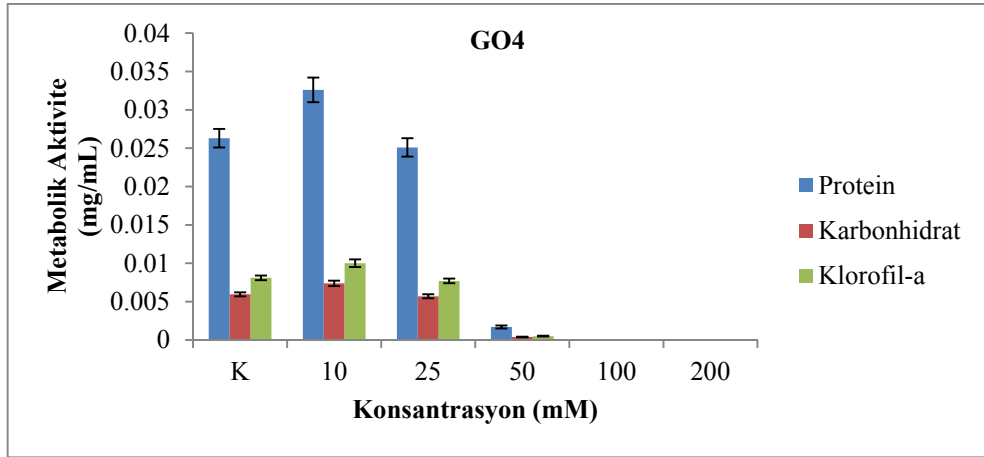
Şekil 3.31. *Anabaena* sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri dikkate alındığında, benzer bir şekilde toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri şiddetli bir şekilde baskılanırken, toplam protein içeriği başlangıç konsantrasyonundan itibaren kısmen inhibe olmuştur ayrıca tüm metabolik aktiviteler 100 mM KCl konsantrasyonunda tamamen baskılanmıştır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. *Anabaena* sp. GO3'ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

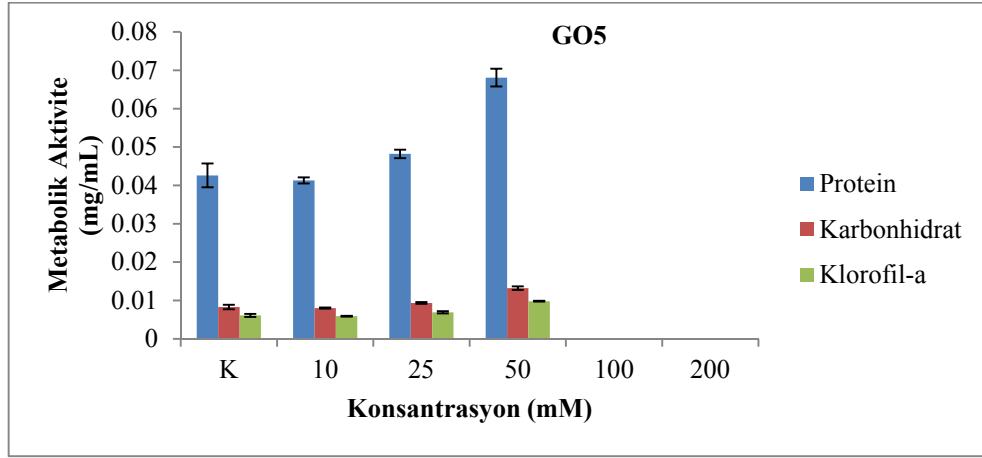
Anabaena sp. GO4 ise, artan KCl konsantrasyonlarından farklı şekilde etkilenmiştir. Başlangıçta (10 mM) tüm parametreler stimüle olmuş ancak artan konsantrasyonlardan baskılanarak etkilenmiştir. Ancak 100 mM KCl konsantrasyonunun da ise bütün aktiviteler tamamen baskılanmıştır. Başlangıç konsantrasyonda toplam protein içeriği 0,03 mg/mL iken toplam karbohidrat içeriği 0,007 mg/mL, klorofil-a içeriği ise 0,01 mg/mL olarak saptanmıştır (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. *Anabaena* sp. GO4'ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

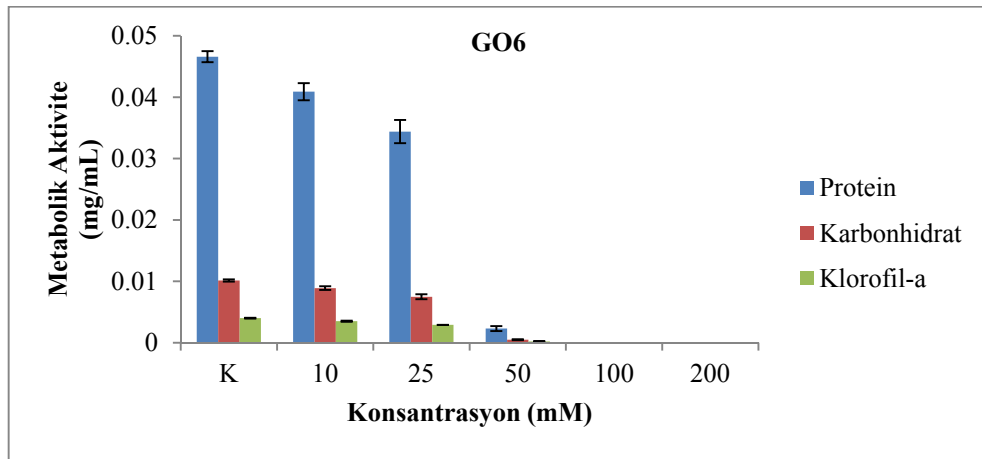
Artan KCl konsantrasyonlarından *Anabaena* sp. GO5' in tüm aktiviteleri stimüle olarak etkilenmiştir ancak 100 mM'da ise bütün aktiviteler tamamen baskılanmıştır. Başlangıç KCl konsantrasyonunda tüm aktiviteler kontrole yakın değerler gösterirken, 50 mM KCl konsantrasyonunun da ise tüm aktiviteler hızla artmıştır.

Toplam protein içeriği 50 mM KCl’ de 0,06 mg/mL iken, toplam karbohidrat içeriği 0,01 mg/mL, klorofil-a içeriği ise 0,009 mg/mL olarak belirlenmiştir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. *Anabaena* sp. GO5’ in metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

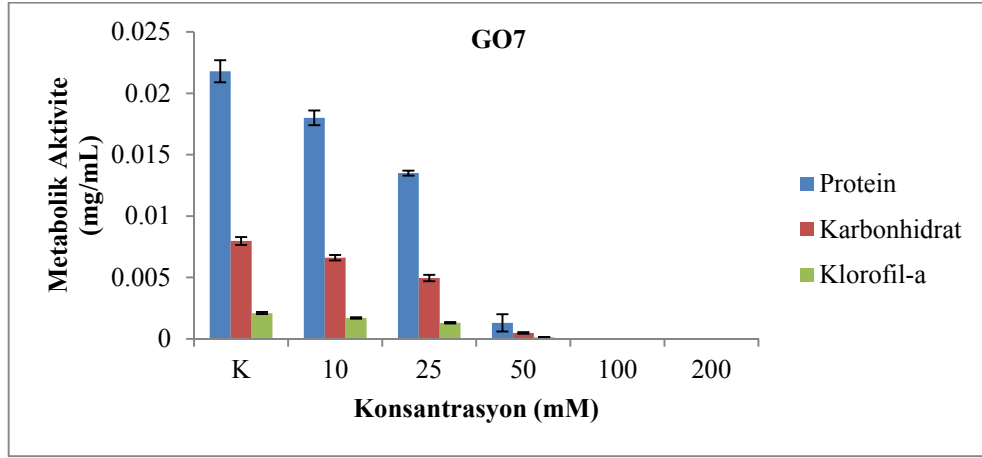
Anabaena sp. GO6’ nın sonuçları dikkate alındığında, bütün aktiviteler artan KCl konsantrasyonlardan baskılanarak etkilenmiştir. 10 mM KCl konsantrasyonunda toplam protein, karbohidrat ile klorofil-a içerikleri kontrole yakın bir değer gösterirken, 50 mM KCl konsantrasyonunda ise bütün aktivitelerin şiddetli bir şekilde baskılandığı saptanmıştır. Buna ilaveten 100 mM KCl konsantrasyonunda bütün aktiviteler tamamen inhibe olmuştur (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. *Anabaena* sp. GO6’ nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

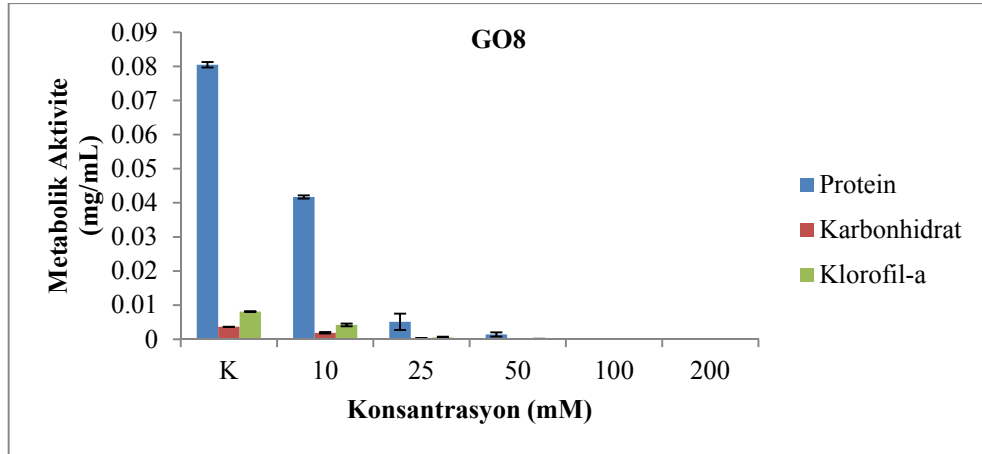
Başlangıçtan KCl konsantrasyonlarından itibaren *Anabaena* sp. GO7’ nin tüm metabolik aktiviteleri şiddetli bir şekilde baskılanmıştır. 25 mM KCl konsantrasyonuna kadar metabolik aktiviteler kısmen baskılanırken, 50mM’da

şiddetli bir şekilde, 100 mM KCl’ de ise tamamen inhibe olmuştur. Toplam protein içeriği, diğer aktivitelere nazaran kısmen baskılanma göstermiştir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. *Anabaena* sp. GO7’ nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

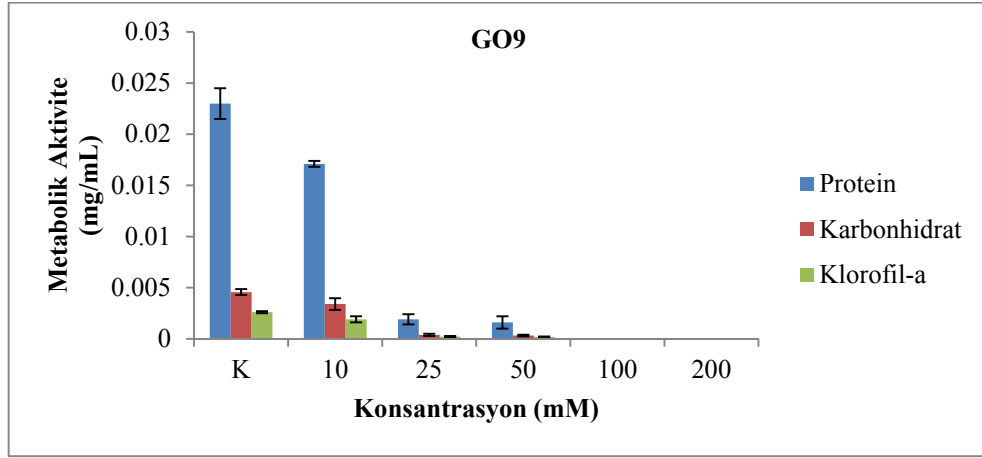
Artan KCl konsantrasyonlarından *Synechocystis* sp. GO8’ in metabolik aktivitelerinin keskin bir şekilde baskılandığı saptanmıştır. En fazla baskılanma diğer türlerde olduğu gibi toplam karbohidrat içeriği ve klorofil-a içeriğinde gözlenmiştir. Aktivitelerin tamamen baskılandığı KCl konsantrasyonu ise diğer türlerde olduğu gibi 100 mM olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. *Synechocystis* sp. GO8’ in metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

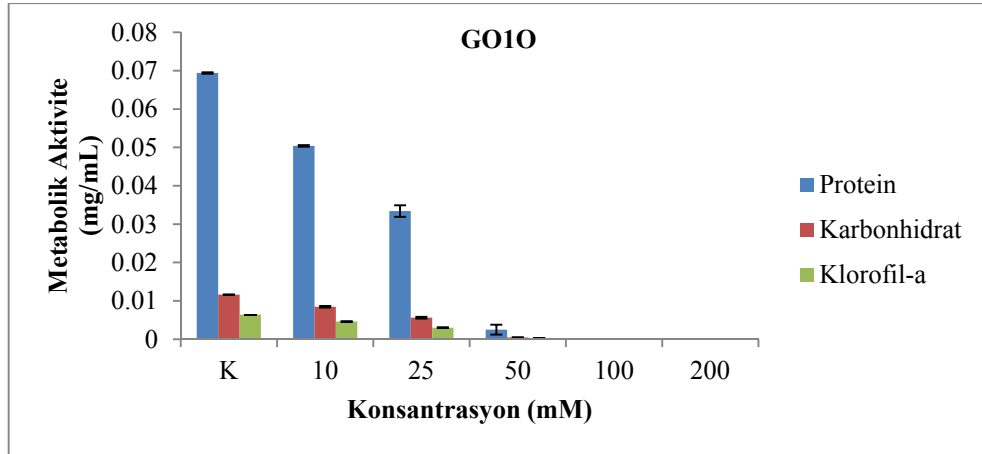
Gloeotheca sp. GO9’ a ait sonuçlara bakıldığında ise, bütün metabolik aktiviteler artan KCl konsantrasyonlarından keskin bir şekilde baskılanarak etkilenmiştir. Klorofil-a içeriği ile toplam karbohidrat içeriği başlangıçtan itibaren şiddetle inhibe

olurken, toplam protein içeriği 10 mM KCl konsantrasyonunda kısmen inhibe olmuştur (Şekil 3.38).



Şekil 3.38. *Gloeotheca* sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

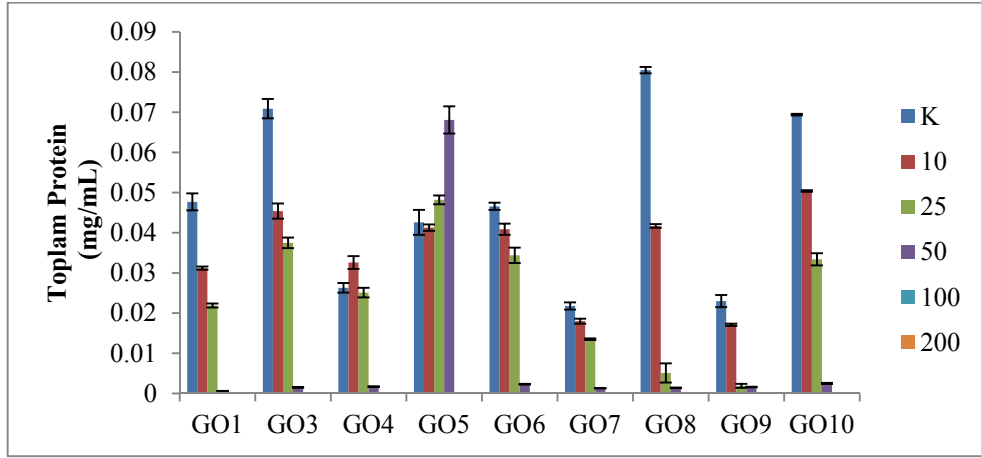
KCl konsantrasyonunun *Anabaena* sp. GO10 üzerine etkisi incelendiğinde, toplam karbohidrat ve klorofil-a içeriklerinin keskin bir şekilde baskılandığı saptanmıştır. Oysaki toplam protein içeriği ise 25 mM KCl konsantrasyonuna kadar kısmen inhibe olmuştur (0,03 mg/mL). Tüm metabolik aktiviteler diğer türlere benzer bir şekilde 100 mM KCl' de tamamen baskılanmıştır (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. *Anabaena* sp. GO10' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı KCl konsantrasyonlarının etkisi

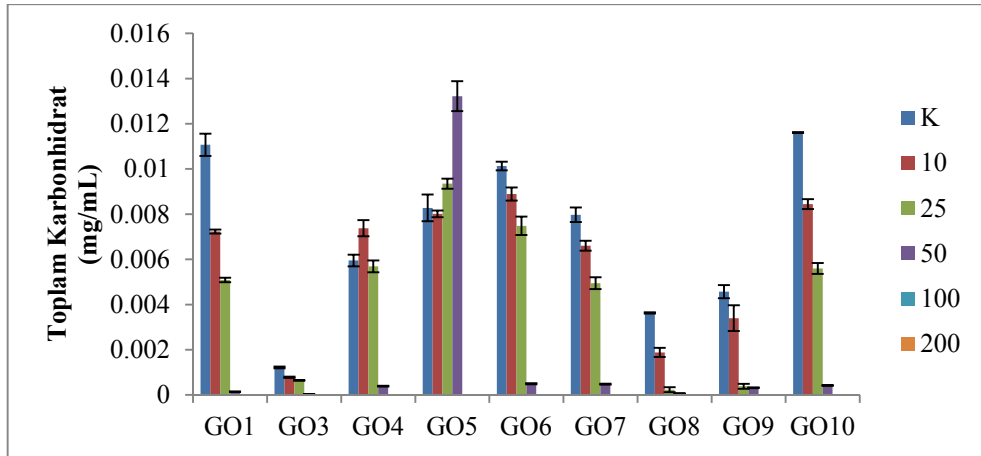
Siyanobakteriyel türlerin farklı KCl konsantrasyonlarında protein içeriği üzerine etkisi karşılaştırıldığında, en yüksek protein içeriği *Anabaena* sp. GO5' te 50 mM KCl' de (0,07 mg/mL) ve *Anabaena* sp. GO10' a (0,05 mg/mL) ait olduğu

saptanmıştır. En düşük protein içeriği ise, *Gloeotheca* sp. GO9 ve *Anabaena* sp. GO7’ de (0,01 mg/mL) belirlenmiştir (Şekil 3.40).



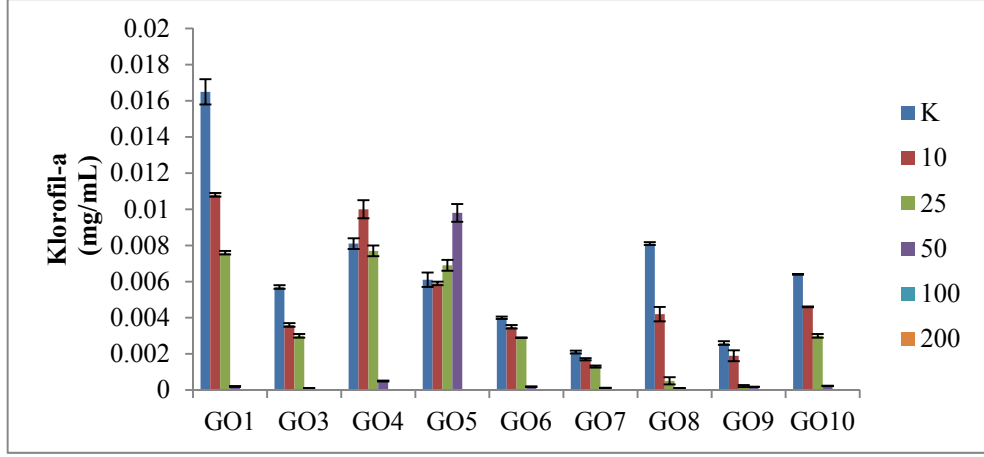
Şekil 3.40. Tüm siyanobakteriyel türlerin protein içerikleri üzerine KCl etkileri

Siyanobakteriyel türlerde KCl konsantrasyonlarının toplam karbohidrat içerikleri üzerine etkisi karşılaştırıldığında ise, en yüksek karbohidrat içeriği *Anabaena* sp. GO5’ te (0,013 mg/mL), en düşük ise *Anabaena* sp. GO3’ te (0,0006 mg/mL) belirlenmiştir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine KCl etkileri

Siyanobakteriyel türlerin klorofil içerikleri üzerine KCl etkisini incelendiğinde ise, en yüksek klorofil-a içeriği *Anabaena* sp. GO5’ te 50 mM KCl konsantrasyonda 0,01 mg/mL olarak saptanmış olmasına rağmen en düşük klorofil-a içeriği ise *Gloeotheca* sp. GO9’ da belirlenmiştir (Şekil 3.42).

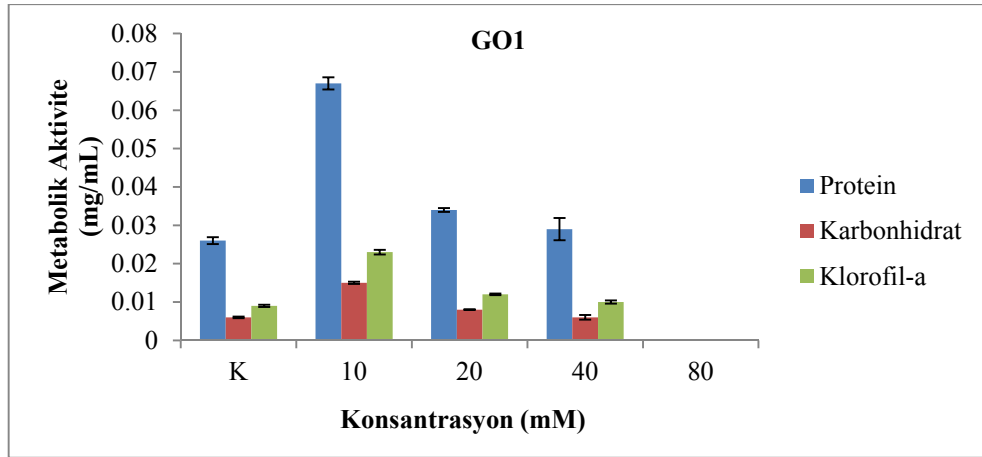


Şekil 3.42 Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri üzerine KCl etkileri

3.3. Farklı Ozmotik Streslerinin Metabolik Aktiviteler Üzerine Etkileri

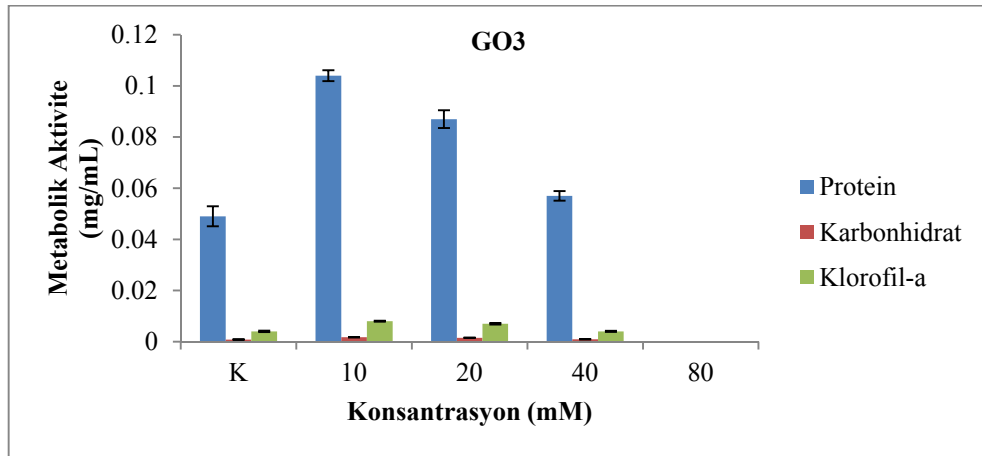
3.3.1. Farklı glukoz konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri

Farklı glukoz konsantrasyonlarının siyanobakteriyel türlerin fizyolojik süreçlerine etkisi incelendiğinde toplam protein, karbohidrat ve klorofil-a içeriklerinin farklı etkilendiği saptanmıştır. *Anabaena* sp. GO1 en yüksek toplam protein içeriği 10 mM glukoz konsantrasyonunda (0,06 mg/mL) saptanırken, en düşük ise 40 mM' da (0,03 mg/mL), tamamen baskılanma ise 80 mM glukoz konsantrasyonunda belirlenmiştir. Benzer şekilde en yüksek toplam karbohidrat içeriği ve klorofil-a içeriği ise 10 mM glukoz konsantrasyonunda sırası ile 0,001 mg/mL ve 0,002 mg/mL olarak belirlenmiştir. Glukoz konsantrasyonunun 80 mM olduğu şartlarda ise tamamen inhibisyon gözlenmiştir (Şekil 3.43)



Şekil 3.43 *Anabaena* sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

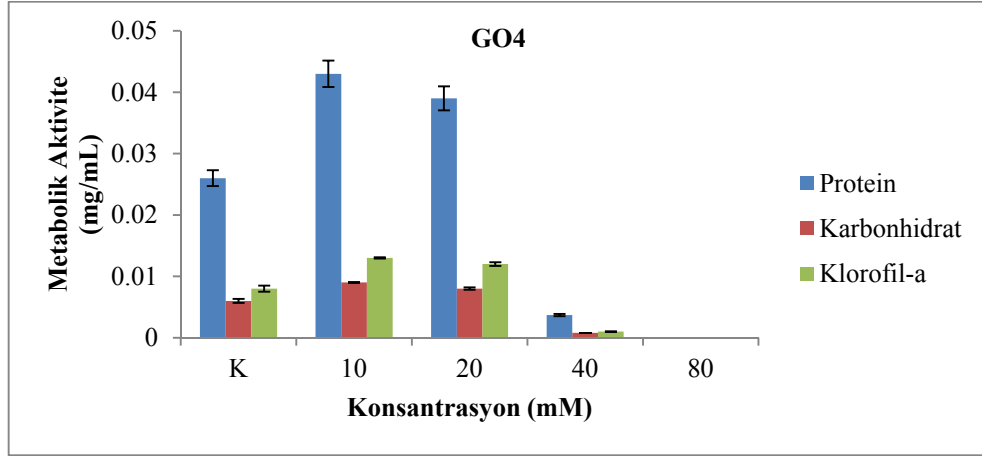
Anabaena sp. GO3' ün metabolik aktivitelerine glukoz konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde, toplam protein içerikleri yüksek, klorofil-a ve toplam karbohidrat içerikleri ise çok düşük bulunmuştur. En yüksek protein içeriği benzer bir şekilde 10 mM' da saptanmış (0,10 mg/mL) ancak artan glukoz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmesine rağmen kontrolden yüksek değerler elde edilmiştir, bundan başka 80 mM glukoz konsantrasyonunda ise tamamen inhibe olduğu gözlenmiştir. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri tüm konsantrasyonlarda düşük bulunmuş ve 80 mM glukoz konsantrasyonunda ise tamamen baskılanmıştır (Şekil 3.44).



Şekil 3.44 *Anabaena* sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

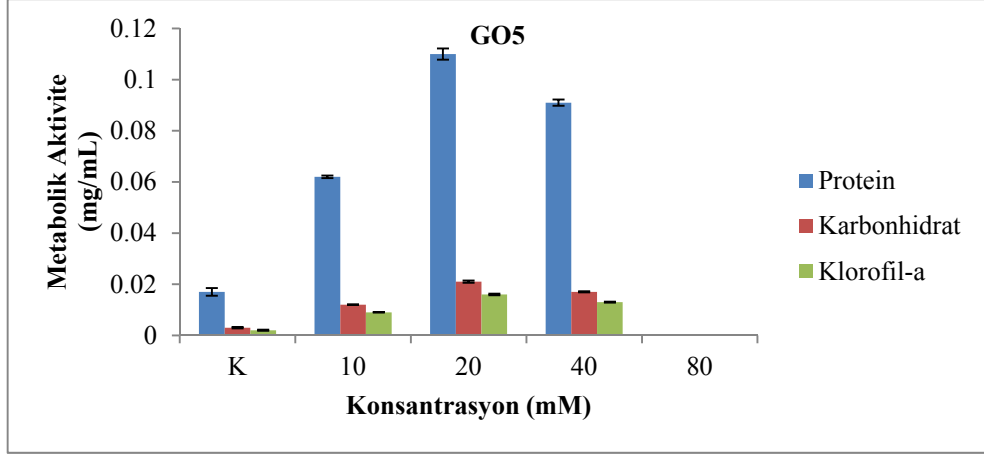
Anabaena sp. GO4' ün metabolik aktivitelerine glukoz konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde, toplam protein içerikleri başlangıçta stimüle olurken, klorofil-a ve

toplam karbohidrat içerikleri düşük bulunmuştur. En yüksek protein içeriği benzer bir şekilde 10 mM’ da saptanmış, ancak protein içerikleri artan glukoz konsantrasyonlarından kısmen baskılanmasına rağmen, kontrolden yüksek değerlere ulaşmış, buna ilaveten 80 mM glukoz konsantrasyonunda ise tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri tüm konsantrasyonlarda düşük bulunmuş ve 80 mM glukoz konsantrasyonunda tamamen baskılanmıştır (Şekil 3.45).



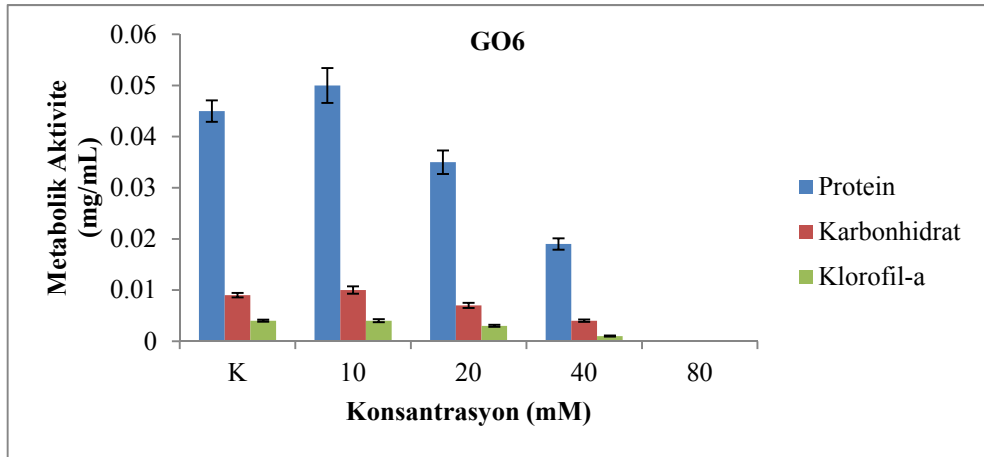
Şekil 3.45. *Anabaena* sp. GO4’ ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO5’ e glukozun etkisi diğer türlerden farklı olmuştur. Toplam protein içeriği tüm konsantrasyonlarda kontrolden yüksek bulunmuştur. En yüksek toplam protein içeriği 20 mM glukoz konsantrasyonunda 0,11 mg/mL olarak gözlenmiş iken artan konsantrasyonlardan baskılarak etkilenmiş, 80 mM’ da ise tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat (0,021 mg/mL) ve klorofil-a (0,0016 mg/mL) içerikleri 20 mM konsantrasyonda en yüksek değerine ulaşırken, benzer şekilde 80 mM glukoz konsantrasyonunda ise tüm aktiviteler tamamen baskılanmıştır (Şekil 3.46).



Şekil 3.46 *Anabaena* sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

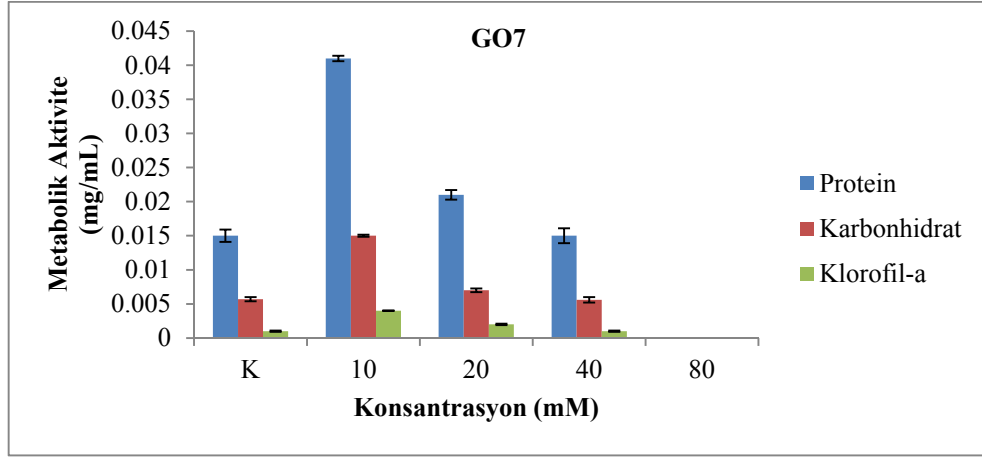
Anabaena sp. GO6' nın toplam protein içeriklerinde de benzer bir şekilde artış gözlenmiştir. En yüksek protein içeriği 10 mM glukoz konsantrasyonunda 0,05 mg/mL olarak gerçekleşmiştir. Ancak artan glukoz konsantrasyonlarından baskılanarak etkilenmiştir. 80 mM glukoz ortamında ise tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat içerikleri ise benzer bir şekilde en yüksek 10 mM glukozda (0,01 mg/mL) gerçekleşmiştir. Klorofil-a içerikleri ise kontrole yakın bir değerler göstermiştir ve 80 mM' da ise tamamen baskılanmıştır (Şekil 3.47).



Şekil 3.47. *Anabaena* sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

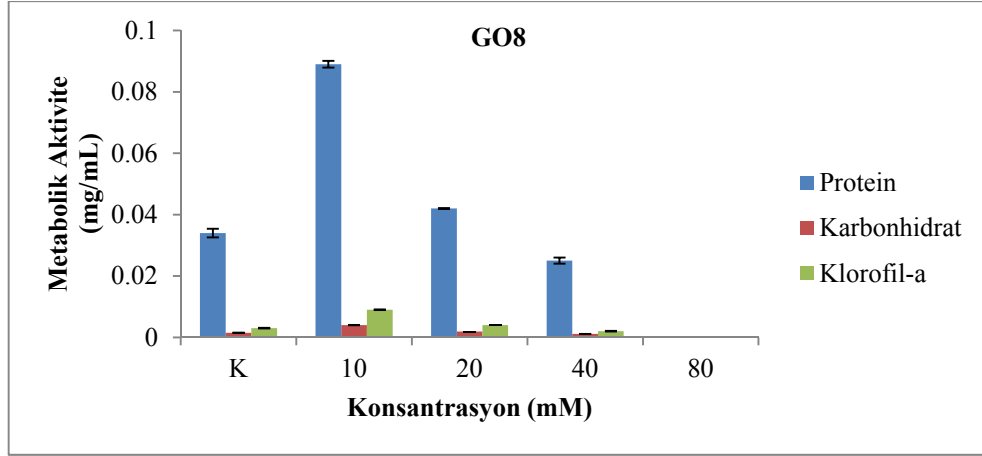
Anabaena sp. GO7' de ise, en yüksek değerler toplam protein içeriğinde saptanmıştır. Başlangıç (10 mM) glukoz konsantrasyonunda toplam protein içeriği en yüksek değere ulaşmış (0,04 mg/mL) ve artan konsantrasyonlarda ise kısmen baskılanarak etkilenmiştir. 80 mM' da ise tamamen inhibe olduğu saptanmıştır. Toplam

karbohidrat ve klorofil-a içeriği ise benzer şekilde 10 mM glukoz konsantrasyonunda optimum değerlere yaklaşmış, ancak artan konsantrasyonlardan inhibe olmuştur (Şekil 3.48).



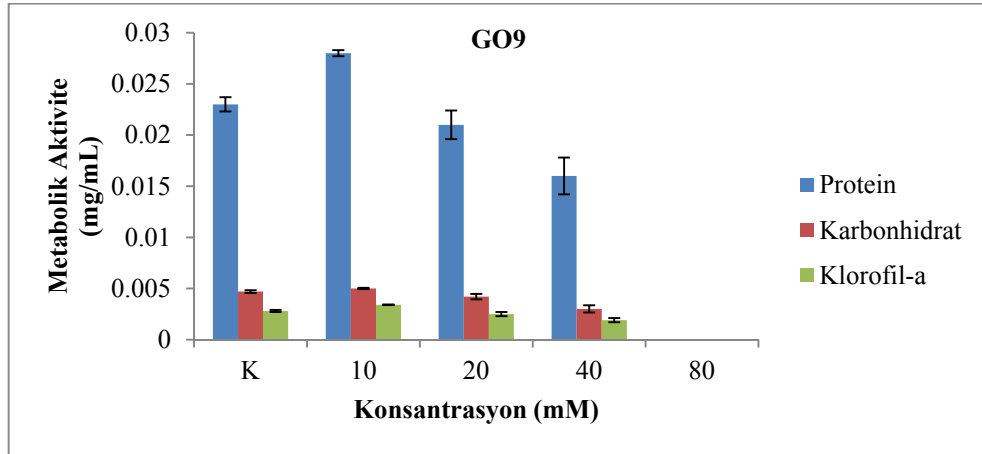
Şekil 3.48. *Anabaena* sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

Synechocystis sp. GO8 metabolik aktiviteleri üzerine glukozun etkisi incelendiğinde, toplam protein içerikleri diğer parametrelere göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek protein içeriği 10 mM glukoz ortamında 0,09 mg/mL olarak gerçekleşmiştir. Buna karşın artan glukoz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiş ve 80 mM' da tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat içerikleri ise başlangıç glukoz konsantrasyonunda stimüle olmuş (0,004 mg/mL) ancak artan konsantrasyonlarda baskılanmıştır. Klorofil-a içeriği de benzer bir şekilde başlangıçta stimüle olmuş (0,009 mg/mL) ancak artan glukoz konsantrasyonlarından şiddetle baskılanarak etkilenmiştir (Şekil 3.49).



Şekil 3.49 *Synechocystis* sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

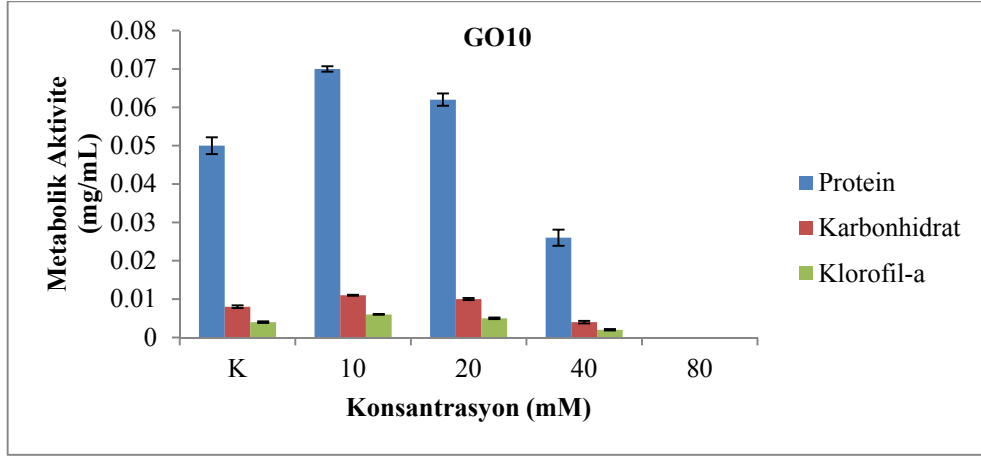
Çalışmada kullanılan türlerden *Gloeotheca* sp. GO9' da ise, glukoz benzer şekilde etki göstermiş, en yüksek değerlere toplam protein içeriğinde rastlanmıştır. Buna göre farklı glukoz konsantrasyonlarının toplam protein içeriğine etkisi incelendiğinde başlangıç glukoz konsantrasyonunda 0,028 mg/mL değeri saptanmıştır. Artan konsantrasyonlardan ise baskılanarak etkilenecek ve 80 mM' da tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içeriklerinin de benzer şekilde glukoz konsantrasyonlarından etkilendiği gözlenmiş ve 10 mM glukoz ortamında en yüksek karbohidrat içeriği (0,005 mg/mL) ile klorofil-a içeriği (0,003 mg/mL) belirlenmiş ancak 80 mM glukoz ortamında ise tamamen inhibisyon saptanmıştır (Şekil 3.50).



Şekil 3.50. *Gloeotheca* sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

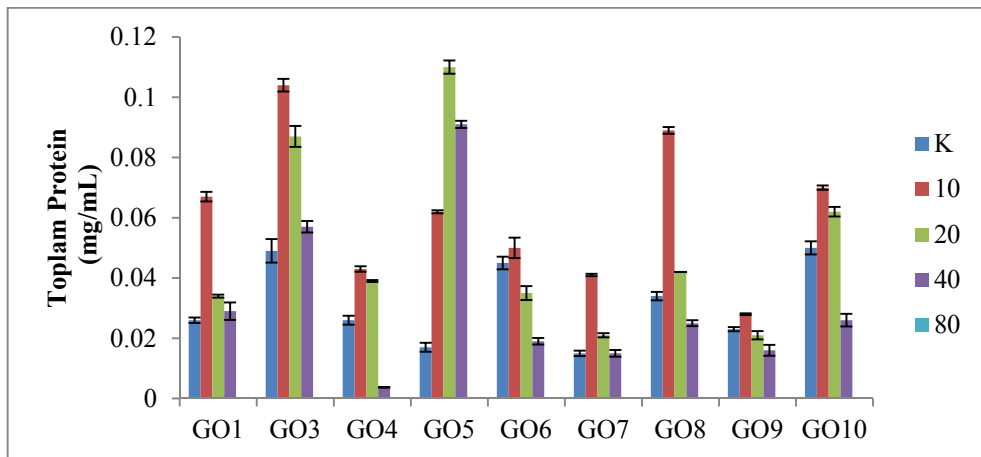
Anabaena sp. GO10' a ait veriler incelendiğinde, farklı glukoz konsantrasyonlarında toplam protein içeriği yüksek bulunmuştur. En yüksek protein içeriği (0,07 mg/mL)

başlangıç glukoz konsantrasyonunda saptanırken, artan konsantrasyonlarda kısmen baskılanma gözlenmiş ve 80 mM’ da ise protein içerikleri tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri de benzer bir şekilde başlangıç glukoz konsantrasyonunda stimüle olmuş (0,01 mg/mL ve 0,006 mg/mL) ancak artan konsantrasyonlardan baskılanarak etkilenmiştir (Şekil 3.51).



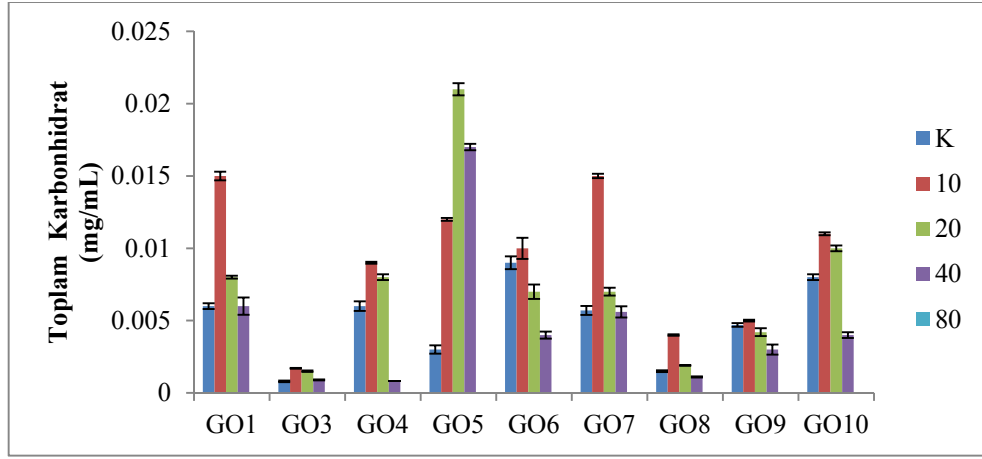
Şekil 3.51. *Anabaena* sp. GO10’ un metabolik aktiviteleri üzerine farklı glukoz konsantrasyonlarının etkisi

Tüm siyanobakteriyel türlerin protein içerikleri üzerine glukozun farklı konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde, tüm türlerde toplam protein içerikleri glukozdan farklı şekilde etkilenmiştir. Toplam protein içeriği en yüksek olan tür *Anabaena* sp. GO5 (0.11 mg/mL) olarak belirlenmiştir. En düşük protein içeriği ise *Gloeotheca* sp. GO9’ da (0,03 mg/mL) saptanmıştır (Şekil 3.52).



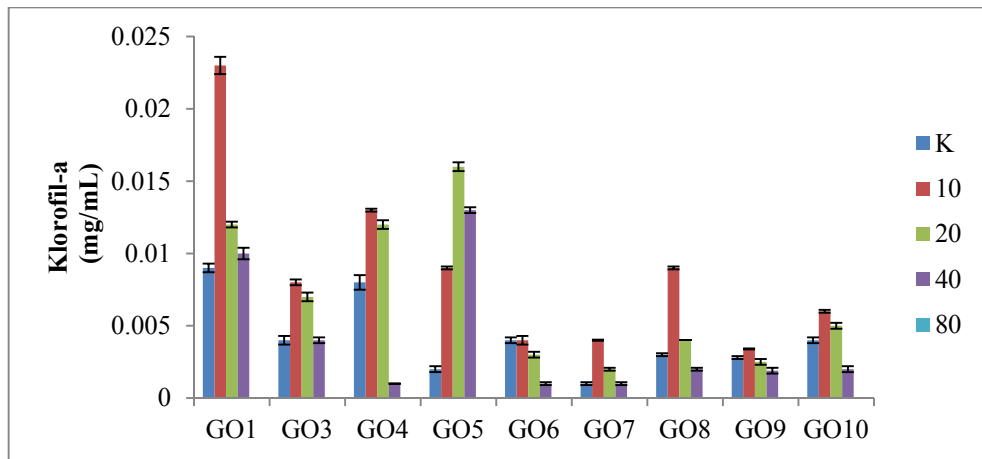
Şekil 3.52 Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine glukozun etkileri

Siyanobakteriyel türlerde toplam karbohidrat içerikleri dikkate alındığında ise, tüm türlerin glukoz konsantrasyonlarından farklı etkilendiği gözlenmiştir. En düşük karbohidrat içeriği *Anabaena* sp. GO3' te (0,001 mg/mL), en yüksek karbohidrat içeriği ise *Anabaena* sp. GO5' te (0,021 mg/mL) belirlenmiştir (Şekil 3.53).



Şekil 3.53. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine glukozun etkileri

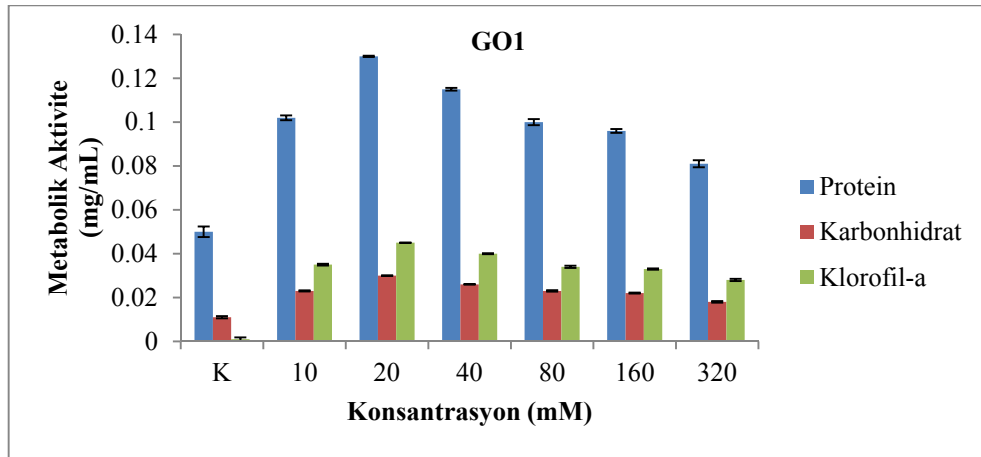
Siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri glukoz konsantrasyonlarından farklı şekilde etkilenmiştir. En yüksek klorofil-a içeriği *Anabaena* sp. GO1' de (0,023 mg/mL), en düşük klorofil-a içeriği ise *Gloeothece* sp. GO9' da (0,003 mg/mL) belirlenmiştir (Şekil 3.54).



Şekil 3.54. Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri üzerine glukozun etkileri

3.3.2. Farklı sukroz konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri

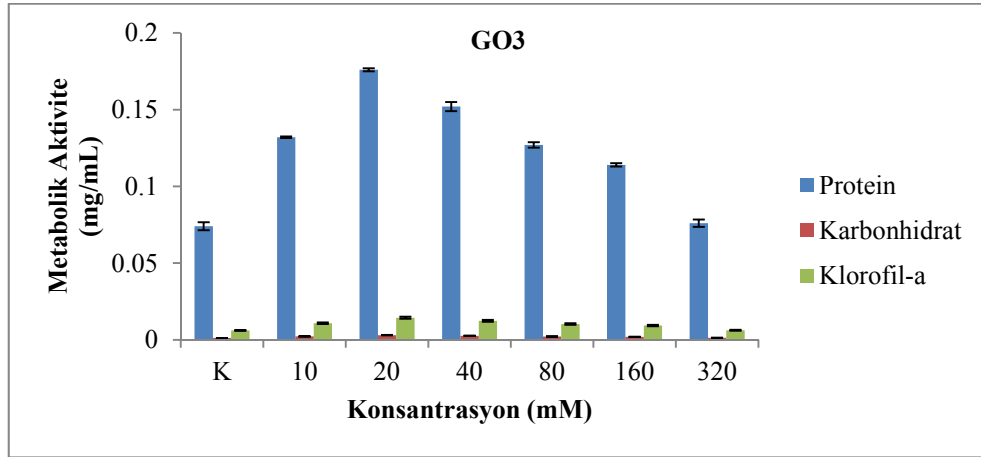
Farklı sukroz konsantrasyonlarının siyanobakteriyel türlerin klorofil-a, toplam protein ve karbohidrat içeriklerine etkisi incelendiğinde, protein içeriklerinde artış gözlenirken karbohidrat içerikleri azalmış, klorofil-a içerikleri ise farklı şekilde inhibe olmuştur. *Anabaena* sp. GO1 türünde toplam protein içeriği başlangıç sukroz konsantrasyonundan itibaren tüm konsantrasyonlarda kontrolden yüksek değerler göstermiştir. Başlangıç sukroz konsantrasyonundan 20 mM' a kadar stimüle olurken, artan sukroz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek toplam protein içeriği 20 mM sukroz konsantrasyonunda (0,13 mg/mL), en düşük protein içeriği 320 mM (0,08 mg/mL)'da saptanmıştır. Toplam karbohidrat içeriği *Anabaena* sp. GO1 türünde başlangıç sukroz konsantrasyonlarında stimüle olurken, artan sukroz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek karbohidrat içeriği 20 mM sukrozda (0,03 mg/mL), en düşük değer ise 320 mM' da (0,018 mg/mL) belirlenmiştir. Klorofil-a içerikleri ise benzer bir şekilde başlangıç sukroz konsantrasyonlarında stimüle olmuş ancak artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiştir. Ancak klorofil-a içeriklerinin tamamı kontrolden yüksek değerler göstermiştir. En yüksek klorofil-a içeriği 20 mM sukroz konsantrasyonunda (0,045 mg/mL) saptanırken, en düşük değer 320 mM (0,028 mg/mL)' da belirlenmiştir (Şekil 3.55).



Şekil 3.55. *Anabaena* sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO3 türünde ise toplam protein içerikleri tüm sukroz konsantrasyonlarında kontrolden yüksek değerler göstermiştir. Başlangıç sukroz

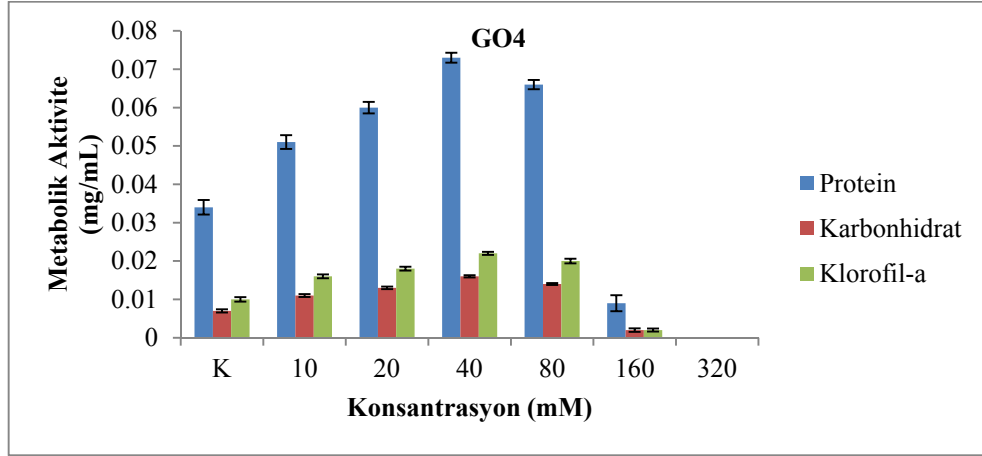
konsantrasyonlarında stimüle olan ancak artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenen bu türde değerler kontrolden yüksek bulunmuştur. En yüksek toplam protein içeriği 20 mM sukrozda (0,17 mg/mL), en düşük değer ise 320 mM' da (0,076 mg/mL) belirlenmiştir. Toplam karbohidrat içerikleri ise, benzer bir şekilde başlangıç konsantrasyonlarda stimüle olmuşken, artan sukroz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek toplam karbohidrat içeriği 20 mM' da (0,003 mg/mL) iken, en düşük toplam karbohidrat içeriği 320 mM' da (0,001 mg/mL) saptanmıştır. Klorofil-a içeriklerine bakıldığında ise, benzer etki gözlenmiştir. Başlangıç sukroz konsantrasyonlarından klorofil-a içeriği artarken, yüksek konsantrasyonlarda kısmen inhibe olmuştur. En yüksek klorofil-a içeriğine 20 mM' da (0,014 mg/mL) en düşük değer ise 320 mM sukroz (0,006 mg/mL) konsantrasyonunda saptanmıştır (Şekil 3.56).



Şekil 3.56. *Anabaena* sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

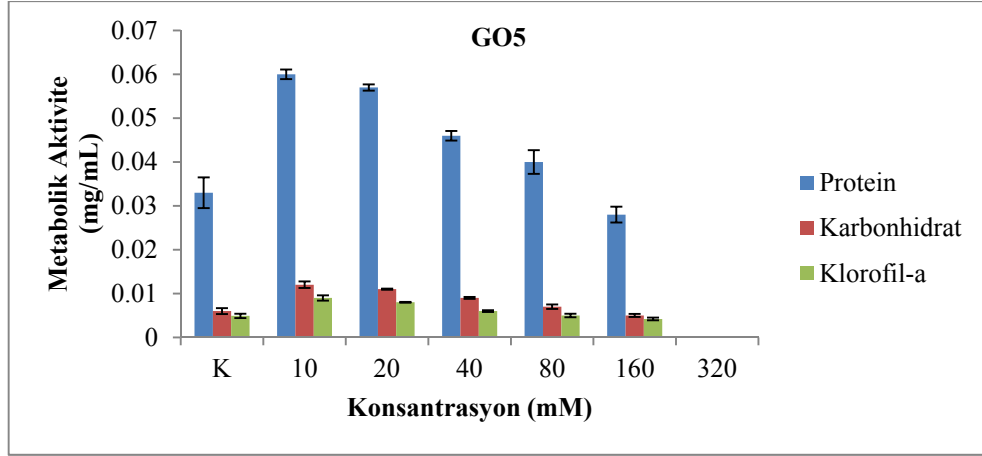
Anabaena sp. GO4' de sukroz konsantrasyonlarının metabolik aktivitelere etkisi benzer şekilde olmuştur. Sonuçlar dikkate alındığında, toplam protein içeriği 40 mM sukroz konsantrasyonuna kadar stimüle olmuş ancak artan sukroz konsantrasyonlarında kısmen baskılanmış ve 320 mM' da tamamen inhibe olmuştur. En yüksek protein içeriği 40 mM sukrozda 0,073 mg/mL olarak gerçekleşirken en düşük değer 160 mM' da 0,009 mg/mL olarak saptanmıştır. Toplam karbohidrat içerikleri ise benzer bir şekilde 40 mM sukroz konsantrasyonuna kadar stimüle olmuş oysaki artan konsantrasyonlarda kısmen inhibe olmuştur ve 320 mM' sukrozda tamamen baskılanmıştır. En yüksek toplam karbohidrat içeriği 40 mM sukrozda (0,016 mg/mL) saptanırken en düşük değer 160 mM (0,002 mg/mL)' da ve 320 mM

sukrozda ise tamamen inhibisyon gözlenmiştir. *Anabaena* sp. GO4' ün klorofil-a içerikleri sukroz konsantrasyonlarından farklı şekilde etkilenmiştir. 40 mM sukroza kadar stimüle olan klorofil-a içerikleri daha yüksek konsantrasyonlarda optimal değerlere yakın sonuçlar göstermiştir. En yüksek klorofil-a içeriği 40 mM sukrozda (0,02 mg/mL) gerçekleşmesine rağmen, 80 mM sukrozda 0,02 mg/mL' lik değer ile optimum değere yakın klorofil-a içeriği elde edilmiştir. En düşük klorofil-a içeriği ise 0,002 mg/mL ile 160 mM sukrozda saptanmıştır (Şekil 3.57).



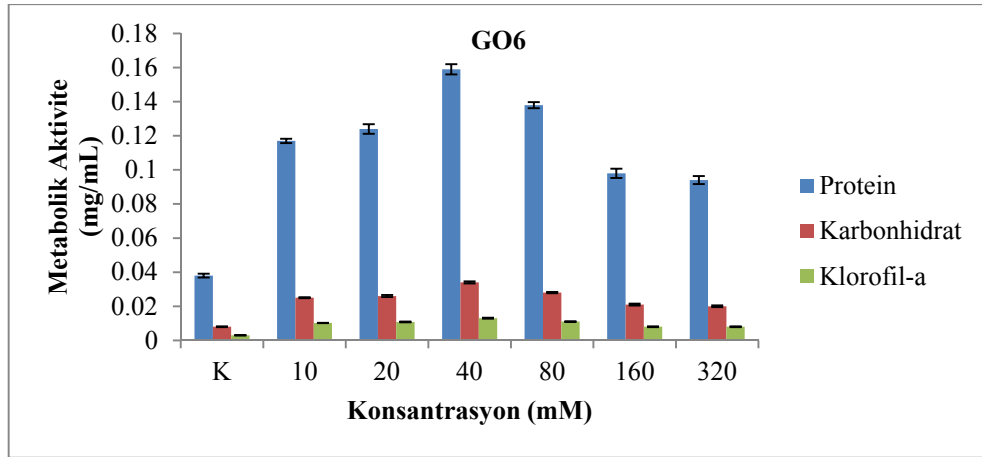
Şekil 3.57. *Anabaena* sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO5' in verileri dikkate alındığında, başlangıç sukroz konsantrasyonunda toplam protein içeriği stimüle olurken, artan konsantrasyonlardan baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek protein içeriği 10 mM sukrozda 0,06 mg/mL olarak gerçekleşmiş ancak en düşük toplam protein içeriği 160 mM sukrozda 0,03 mg/mL olarak saptanmış olup 320 mM' da ise tamamen inhibe olmuştur. Toplam karbohidrat içerikleri ise benzer bir şekilde başlangıç sukroz konsantrasyonunda stimüle olarak etkilenmiş ancak artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak inhibe olmuştur ve 320 mM' da tamamen baskılanmıştır. En yüksek karbohidrat içeriği 10 mM sukrozda 0,01 mg/mL iken, en düşük karbohidrat içeriği 160 mM sukrozda 0,005 mg/mL olarak belirlenmiştir. Klorofil-a içeriklerine bakıldığında ise, başlangıçta klorofil-a içeriği stimüle olurken (0,009 mg/mL), artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiş ve 160 mM' da 0,004 mg/mL olarak saptanmıştır. En yüksek klorofil-a içeriği 10 mM' da, en düşük değer ise 160 mM sukroz konsantrasyonunda saptanmıştır (Şekil 3.58).



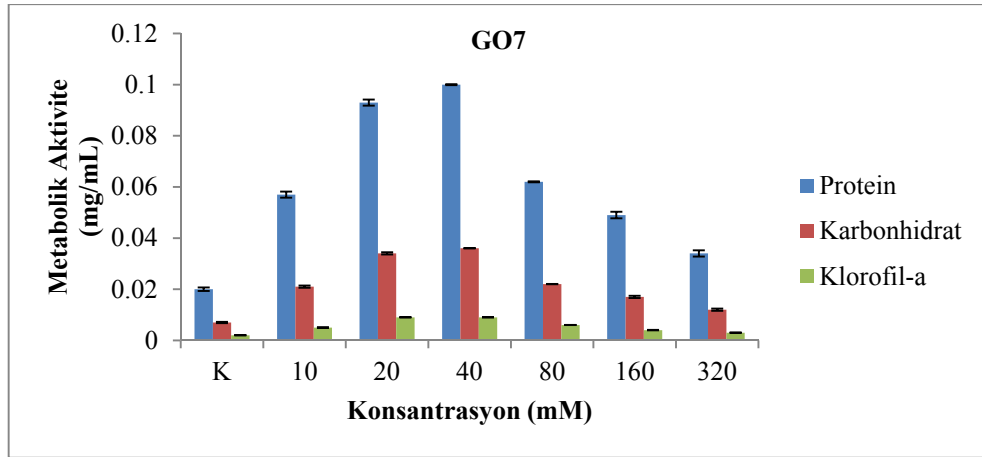
Şekil 3.58. *Anabaena* sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

Farklı sukroz konsantrasyonlarının *Anabaena* sp. GO6' nin metabolik aktivitelere etkisi dikkate alındığında, tüm konsantrasyonlarda saptanan toplam protein içerikleri kontrolden yüksek bulunmuştur. 40 mM sukroza kadar stimüle olan toplam protein içerikleri artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek protein içeriği 40 mM sukroz ortamında 0,16 mg/mL iken, en düşük protein içeriği ise 320 mM sukrozda 0,09 mg/mL olarak belirlenmiştir. Toplam karbohidrat içerikleri de benzer bir şekilde 40 mM' a kadar stimüle olurken, artan sukroz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek karbohidrat içeriği 40 mM' da (0,03 mg/mL), en düşük karbohidrat içeriği ise 320 mM sukrozda (0,02 mg/mL) belirlenmiştir. Klorofil-a içerikleri ise 40 mM sukroz konsantrasyonuna kadar stimüle olmuş ve optimum değer bu konsantrasyonda (0,01 mg/mL) saptanmıştır. Oysaki en düşük klorofil-a içeriği 160 ve 320 mM sukroz konsantrasyonlarında (0,008 mg/mL) belirlenmiştir (Şekil 3.59).



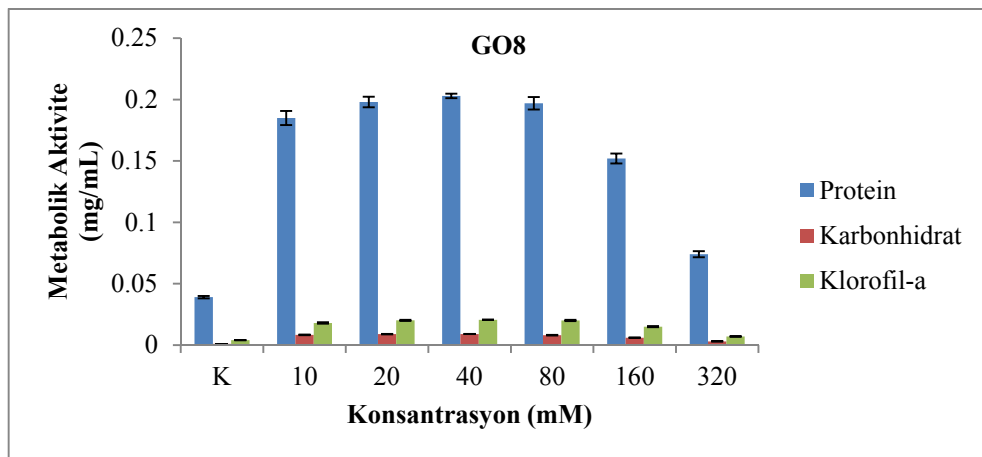
Şekil 3.59. *Anabaena* sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

Siyanobakteriyel türlerden *Anabaena* sp. GO7' de ise farklı konsantrasyonlardaki sukroz metabolik aktiviteler üzerine benzer şekilde etki yapmıştır. Buna göre 40 mM sukroza kadar toplam protein içeriğinde artış gözlenirken, daha düşük konsantrasyonlarda kısmen baskılanma gözlenmesine rağmen toplam protein içerikleri kontrolden yüksek değerlere sahiptir. En yüksek toplam protein içeriği 40 mM sukrozda (0,1 mg/mL), en düşük protein içeriği ise 320 mM' da (0,03 mg/mL) saptanmıştır. Toplam karbohidrat içeriğine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde ise, benzer bir şekilde 40 mM sukroza kadar stimüle olurken (0,04 mg/mL), artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiş olup en düşük karbohidrat içeriği ise 320 mM' da (0,01 mg/mL) gözlenmiştir. *Anabaena* sp. GO7' nin klorofil-a içeriği diğer türlere nazaran daha düşük miktarda belirlenmiştir. Benzer bir şekilde 40 mM sukroz konsantrasyonuna kadar stimüle olan klorofil-a içeriği, artan sukroz konsantrasyonu ile birlikte kısmen inhibe olmuştur. En yüksek klorofil-a içeriği 40 mM sukroz ortamında (0,009 mg/mL) iken, en düşük klorofil-a içeriği ise 320 mM' da (0,003 mg/mL) belirlenmiştir (Şekil 3.60).



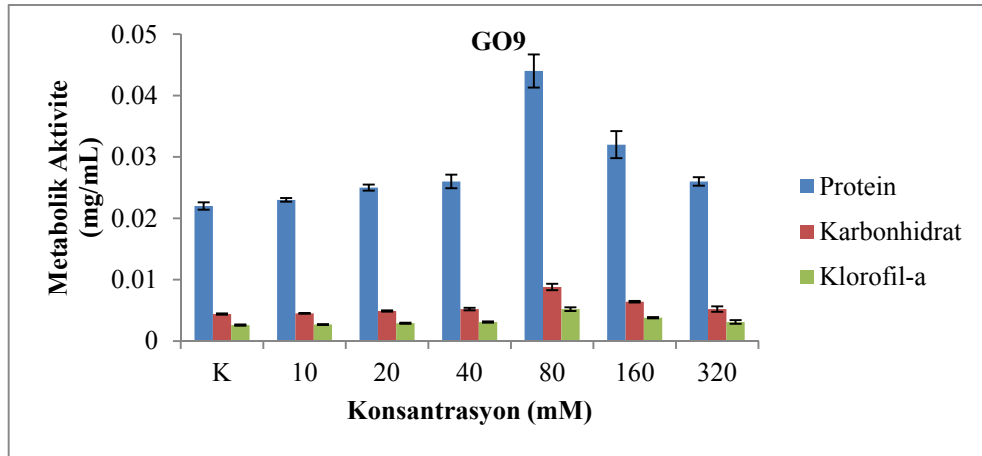
Şekil 3.60. *Anabaena* sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

Siyanobakteriyel türlerden *Synechocystis* sp. GO8' in değerleri dikkate alındığında, toplam protein içeriklerinin tamamı kontrolden yüksek değerler göstermiştir. 40 mM sukroz konsantrasyonuna kadar stimüle olan protein içerikleri artan sukroz konsantrasyonlarında baskılanmasına rağmen kontrolden yüksek değerler elde edilmiştir. En yüksek protein içeriği 40 mM sukrozda (0,2 mg/mL) iken, en düşük protein içeriği ise 320 mM sukrozda (0,07 mg/mL) gözlenmiştir. Benzer bir şekilde toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri de başlangıçtan itibaren 40 mM sukroza kadar stimüle olurken, artan konsantrasyonlarda baskılanmıştır. En yüksek karbohidrat ve klorofil-a içerikleri 40 mM sukrozda sırası ile 0,009 mg/mL ve 0,02 mg/mL olarak belirlenmiştir. En düşük klorofil-a içerikleri ise 320 mM' da belirlenmiştir (Şekil 3.61).



Şekil 3.61. *Anabaena* sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

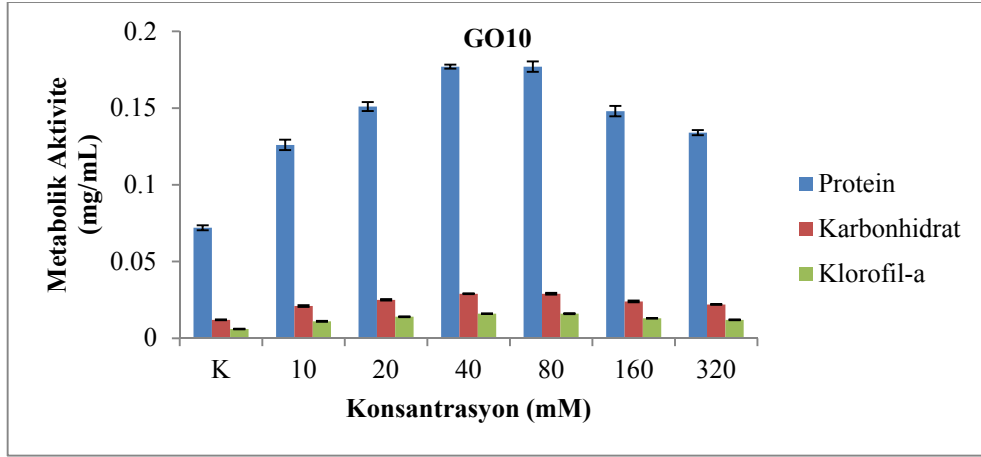
Gloeotheca sp. GO9’ da tüm metabolik aktiviteler başlangıç sukroz konsantrasyonundan itibaren kontrole yakın değerler gösterirken, 80 mM sukrozda stimüle olmuş, ancak artan konsantrasyonla birlikte kısmen baskılanma saptanmıştır. En yüksek değerler 80 mM sukroz konsantrasyonunda gerçekleşmiş olup toplam protein içeriği 0,04 mg/mL, en düşük değer ise 320 mM (0,02 mg/mL)’ da saptanmıştır. Toplam karbohidrat içeriğinde de benzer bir şekilde başlangıçta kontrole yakın değerler görülürken, artan konsantrasyonlarda kısmen baskılanma gözlenmiştir. En yüksek toplam karbohidrat içeriği 80 mM sukrozda (0,009 mg/mL), en düşük değer ise 320 mM’ da (0,005 mg/mL) belirlenmiştir. Klorofil-a içerikleri de 80 mM sukroz konsantrasyonuna kadar stimüle olmuş ancak artan konsantrasyonlarda baskılanmıştır. En yüksek klorofil-a içeriği 80 mM sukrozda 0,005 mg/mL iken, en düşük değer 320 mM’ da 0,003 mg/mL olarak saptanmıştır (Şekil 3.62).



Şekil 3.62. *Anabaena* sp. GO9’ un metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

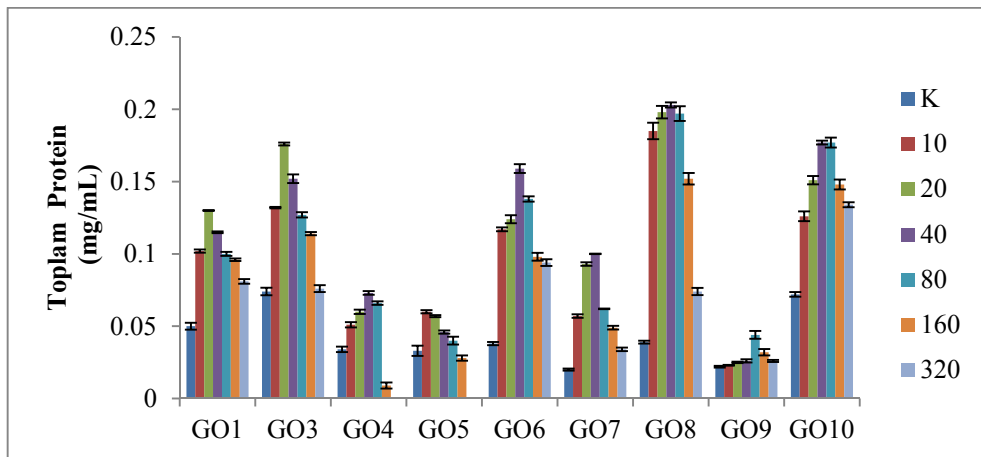
Anabaena sp. GO10’ da sukrozun tüm konsantrasyonlarında kontrolden yüksek değerler elde edilmiştir. 40 ve 80 mM sukroz ortamında aynı değerler elde edilirken 320 mM’ da kısmen baskılanma söz konusudur. Toplam protein içeriği 80 mM sukroza kadar stimüle olmuş (0,17 mg/mL) ancak en düşük protein içeriği 320 mM’ da (0,12 mg/mL) belirlenmiştir. Toplam karbohidrat içeriği ise 40 ve 80 mM sukroz konsantrasyonlarına kadar stimüle olmuş ancak artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek karbohidrat içeriği 40 ve 80 mM’ da 0,029 mg/mL olarak gerçekleşmiş olup, en düşük değer ise 320 mM’ da 0,022 mg/mL olarak saptanmıştır. Sukrozun klorofil-a içeriklerine etkisi benzer şekilde olmuştur.

80 mM' a kadar stimüle olan klorofil-a içerikleri artan konsantrasyonlardan baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek klorofil-a içeriği 40 ve 80 mM sukroz ortamında 0,016 mg/mL olurken, en düşük klorofil-a içeriği ise 320 mM' da 0,012 mg/mL olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.63).



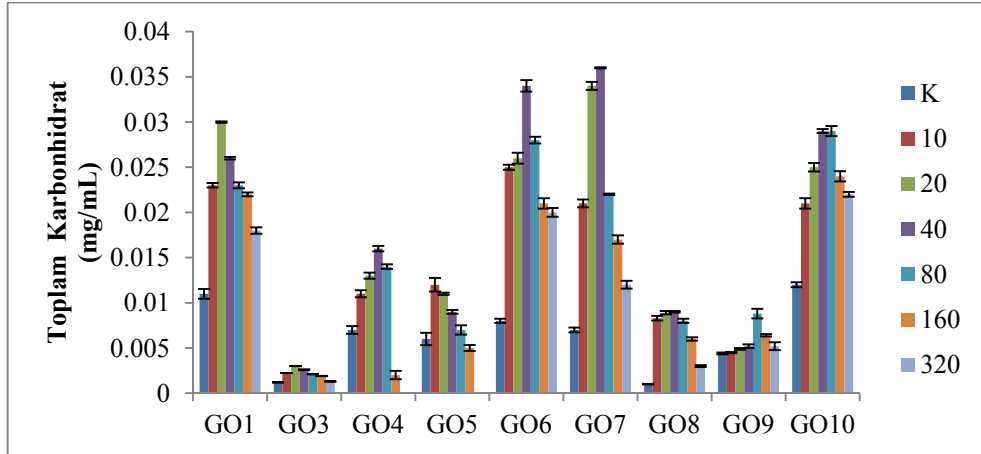
Şekil 3.63. *Anabaena* sp. GO10' nun metabolik aktiviteleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkisi

Siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri karşılaştırıldığında ise en yüksek değer sırası ile *Synechocystis* sp. GO8 ve *Anabaena* sp. GO3' te saptanmıştır. Bütün türlerde toplam protein içerikleri farklı sukroz konsantrasyonlarında stimüle olmuş, konsantrasyonun arttığı koşullarda bile protein içerikleri kontrolden yüksek değerler göstermiştir. Artan sukroz konsantrasyonlarında toplam protein içerikleri kısmen baskılanarak etkilenmiştir (Şekil 3.64).



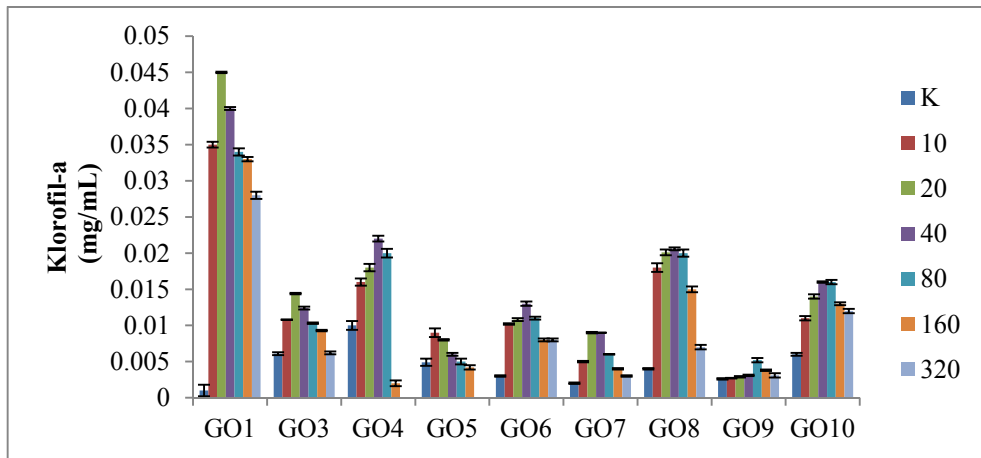
Şekil 3.64. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkileri

Siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri karşılaştırıldığında en yüksek karbohidrat içeriği *Anabaena* sp. GO7 ve GO6 türlerine aittir. En düşük karbohidrat içeriği ise *Anabaena* sp. GO3’ te belirlenmiştir. Tüm türlerin toplam karbohidrat içeriği farklı sukroz konsantrasyonlarında stimüle olmuş ve kontrolden yüksek değerler elde edilmiştir. Sadece *Anabaena* sp. GO4 ve *Anabaena* sp. GO5’ te 320 mM sukrozda karbonhidrat içerikleri tamamen baskılanmıştır (Şekil 3.65).



Şekil 3.65. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkileri

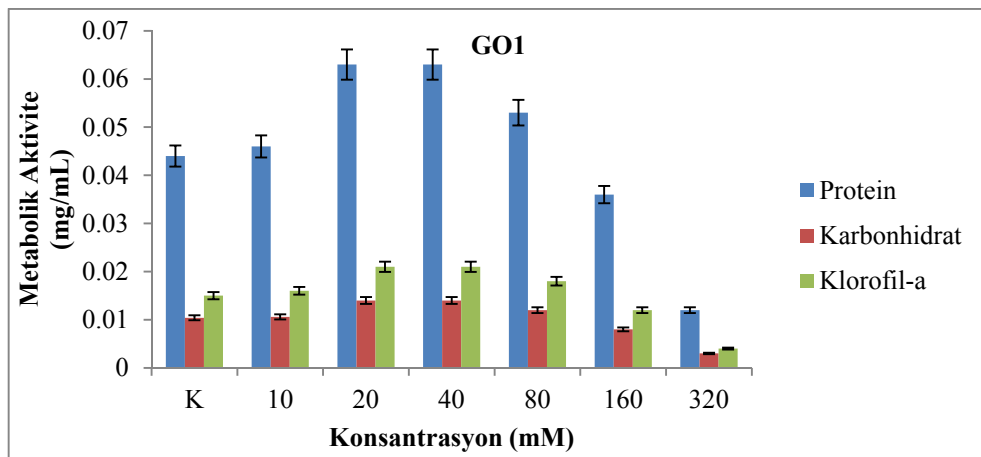
Siyanobakteriyel türlerin klorofil-a içerikleri ele alındığında ise, en yüksek klorofil-a içeriği sırası ile *Anabaena* sp. GO1 (0,045 mg/mL) ve *Anabaena* sp. GO4 (0,022 mg/mL)’ te belirlenmiştir. Klorofil-a içerikleri artan sukroz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiş ancak tüm değerler kontrolden yüksek bulunmuştur. En düşük klorofil-a içeriği *Gloeotheca* sp. GO9 ‘ da belirlenmiştir (Şekil 3.66).



Şekil 3.66. Tüm siyanobakteriyel türlerin klorofil içerikleri üzerine farklı sukroz konsantrasyonlarının etkileri

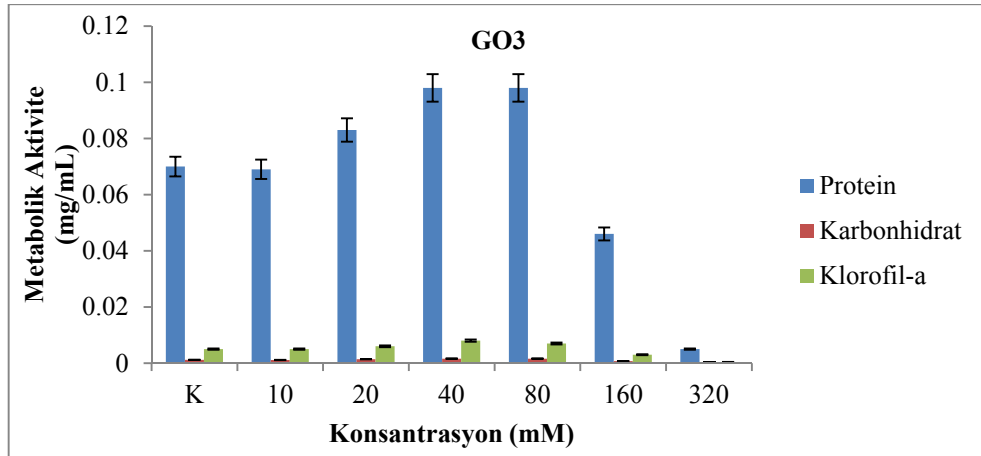
3.3.3. Farklı mannitol konsantrasyonlarının metabolik aktiviteler üzerine etkileri

Farklı mannitol konsantrasyonlarının siyanobakteriyel türlerin metabolik aktivitelerine etkisi çalışmaları sonucunda türler arasında farklı etkilenmeler saptanmıştır. *Anabaena* sp. GO1 türünde, farklı mannitol konsantrasyonlarının toplam protein içeriği üzerine etkisi incelendiğinde, başlangıçta (10 mM) toplam protein içeriği kontrole yakın bir değer gösterirken 20 ve 40 mM mannitol konsantrasyonlarında stimule olmuş (0,06 mg/mL), ancak artan konsantrasyonlarda ise baskılanma gözlenmiştir. Mannitol konsantrasyonunun başlangıçtan 160 mM' a kadar kısmen baskılanma gözlenirken, 320 mM' da şiddetli bir şekilde inhibe olmuştur. En yüksek protein içeriği 40 mM mannitol konsantrasyonunda 0,06 mg/mL iken, en düşük protein içeriği 320 mM' da 0,012 mg/mL olarak gerçekleşmiştir. Bu türün toplam karbohidrat içerikleri ele alındığında ise, benzer bir şekilde en yüksek karbohidrat içeriği 20 ve 40 mM' da (0,01 mg/mL) gerçekleşirken, en düşük karbohidrat içeriği ise 320 mM' da belirlenmiştir. Başlangıçta kontrole yakın değer görülmesine rağmen 20 ve 40 mM mannitol konsantrasyonunda karbohidrat içeriğinde artış olmuş, ancak artan konsantrasyonlarda kısmen baskılanma saptanmış, 320 mM' da ise şiddetli bir şekilde inhibe olmuştur. Klorofil-a içerikleri dikkate alındığında ise, mannitolün metabolik faaliyetlere benzer şekilde aktivite gösterdiği saptanmıştır. En yüksek klorofil-a içeriği 20 ve 40 mM mannitol konsantrasyonunda (0,02 mg/mL) gerçekleşirken, en düşük değere 320 mM' da (0,004 mg/mL) rastlanmıştır (Şekil 3.67).



Şekil 3.67. *Anabaena* sp. GO1' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

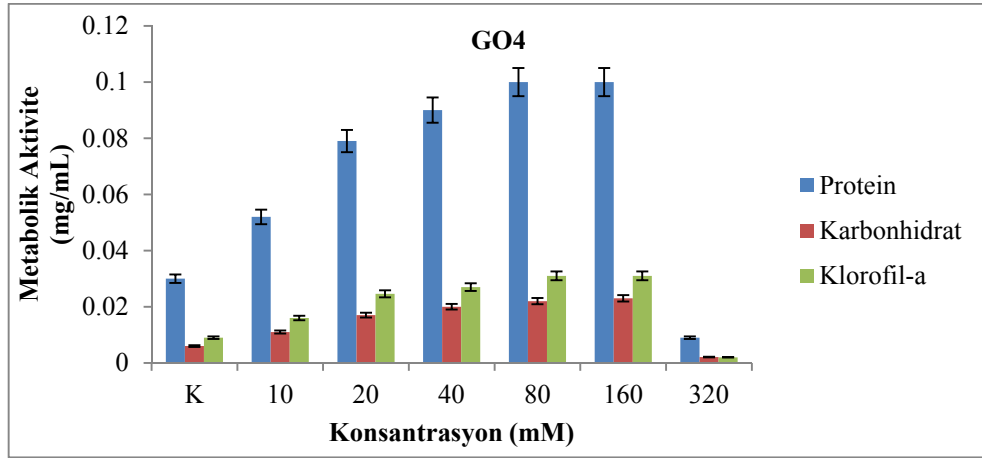
Anabaena sp. GO3' ün metabolik aktivitelerinin sonuçlarına bakıldığında ise, toplam protein içeriklerinde artış gözlenirken, toplam karbohidrat ve klorofil-a içeriklerinde şiddetli bir baskılanma söz konusudur. Toplam protein içerikleri 80 mM mannitol konsantrasyonuna kadar stimule olurken, artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiş ancak 320 mM'da ise şiddetli bir inhibisyon belirlenmiştir. En yüksek protein içeriği 80 mM mannitol ortamında 0,1 mg/mL olarak belirlenirken, en düşük protein içeriği ise 320 mM'da 0,005 mg/mL olarak gerçekleşmiştir. Toplam karbohidrat içerikleri ise, benzer bir şekilde 80 mM mannitol konsantrasyonuna kadar stimule olurken, artan konsantrasyonlardan baskılanarak etkilenmiştir. En yüksek karbohidrat içeriği 80 mM mannitol konsantrasyonunda 0,001 mg/mL olarak gerçekleşirken, en düşük değer 320 mM'da belirlenmiştir. Klorofil-a içerikleri incelendiğinde ise, benzer şekilde etki görülmüş olup, en yüksek klorofil-a içeriği 80 mM mannitol ortamında (0,007 mg/mL) gerçekleşirken, en düşük klorofil-a içeriği ise 320 mM'da saptanmıştır (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. *Anabaena* sp. GO3' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

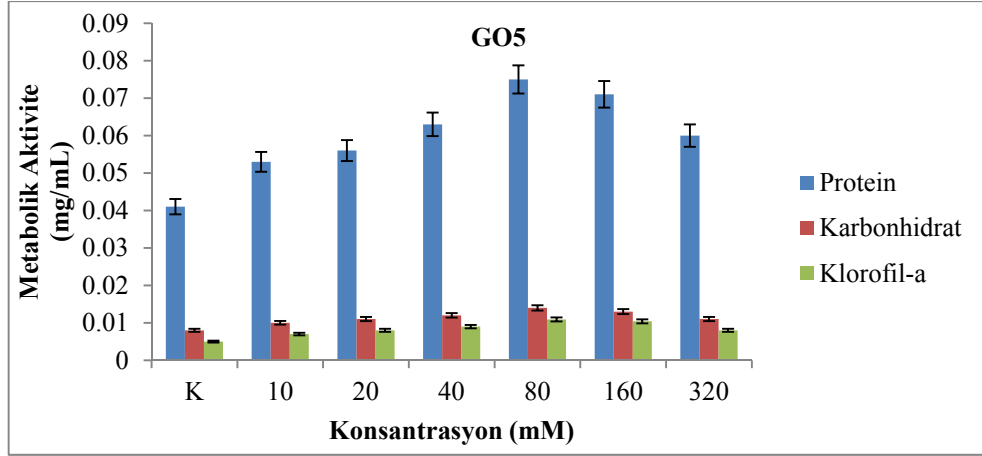
Anabaena sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde, toplam protein içeriği başlangıçtan itibaren 160 mM'a kadar stimule olmuş ancak 320 mM' da şiddetli bir şekilde baskılanmıştır. En yüksek protein içeriği 160 mM mannitol konsantrasyonunda (0,1 mg/mL), en düşük protein içeriği ise 320 mM'da saptanmıştır. Toplam karbohidrat içerikleri dikkate alındığında ise, benzer şekilde en yüksek karbohidrat içerikleri 80 ve 160 mM mannitol konsantrasyonunda (0,023 mg/mL), en düşük değer ise 320 mM' da belirlenmiştir. Klorofil-a içerikleri ise benzer bir şekilde başlangıç

konsantrasyonundan 160 mM'a kadar stimule olmuş, ancak 320 mM' da şiddetli bir şekilde inhibe olmuştur. En yüksek klorofil-a değeri 160 mM mannitolde 0,03 mg/mL olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.69).



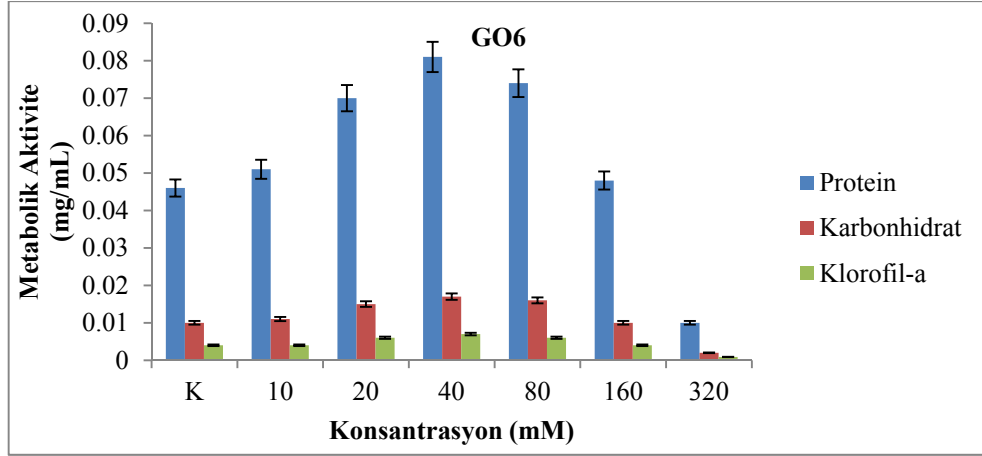
Şekil 3.69. *Anabaena* sp. GO4' ün metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO5' in metabolik aktiviteleri incelendiğinde, farklı mannitol konsantrasyonlarına karşı türün toleransının yüksek olduğu belirlenmiştir. Başlangıç mannitol konsantrasyonundan 80 mM'a kadar toplam protein içeriği stimule olurken, artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiştir. Buna karşın 320 mM mannitol ortamında bile protein içeriği kontrolden yüksek değer göstermiştir. En yüksek toplam protein içeriği 80 mM mannitol konsantrasyonunda 0,075 mg/mL olarak belirlenmiştir. Konsantrasyondaki artışa rağmen protein içeriği üzerinde kısmen baskılanma gözlenmiştir. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri de benzer şekilde mannitol konsantrasyonlarından etkilenmiştir. En yüksek karbohidrat ve klorofil-a içeriği ise benzer şekilde 80 mM mannitol konsantrasyonunda elde edilmiş, sırası ile bu veriler 0,014 mg/mL ve 0,01 mg/mL olarak belirlenmiştir (Şekil 3.70).



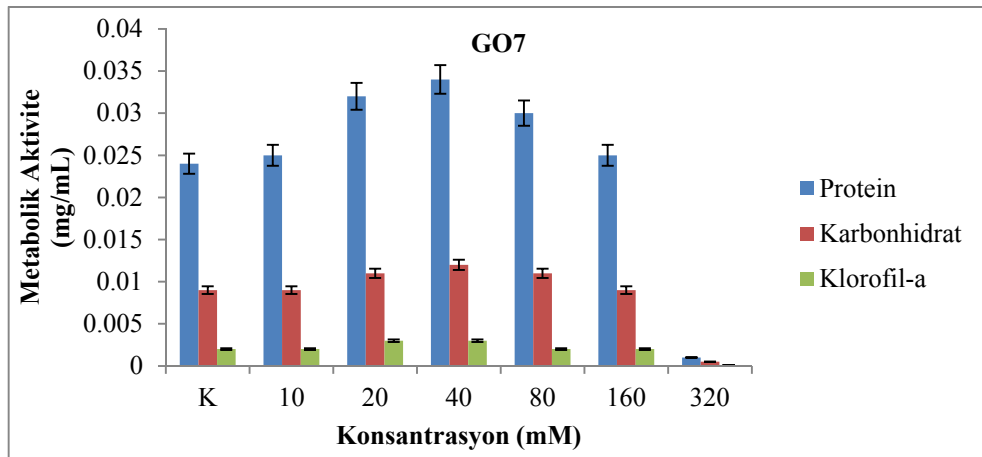
Şekil 3.70. *Anabaena* sp. GO5' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

Farklı mannitol konsantrasyonlarının *Anabaena* sp. GO6' nın metabolik aktiviteleri üzerindeki etkisi verilerine bakıldığında, tüm metabolik aktiviteler 40 mM mannitol konsantrasyonuna kadar stimule olmuş ancak artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiş ve 320 mM'da ise şiddetli bir şekilde inhibe olmuştur. En yüksek toplam protein içeriği 40 mM mannitolde 0,08 mg/mL olarak belirlenirken, en düşük değer 320 mM'da (0,01 mg/mL) saptanmıştır. En yüksek toplam karbohidrat içeriği ise benzer şekilde 40 mM mannitol konsantrasyonunda 0,017 mg/mL olarak gerçekleşirken, en düşük değere 320 mM'da rastlanmıştır. Klorofil-a içerikleri ise benzer bir şekilde etkilenmiş ve en yüksek değere 40 mM'da (0,007 mg/mL) rastlanmıştır. En düşük değer ise 320 mM mannitol konsantrasyonunda belirlenmiştir. Bu konsantrasyonun klorofil-a içeriği üzerine etkisi şiddetli baskılanma şeklinde olmuştur (Şekil 3.71).



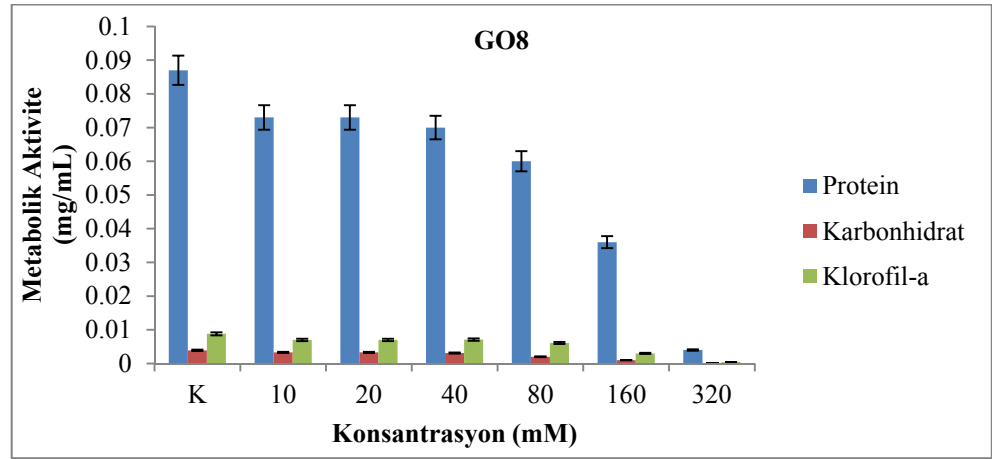
Şekil 3.71. *Anabaena* sp. GO6' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

Anabaena sp. GO7' nin verileri incelendiğinde ise, 40 mM mannitol konsantrasyonuna kadar tüm metabolik aktiviteler stimule olmuş ancak artan konsantrasyonlardan 160 mM'a kadar kısmen baskılanmasına rağmen, 320 mM konsantrasyonda ise şiddetli bir şekilde inhibisyon belirlenmiştir. Toplam protein içeriği verilerine göre, en yüksek değer 40 mM mannitol konsantrasyonunda (0,03 mg/mL) gerçekleşirken, en düşük değer 320 mM'da (0,001 mg/mL) belirlenmiştir. Benzer bir şekilde toplam karbohidrat içeriği de en yüksek değeri 40 mM mannitolde göstermiş (0,012 mg/mL), en düşük karbohidrat içeriği ise 320 mM'da belirlenmiştir. Klorofil-a içerikleri de benzer şekilde en yüksek miktarını 40 mM' da (0,003 mg/mL), en düşük değerini ise 320 mM mannitol konsantrasyonunda göstermiştir (Şekil 3.72).



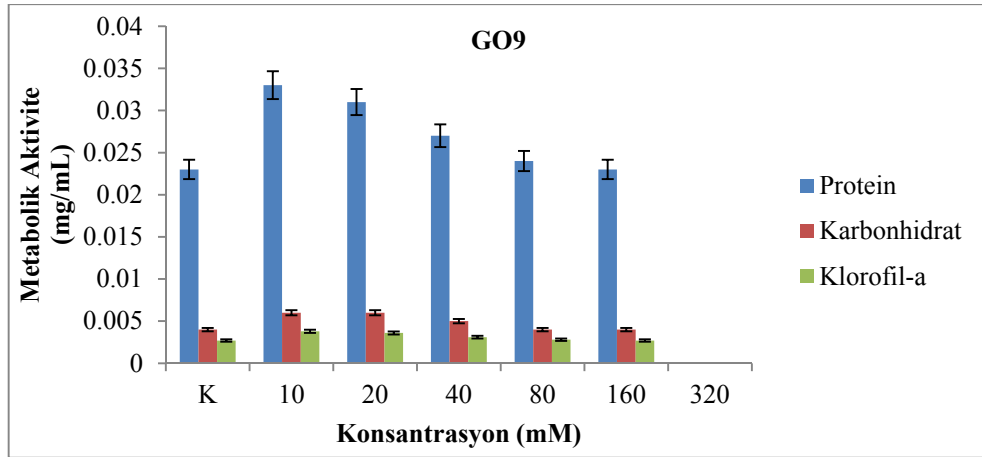
Şekil 3.72. *Anabaena* sp. GO7' nin metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

Synechocystis sp. GO8' in toplam protein içerikleri diğer aktivitelere göre yüksek bulunmuştur. Toplam protein içeriği verileri dikkate alındığında, başlangıç mannitol konsantrasyonundan itibaren 160 mM'a kadar kısmen baskılanma belirlenmiş olup, 320 mM' da ise şiddetli bir inhibisyon saptanmıştır. Benzer şekilde toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri de 160 mM'a kadar kısmen baskılanmış ancak 320 mM'da şiddetli bir inhibisyon gözlemlenmiştir. En yüksek toplam protein, karbohidrat ve klorofil-a içerikleri başlangıç konsantrasyonundan elde edilmiş olup, sırasıyla 0,07 mg/mL, 0,003 mg/mL ve 0,007 mg/mL olarak belirlenmiştir. En düşük metabolik aktiviteler ise 320 mM mannitol ortamlarından elde edilmiş ve bu veriler sırasıyla 0,004 mg/mL, 0,0001 mg/mL ve 0,0004 mg/mL olarak saptanmıştır (Şekil 3.73).



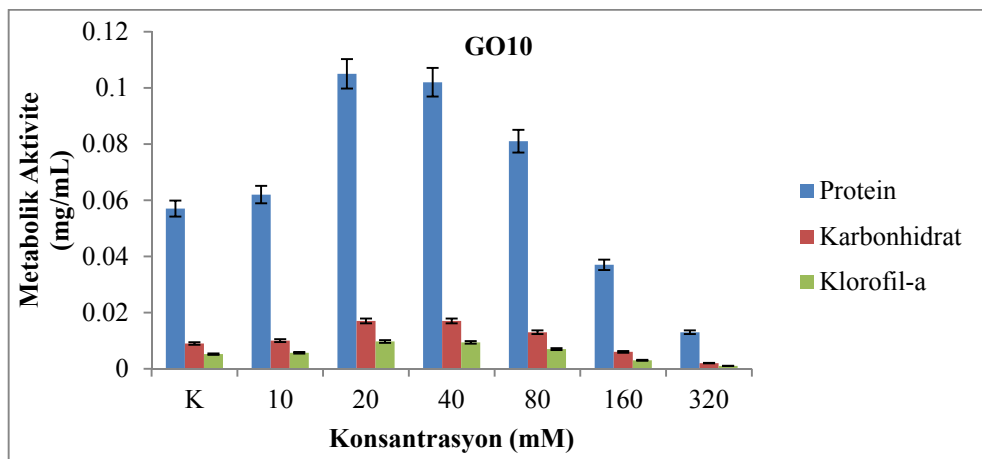
Şekil 3.73. *Synechocystis* sp. GO8' in metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

Gloeotheca sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine mannitolün etkisi incelendiğinde, başlangıç mannitol konsantrasyonunda tüm aktiviteler stimüle olmuş, ancak artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiş, oysaki 320 mM' da tüm aktiviteler tamamen inhibe olmuştur. Tüm metabolik aktiviteler karşılaştırıldığında en yüksek değerlerin protein içeriklerine ait olduğu gözlemlenmiştir. Toplam protein içeriği en yüksek değere 80 mM mannitol ortamında (0,03 mg/mL) ulaşmıştır ancak artan konsantrasyonlardan kısmen baskılanarak etkilenmiştir. Toplam karbohidrat ve klorofil-a içerikleri de benzer bir şekilde başlangıç konsantrasyonda stimüle olmuş, bu değerler sırasıyla 0,006 mg/mL ve 0,004 mg/mL olarak gerçekleşmiş, 320 mM'da ise tamamen baskılanma gözlemlenmiştir (Şekil 3.74).



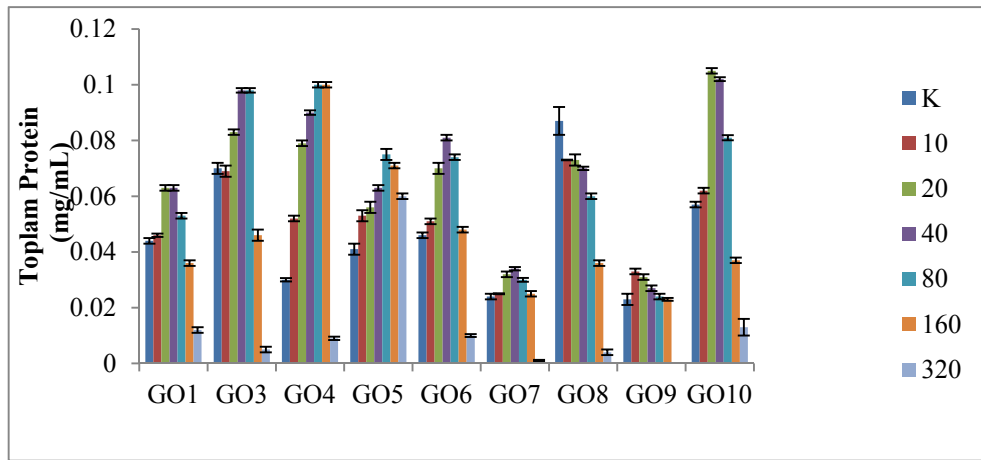
Şekil 3.74. *Gloeotheca* sp. GO9' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

Farklı mannitol konsantrasyonlarının *Anabaena* sp. G010' un metabolik aktiviteleri üzerine etkisi incelendiğinde, başlangıç konsantrasyonda tüm metabolik aktiviteler kontrole yakın bir değer göstermiş ancak 20 mM' da şiddetli bir şekilde stimüle olmuştur. Buna rağmen artan mannitol konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenecek, 320 mM'da ise şiddetli bir şekilde baskılanmıştır. En yüksek toplam protein, karbohidrat ve klorofil-a içerikleri 20 mM mannitol konsantrasyonunda belirlenmiş olup, bu veriler sırası ile 0,1 mg/mL, 0,01 mg/mL ve 0,01 mg/mL şeklinde gerçekleşmiştir. Ancak tüm metabolik aktiviteler 40 mM mannitol konsantrasyonunda yakın değerler göstermiştir. En düşük değerler 320 mM' da sırası ile 0,013 mg/mL, 0,002 mg/mL ve 0,001 mg/mL olarak saptanmıştır (Şekil 3.75).



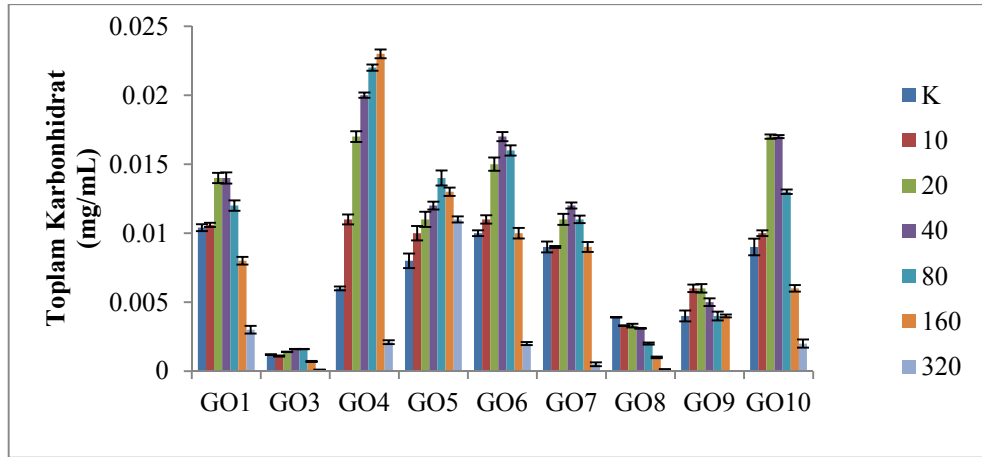
Şekil 3.75. *Anabaena* sp. G010' un metabolik aktiviteleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkisi

Farklı mannitol konsantrasyonlarının tüm siyanobakteriyel türlerde toplam protein içerikler üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre, türlerin protein içerikleri farklı şekilde etkilenmiştir. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri dikkate alındığında en yüksek protein içeriği *Anabaena* sp. GO10 ve *Anabaena* sp. GO4 türlerinde saptanmış olup, sırası ile bu değerler 0,105 mg/mL ve 0,1 mg/mL, en düşük protein içeriği ise *Gloeotheca* sp. GO9’ da 0,03 mg/mL olarak saptanmıştır. Genel olarak bakıldığında ise, tüm türlerin toplam protein içerikleri farklı mannitol konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiş, *Gloeotheca* sp. GO9 ve *Anabaena* sp. GO7 hariç (Şekil 3.76).



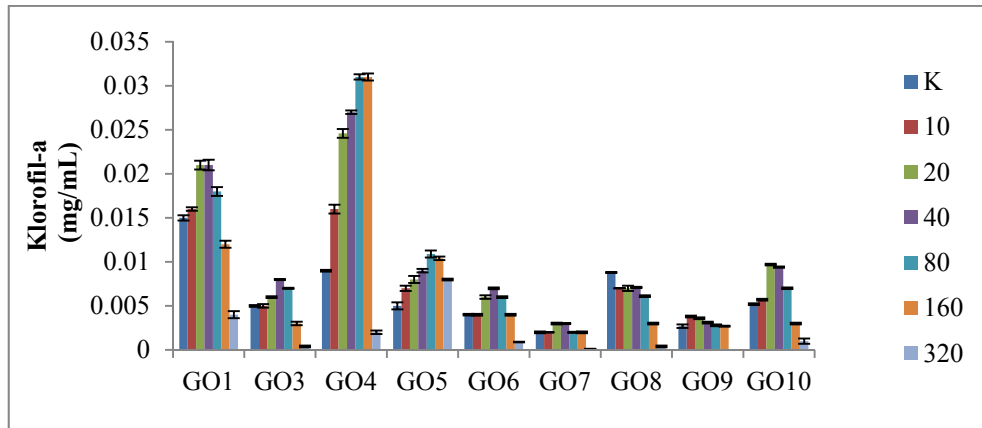
Şekil 3.76. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam protein içerikleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkileri

Siyanobakteriyel türlerin toplam karbonhidrat içerikleri karşılaştırıldığında türlerin farklı etkilendiği saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, *Anabaena* sp. GO3 ve *Synechocystis* sp. GO8 hariç, tüm türlerin toplam karbohidrat içerikleri birbirine yakın değerler göstermiştir. Ancak en yüksek toplam karbohidrat içeriği *Anabaena* sp. GO4’ te (0,02 mg/mL) saptanmıştır. Diğer karbohidrat içeriği yüksek olan türler ise *Anabaena* sp. GO10 ve *Anabaena* sp. GO6 (0,017 mg/mL) olmuştur. En düşük karbohidrat içerikleri ise sırasıyla *Anabaena* sp. GO3 ve *Synechocystis* sp. GO8 türlerinde belirlenmiştir (Şekil 3.77)



Şekil 3.77. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam karbohidrat içerikleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkileri

Toplam klorofil-a içerikleri tüm siyanobakteriyel türlerde karşılaştırıldığında ise, tüm türlerin klorofil-a içerikleri düşük bulunmuştur, *Anabaena* sp. GO1 ve GO4 hariç. En düşük klorofil-a içerikleri ise sırası ile *Anabaena* sp. GO7 ve *Gloeotheca* sp. GO9 türlerine aittir. Elde edilen verilere göre, en yüksek toplam klorofil-a içeriği *Anabaena* sp. GO4' te (0,031 mg/mL), en düşük klorofil-a içeriği ise *Anabaena* sp. GO7' de saptanmıştır (Şekil 3.78).



Şekil 3.78. Tüm siyanobakteriyel türlerin toplam klorofil-a içerikleri üzerine farklı mannitol konsantrasyonlarının etkileri

3.4. Tüm Siyanobakteriyel Türlerin Nitrojenaz Aktiviteleri

Tüm siyanobakteriyel türlerin nitrojenaz aktivitelerini belirlemek amacı ile, optimal inkübasyon koşulları altında geliştirilen kültürler inkübasyon süresi sonunda asetilen redüksiyon tekniği uygulanmıştır. En yüksek nitrojenaz aktivitesi gösteren

türler *Synechocystis sp.* GO8, *Anabaena sp.* GO1 ve *Anabaena sp.* GO10 iken, en düşük aktivite gösteren tür ise *Anabaena sp.* GO3 olmuştur (Tablo 3.1).

Çizelge 3.1. Tüm siyanobakteriyel türlerin nitrojenaz aktiviteleri

Mikroorganizma	Etilen miktarı (nmol/mg.h)
<i>Anabaena sp.</i> GO1	9,81
<i>Anabaena sp.</i> GO3	2,86
<i>Anabaena sp.</i> GO4	2,92
<i>Anabaena sp.</i> GO5	5,77
<i>Anabaena sp.</i> GO6	7,20
<i>Anabaena sp.</i> GO7	7,51
<i>Synechocystis sp.</i> GO8	11,19
<i>Gloeotheca sp.</i> GO9	4,16
<i>Anabaena sp.</i> GO10	7,68

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çevresel stresler arasında yer alan tuzluluk ve ozmotik stresler ürün verimini düşüren unsurlardandır (Bohnert ve Jensen, 1996). Bitkileri olduğu kadar, bu stresler zirai öneme sahip bakterilerin gelişimini ve metabolizmasını da olumsuz etkilemektedir, buna bağlı olarak ürün verimi sınırlanmaktadır. Siyanobakteriler çevresel streslerin geniş spektrumunda hayatlarını sürdürdüğü bilinen gruplardan biri olup (Fogg, vd., 1973), iyonik ve ozmotik streslere karşı farklı hassasiyet gösterirler (Fernandes vd., 1993). Bitkilere benzer metabolizmaları ve fizyolojileri ayrıca kloroplast ile ilişkili olası filogenetik akrabalıklarından dolayı siyanobakteriler bu tür stresleri incelemek için iyi bir modeldirler (Apte ve Thomas, 1997; Joset vd., 1996).

Çalışma sonuçlarımıza göre, siyanobakteriyel türlerin bir kısmı pH8’ de optimal değerler gösterirken, çoğunluğu pH 9’ da optimumdur. pH ile gelişim arasında doğru orantı olduğu saptanmıştır. Siyanobakteriler doğal habitatlarında alkali ortamları tercih ederler ve pH 5’den düşük ortamları tolere edemezler (Brock, 1973). Pandey ve Tiwari (2010) yaptıkları çalışmada *Spirulina maxima*’nın optimum pH’ sını 9 olarak bulmuşlardır. Bano ve Siddiqui (2004) ise *Spirulina major*’ın protein içeriğine bakarak optimum pH 8 olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen verilere göre, 6 siyanobakteriyel türün optimum ışık şiddeti 900 lüks, geri kalan 3 türün ise 700 lüks olarak belirlenmiştir (Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17). Bundan başka ışık şiddeti arttıkça gelişimin arttığı ancak ışık şiddeti azaldıkça da gelişimin azaldığı belirlenmiştir. Ökmen ve Dönmez (2007) yaptıkları çalışmada 3 farklı siyanobakteriyel türün nitrojenaz aktivitesine ışık şiddetinin etkisine bakmışlar ve optimal aktiviteyi 600 lüks ışık şiddetinde elde etmişlerdir. Işık optimizasyonu çalışması sonuçlarına göre, 3 siyanobakteriyel türün düşük ışık şiddetlerindeki gelişimi az iken, optimum ışık şiddetlerinde gelişimleri artmış ancak artan ışık şiddetlerinden gelişim baskılanarak etkilenmiştir. Okmen ve Dönmez (2007) benzer bir şekilde, ışık şiddetinin nitrojenaz aktivitesi üzerine etkisini en düşük 300 lükste belirlemişlerdir.

Çalışmada, *Anabaena* sp. GO1' de toplam protein ve karbohidrat ve klorofil-a içeriklerinin artan NaCl konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilendiği belirlenmiştir (Şekil 3.19). Eser miktardaki NaCl siyanobakterilerin bazı metabolik aktiviteleri için gerekli görülmekte (Apte ve Thomas, 1984; Thomas ve Apte, 1984; Garcia-Gonzalez vd., 1987; Sanchez-Maeso vd., 1987) fakat yüksek miktarları gelişimi baskılamaktadır (Apte ve Thomas, 1997; Jeanjean vd., 1993). Yapılan çoğu çalışmada, tuz stresi altında PSII' nin inaktive olmasında biri hızlı reversibl ve diğeri yavaş irreversibl olmak üzere 2 faz olduğu anlaşılmıştır, sadece hızlı reversibl inaktivasyonun hiperozmotik stres altında olduğu bulunmuştur (Allakhverdiev ve Murata, 2008). Denemelerimiz sonucunda, *Anabaena* sp. GO3' ün başlangıç NaCl konsantrasyonlarından etkilenmediği ancak artan konsantrasyonlardan toplam protein, karbohidrat ve klorofil-a içeriklerinin keskin bir şekilde baskılandığı ve 200 mM tuz konsantrasyonunda ise tamamen inhibe olduğu saptanmıştır (Şekil 3.20). Yüksek ve değişken tuzlulukta siyanobakterilerin yaşama ve gelişimleri için hücrelerdeki inorganik iyonları dışarı atarak sitoplazmadaki su potansiyellerini ayarlamaları gerekmektedir. Uyumlu solutleri biriktirerek (Hangemann ve Erdmann, 1997) veya stres proteinlerini düzenleyerek (Joset vd., 1996) yüksek tuzluluğa adapte olabilirler. Benzer şekilde Fernandes ve Apte (2000) ve Ökmen vd. (2007) yaptıkları çalışmalarda 200 mM tuz konsantrasyonunda tamamen inhibisyon saptamışlardır. *Anabaena* sp. 287 ile yaptığı çalışmada Selwin ve Shanmugasundaram (1991) 0,2 M NaCl konsantrasyonunda gelişim ve nitrojenaz aktivitesinin tamamen inhibe olduğunu saptamıştır.

Çalışmada kullanılan *Anabaena* sp. GO4' de ise başlangıç NaCl konsantrasyonunda toplam protein, karbohidrat ve klorofil-a içerikleri kontrole yakın değer gösterirken, 25 ve 50 mM tuzun bulunduğu şartlarda toplam protein içeriği stimule olmuş, ancak artan tuz konsantrasyonlarından baskılanarak etkilendiği gözlenmiştir (Şekil 3.21). Gupta vd., (2007) yaptıkları çalışmada, *Anabaena cylindrica* 4 güne kadar 50 mM NaCl konsantrasyonunda klorofil-a ve protein içeriğinde hafif bir artış gözlenmiş ve yüksek konsantrasyonlarda büyümenin engellenmesi fotosentez ve solunumun baskılanmasından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Benzer bir şekilde yüksek tuz konsantrasyonlarda düşük klorofil-a ve protein içerikleri rapor edilmiştir (Vonshak vd., 1996). Benzer bir şekilde Fernandes ve Apte (2000) yaptıkları çalışmada 50 mM tuz konsantrasyonunda nitrojenaz aktivitesinin stimüle olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda *Anabaena sp.* GO5 (Şekil 3.22) ve GO7 (Şekil 3.24)' de tüm metabolik aktiviteler 25 mM NaCl konsantrasyonuna, *Gloeotheca sp.* GO9 (Şekil 3.26) ve *Anabaena sp.* GO6 (Şekil 3.23) ise 50mM' a kadar stimule olmuş, ancak artan tuz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiş ve 200 mM' da tamamen inhibe olmuşlardır. *Anabaena torulosa'* nın 250 mM NaCl konsantrasyonda bile gelişebildiği ve azot fikse edebildiği rapor edilmiştir (Apte ve Thomas, 1997)

Çalışmada kullanılan *Synechocystis sp.* GO8 (Şekil 3.25) ve *Anabaena sp.* GO10 (Şekil 3.27) türlerinde ise tüm metabolik aktivitelerinin başlangıç NaCl konsantrasyonundan itibaren baskılanarak etkilendiği, 200mM' da ise tamamen inhibe olduğu gözlenmiştir. *Spirulina fusiformis'* in artan tuz konsantrasyonundan kontrolden itibaren büyüme oranının azaldığı, yüksek tuz konsantrasyonunun büyüme azalttığı ve bunun nedeninin fotosentez ve solunumun baskılanmasından kaynaklandığı rapor edilmiştir (Ehrenfeld ve Cousin, 1984). Çalışma sonuçlarına göre, türlerin tamamına yakınında NaCl stresi altında toplam protein içerikleri (Şekil 3.28) diğer aktivitelerden yüksek bulunmuştur oysaki toplam karbohidrat (Şekil 3.29) ve klorofil -a (Şekil 3.30) içerikleri ise düşük bulunmuştur. NaCl tarafından nitrojenaz aktivitesinin inhibisyonu dolaylıdır, elektron taşımalarının ve ferrodoksin NADP oksidoredüktaz aktivitesinin bozulması yoluyla (Tel-Or ve Melhamed-Harel, 1981), heterosistlerin plazma membran geçirgenliğinin bozulması (Blumwald vd., 1983) ve fotosentetik olarak ATP üretiminin sınırlanması ile olmaktadır (Brownell ve Nicholas, 1967; Apte ve Thomas, 1983a; Fernandez Valiente vd., 1984). Shanleyraj ve Anand (2006) dört siyanobakterinin tuza karşı yanıtını araştırdıkları çalışmalarında 1M NaCl konsantrasyonunda *Synechocystis sp.'* nin, *Anabaena variabilis'* in ise 2,5M' da en yüksek protein içeriğine sahip olduğunu saptamışlardır. *E. coli* ile yapılan bir çalışmada 0,6-0,8 M NaCl' de gelişebildiği bildirilmiştir (Csonka ve Hanson, 1991).

Çalışmada, farklı KCl konsantrasyonlarının siyanobakteriyel türler üzerine etkisi incelendiğinde, tüm türlerin metabolik aktivitelerinin 100 mM' da tamamen inhibe olduğu, protein içeriklerinin (Şekil 3.40) diğer aktivitelerden yüksek olduğu ancak klorofil-a (Şekil 3.41) ve karbohidrat içeriklerinin (Şekil 3.42) ise şiddetli bir şekilde baskılandığı gözlenmiştir. KCl konsantrasyonunun artması, hücre içi pH' nın artışına neden olmakta dolayısıyla fotosistem inhibisyonuna neden olmaktadır (Reed vd.,

1985b). Çalışmada, *Anabaena sp.* GO6 (Şekil 3.35), GO7 (Şekil 3.36), *Synechocystis sp.* GO8 (Şekil 3.37) ve *Gloeotheca sp.* GO9 (Şekil 3.38) türlerinde metabolik aktiviteler KCl' ün başlangıç konsantrasyonundan itibaren şiddetli bir şekilde baskılanarak etkilenmiştir. Shukla ve Rai (2005) *Microcystis* ile yaptıkları çalışmada 6 mM KCl' ün popülasyonun %50' sini azalttığını tespit etmişlerdir. Kontrol grubu ile karşılaştırdıklarında ise protein içeriğinin 4 mM' da %21, 6 mM' da %44, 8 mM' da ise %62 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Kitada ve Horikosi (1992) hücre içi pH' nın artışı ile birlikte hücrelerden sodyum kaybının gerçekleştiğini raporlarında belirtmişlerdir. Zhao ve Brand (1988) ayrıca Becker ve Brand, (1985) yaptıkları çalışmada fotosistem inhibisyonunu hücre içi pH' daki değişikliklikten kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Hücre içi pH bozukluğundan öncelikle fotosistem sürecindeki enzimlerin etkilendiğini daha sonra pH, iyonizasyon, çözünübilirlik, substrat inhibitör ve aktivatörlerinin etkilendiğini rapor etmişlerdir.

Çalışma sonuçlarına göre, glukozun tüm siyanobakteriyel türlerin metabolik aktiviteleri üzerindeki etkisi başlangıçta stimüle olmuş ancak artan glikoz konsantrasyonlarından baskılanarak etkilenmiş ve 80 mM' da tamamen inhibe olmuştur (Şekil 3.52, Şekil 3.53, Şekil 3.54). Bundan başka, *Anabaena sp.* GO3 (Şekil 3.44.) ve GO5 (Şekil 3.46.) türlerinin metabolik aktiviteleri artan glikoz konsantrasyonlarından kısmen baskılanarak etkilenmiştir. *Synechocystis sp.* PCC 6803 ile yapılan bir çalışmada, bu türün mikсотrofik ve heterotrofik şartlarda pentoz fosfat yolu ile (Smith, 1982), glikozu kullanabildiği (Anderson ve McIntosh, 1991; Candau vd., 1976)

Tüm siyanobakteriyel türlerin metabolik aktiviteleri 320 mM sukroz konsantrasyonda artmıştır (Şekil 3.64, Şekil 3.65, Şekil 3.66). *Anabaena sp.* L-31 kültürlerinin ozmotik strese (sukroza) daha iyi tolerans gösterdiğini bildirdikleri çalışma, sonuçlarımız ile benzerlik göstermiştir. (Fernandes vd., 1993). Çalışmamızda artan sukroz konsantrasyonlardan türlerin tamamının protein ve karbohidrat içerikleri kısmen baskılanmasına rağmen kontrollerinden yüksek değerler saptanmıştır. Ökmen vd. (2007) *Nostoc sp.* ile yaptıkları çalışmada, sukrozun biyokütle üzerine etkisinin 60 mM sukroza kadar arttığını ve kontrollerinden yüksek değerler gösterdiğini rapor etmişlerdir. Sukroz denemelerimizde inkübasyona bırakılan *Anabaena sp.* GO3 (Şekil 3.56) ve *Synechocystis sp.* GO8 (Şekil 3.61) türlerinin karbohidrat ve klorofil-a içerikleri

diğer türlere göre çok düşük bulunmuştur. Benzer bir şekilde, Ökmen vd. (2007) yaptıkları çalışmada, farklı sukroz konsantrasyonlarının nitrojenaz aktivitelerini başlangıçtan itibaren (10 mM) baskılandığını saptamışlardır. Sonuçlarımıza göre, farklı sukroz konsantrasyonlarında sadece *Anabaena sp.* GO4 (Şekil 3.57) ve GO5 (Şekil 3.58)' te 320 mM' da tamamen inhibe olmuştur . Benzer bir şekilde Fernandes ve Apte (2000), 350 mM sukroz ortamında gelişimin baskılandığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda, artan sukroz konsantrasyonlarından klorofil- a içerikleri kısmen baskılanarak etkilenmesine rağmen tüm değerler kontrolden yüksek bulunmuştur (Şekil 3.66.). Haury ve Spiller (1981), 5 mM fruktoz ile yaptıkları çalışmada klorofil miktarı kontrol değerinden yüksek bulunmuştur.

Farklı mannitol koşullarında en düşük karbohidrat ve klorofil-a içerikleri *Anabaena sp.* GO3 (Şekil 3.68), GO7 (Şekil 3.72) ve *Synechocystis sp.* GO8' de (Şekil 3.73) bulunmuştur. Allakhverdiev, vd. (2000), 1M sorbitol konsantrasyonunun PS II'nin oksijen-üreten sistemini inaktive ettiğini ve PSI' in elektron taşıma aktivitesini bozduklarını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda tüm siyanobakteriyel türler 320 mM mannitol konsantrasyonuna kadar gelişmiştir, *Gloeotheca sp.* GO9 hariç (Şekil 4.74). Çalışmalarımıza benzer olarak, Fernandes ve Apte (2000), yaptıkları çalışmada 350 mM mannitol ortamında gelişimin ve nitrojenaz aktivitesinin baskılandığını saptamışlardır. Çalışmada, *Synechocystis sp.* GO8 hariç, tüm türlerin metabolik aktiviteleri başlangıç mannitol konsantrasyonunda stimüle olmuş ancak artan konsantrasyonlardan baskılanarak etkilenmiştir. Fernandes ve Apte (2000), 200 ve 350 mM mannitol ortamında *Anabaena sp.* L-31 ile yaptıkları çalışmada benzer bir şekilde 200 mM mannitol konsantrasyonunda gelişim ve nitrojenaz aktivitesinin arttığını, 350 mM mannitolde ise şiddetli bir şekilde baskılandığını rapor etmişlerdir. Farklı mannitol denemelerimizde *Anabaena sp.* GO4' ün toplam karbohidrat, protein ve klorofil-a içeriği çok yüksek bulunmuş ve 160 mM' a kadar stimüle olmuştur (Şekil 3.69). Ayrıca, *Anabaena sp.* GO3 ile *Synechocystis sp.* GO8 ve *Gloeotheca sp.* GO9 türleri hariç, tüm türlerin farklı mannitol konsantrasyonlarında toplam karbohidrat içerikleri birbirine yakın değerler göstermiştir (Şekil 3.77.). Fernandes ve Apte (2000) yaptıkları çalışmada benzer bir şekilde 200 ve 350 mM mannitol konsantrasyonlarında *Anabaena sp.* L-31' in gelişiminin ve nitrojenaz aktivitesinin birbirine yakın değerler gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Çalışmalarımız sonucunda tüm stres koşullarında siyanobakteriyel türlerin birçoğunda toplam protein içerikleri yüksek bulunmuştur. Günümüze kadar yapılan çalışmaların işaret ettiği gibi siyanobakteriyel hücreler iyonik ve ozmotik stres şartları altında yaygın stres proteinlerini, ozmotik-stres proteinlerini ve ışık şok proteinlerini yanıtta kullanmaktadırlar (Bhagwat ve Apte, 1989; Apte vd., 1998). Tuz-stres proteinleri Apte ve Bhagwat (1989) tarafından sitoplazma içinde ve hücre membranında gösterilmiştir. *Synechocystis* ile tuz şoku altında yapılan çalışmalarda 55 çözünebilir protein bulunmuş (Fulda vd., 2006), diğer bir çalışmada ise *Synechocystis*' in plazma membranının proteomik analizi sonucunda 109 tuz-stresi proteini identifiye edilmiştir (Huang vd., 2006). *Pseudomonas pseudoalcaligenes* MSP-538 ile yapılan birçok çalışmada tuz stresine yanıtta farklı aminoasitlerin biriktiği rapor edilmiştir (Diby, vd., 2005). Erken çalışmalarda tuz stres proteini (SSP), ozmotik stres proteini (OSP) veya ısı-şok proteini (HSP) gibi çok sayıda stres proteinleri tanımlanmıştır (Apte ve Bhagwat, 1989; Bhagwat ve Apte, 1989; Iyer, vd. 1994). çoğu *Anabaena* türlerinde 40 kDa'lık bir OSP cyanodehydrin olarak identifiye edilmiş ozmotik stres proteinleridir (Close ve Lammers, 1993).

Çalışmadan elde edilen veriler dikkate alındığında, *Anabaena sp.* GO1 ve *Anabaena sp.* GO5' in farklı tuz ve ozmotik streslere en iyi yanıtı verdiği belirlenmiştir. En yüksek nitrojenaz aktivitesi gösteren tür ise *Synechocystis sp.* GO8 olmasına rağmen bu tür tuz ve ozmotik streslere karşı hassasiyet göstermesi dikkat çekmiştir. Oysa ki *Anabaena sp.* GO1 ve *Anabaena sp.* GO10 türleri diğer en yüksek nitrojenaz aktivitesine sahip türlerdir ve bu iki türden *Anabaena sp.* GO1 aynı zamanda tuz ve ozmotik streslere karşı da toleranslı bulunmuştur.

Sonuç olarak *Anabaena sp.* GO1 hem stres şartlarında toleranslı olması hem de nitrojenaz aktivitesi bakımından en iyi performansı göstermesi onu biyogübre için uygun aday yapmaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda daha fazla siyanobakteriyel türün tolerans çalışmaları ile nitrojenaz aktivitesi çalışmalarının paralel yürütülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda farklı çevresel stres koşullarının nitrojenaz aktivitesi üzerindeki etkisine yönelik çalışmaların yapılmasının da çoklu yararlar sağlayacağı yönünde görüşlerimiz mevcuttur.

KAYNAKLAR

- Abarzua, S., Jakubowski, S., Eckert, S. ve Fuchs, P. (1999) Biotechnological Investigation for The Prevention of Marine Biofouling II. Blue-Green Algae As Potential Producers of biogenic Agents for the Growth İnhibition of Microfouling Organisms, *Botanica Mar*, 42: 459–465.
- Adams, D.G. ve Duggan, P.S. (1999) Heterocyst and Akinete Differentiation in Cyanobacteria, *New Phytol*, 144: 3-33.
- Albrecht, S.L. (1998) Eukaryotic Algae and Cyanobacteria. In Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., Zeberer D.A. (editörler), *Principles and Applications of Soil Microbiology*, Prentice-Hall, Inc. America. 94-103.
- Allakhverdiev, S.I., Nishiyama, Y., ve Suzuki, I., (1999) Genetic Engineering of the Unsaturation of Fatty Acids in Membrane Lipids Alters the Tolerance of Synechocystis to Sail Stress, *Proc Nat Acad Sci*, 96: 5862–5867.
- Allakhverdiev, S.I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y. ve Murata, N. (2000) Inactivation of Photosystems I and II in Response to Osmotic Stress in *Synechococcus*. Contribution of Water Channels. *Plant Physiol*, 122: 1201–1208.
- Allakhverdiev, S.I., Murata, N. (2008) Salt Stress İnhibits Photosystems II and I in Cyanobacteria, *Photosynth Res*, 98: 529-539.
- Anderson, S.L. ve McIntosh, L. (1991) Light-activated Heterotrophic Growth of the Cyanobacterium *Synechocystis sp.* Strain PCC 6803: a Blue-light-Requiring Proces, *J Bacteriol*, 173(9): 2761–2767.
- Apte, S. K., ve Thomas, J. (1980) Sodium is Required for Nitrogenase Activity in Cyanobacteria, *Curr Microbiol*, 3: 291- 293.
- Apte, S.K. ve Thomas, J. (1983a) Impairment of Photosynthesis by Sodium Deficiency and Its Relationship to Nitrogen-fixation in Cyanobacterium *Anabaena torulosa*, *FEMS Microbiology Letters*, 16: 153-157.
- Apte, S.K. ve Thomas, J. (1983b) Sodium transport in Filamentous Nitrogen-fixing Cyanobacteria. *J Biosci*, 5: 225-234.

- Apte, S.K. ve Thomas, J. (1984) Effect of Sodium on Nitrogen Fixation in *Anabaena torulosa* and *Plectonema boryanum*, *J Gen Microbiol*, 130: 1161–1168.
- Apte, S.K. ve Thomas, J. (1986) Membrane Electrogenesis and Sodium Transport in Filamentous Nitrogen-fixing Cyanobacteria, *Eur J Biochem*, 154: 395-401.
- Apte, S.K. ve Bhagwat, A.A. (1989) Salinity Stres Induced Proteins in Two Nitrogen-fixing *Anabaena* strains differentially tolerant to salt, *J Bacteriol*, 171 (2): 909-915.
- Apte, S.K., Fernandes, T., Badran, H., Ballal, A. (1998) Expression and Possible Role of Stres-Responsive Proteins in *Anabaena*. *J Biosci*, 23 (4): 399-406.
- Apte, S.K. ve Thomas, J. (1997) Possible Amelioration of Coastal Soil Salinity Using Halotolerant Nitrogen Fixing Cyanobacteria, *Plant Soil*, 189 (2): 205-211.
- Ashraf, M. (1994) Breeding for Salinity Tolerance in Plants, *Crit Rev Plant Sci*, 13: 17–42.
- Ashton, E.C. ve Macintosh, D.J. (2002) Preliminary Assessment of the Plant Diversity and Community Ecology of the *Sematan mangrove* Forest, Sarawak, Malaysia, *Forest Ecol Manag*, 166: 111–129.
- Barthe`s, B., Roose, E., (2002) Aggregate Stability as an Indicator of Soil Susceptibility to Run off and Erosion; Validation at Several Levels, *Catena*, 47: 133–149.
- Barrett, J.E. ve Burke, I.C. (2000) Potential Nitrogen Immobilization in Grassland Soils Across A Soil Organic Matter Gradient, *Soil Biol Biochem*, 32:1707–1716.
- Banker, R. ve Carmeli, S. (1998) Tenuocyclamides A-D, Cyclic Hexapeptides from the Cyanobacterium *Nostoc spongiaformae* var *tenua*, *J Nat Prod*, 61: 1248–1251.
- Bano A. ve Siddiqui P.J.A. (2004) Characterization of Five Marine Cyanobacterial Species with Respect to Their pH and Salinity Requirements, *Pak J Bot*, 36 (1): 133-143.

- Bantos, R.G. Paiva, P.P., Veiga, G., Queiroz, M.I. (2011) Growth of *Aphanothece microscopica* Nägeli on Exogenous Sugars Biosci, *Uberlândia*, 27(1): 156-161.
- Becker D.W. ve Brand J.J. (1985) *Anacystis nidulans* Demonstrates A Photosystem II Cation Requirement Satisfied Only by Ca^{2+} or Na^+ , *Plant Physiol*, 79: 552-558
- Benckiser, G., Simarmata, T. (1994) Environmental Impact of Fertilizing Soils by Using Sewage and Animal Wastes, *Fert Res*, 37: 1–22.
- Bhadury, P. ve Wright, P.C. (2004) Exploitation of Marine Algae: Biogenic Compounds for Potential Antifouling, *Planta Applications*, 219: 561–578.
- Bhagwat, A.A. ve Apte, S.K. (1989) Comparative Analysis of Proteins Induced by Heat Shock, Salinity and Osmotic Stres in the Nitrogen Fixing Cyanobacterium *Anabaena* sp. L-31, *J Bacteriol*, 171 (9): 5187-5189.
- Blumwald, E., Mehlhorn, R.J. ve Packer, L. (1983) Ionic Osmoregulation During Salt Adaptation of the Cyanobacterium *Synechococcus* sp. 6311, *Plant Physiol*, 73: 377-380.
- Board, N. (2004) *The Complete Technology Book on Biofertilizer and Organic Farming*, 2. Baskı, Nür Project Consultancy Services New Delhi. 608s.
- Bohnert, H.J. ve Jensen, R.G. (1996) Strategies for Engineering Waterstress Tolerance in plants, *Trends Biotechnol* 14: 89-97.
- Bothe, H. ve Neuer, G. (1988) Electron Donation to Nitrogenase in Heterocysts, *Method Enzymol*, 167: 496-501.
- Bonjouklian, R., Smitka, T.A., Doolin, L.E., Molloy, R.M., Debono, M. ve Shahher, S.A. (1991) Tjipanazoles, New Antifungal Agents from the Blue Green Algae *Tolypothri tjipanasensis*, *Tetrahedron*, 47: 7739–7750.
- Boussiba, S. (1991) Nitrogen Fixing Cyanobacteria Potential Uses, *Plant Soil*, 137: 177-180.
- Brock, T.D. (1973) Lower pH Limit for the Existence of Blue-green Algae: Evolutionary and Ecological Implications, *Science*, 179: 480-483.

- Brown, A.D. (1976) Microbial water stress, *Bacteriol Rev*, 40: 803-846.
- Brown, A.D. (1990) *Microbial Water Stress Physiology: Principles and Perspectives*. New York: John Wiley and Sons, Inc. 328s.
- Brown, I.I., Fadeyev, S.I., Gerasimenko, L.M., Kirik, I.I., Pushenko, M., Severina, I.I. (1990) Sodium Ions are Necessary for Growth and Energy Transduction in the Marine Cyanobacterium *Oscillatoria brevis*, *Arch Microbiol*, 153: 409-411.
- Brownell, P.F. ve Nicholas D.J.D. (1967) Some effects of Sodium on Nitrate Assimilation and N₂ Fixation in *Anabaena cylindrica*, *Plant Physiology*, 42: 915-921.
- Bryant, D.A., (1994) In: *The Molecular Biology of Cyanobacteria*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 879s.
- Bulen, W.A. ve Le Comte, J.R. (1966) Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America 56: 979.
- Burja, A.M., Banaigs, B., Abou-Mansour, E., Burgess, J.G. ve Wright, P.C. (2001) Marine Cyanobacteria A Prolific Source of Natural Products, *Tetrahedron*, 57: 9347-9377.
- Burlage, R.S., R. Atlas, Stahl, D., Geesey, G., ve Sayler, G. (1998) *Techniques in Microbial Ecology* Oxford University Press, 8-14. America, 468s.
- Candau, P., C. Manzano, ve Losada, M. (1976). Bioconversion of Light Energy into Chemical Energy Through Reduction with Water of Nitrate to Ammonia, *Nature*, (London) 262: 715-717.
- Carpenter, E.J., Capone, D.G., Reuter, J.G. (1992) Marine Pelagic Cyanobacteria: Trichodesmium and other Diazotrophs. *Mathematical and Physical Sciences NATO ASI Series C*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 362s.
- Chojnacka, K. ve Marquez-Rocha, F.C. (2004) Kinetic and Stoichiometric Relationships of the Energy and Carbon Metabolism in the Culture of Microalgae, *Biotechnology*, 3(1): 21-34.

- Choudhury, A.T.M.A. ve Kennedy, I.R. (2005) Nitrogen Fertilizer Losses from Rice Soils and Control of Environmental Pollution Problems, *Communications in Soil Sci and Plant Analysis*, 36: 1625-1639.
- Chowdhury, N.; Marschner, P. ve Burns, R.G. (2011) Soil Microbial Activity and Community Composition: Impact of Changes in Matric and Osmotic Potential, *Soil Biol Biochem*, 43: 1229-1236.
- Christopher, P.A, Viswajith, V., Srabha S., Sundhar S., Malliga, P. (2007) Effect of Coir Pith Based Cyanobacterial Basal and Foliar Biofertilizer on *Basella rubra* L. *Acta agriculture, Slovanica*, 1: 89-1.
- Close, T. ve Lammers, P.J. 1993. An Osmotic Stress Protein of Cyanobacteria is Immunologically Related to Plant Dehydrins, *Plant Physiol*, 101: 773-779.
- Cohen, Z. (1999) Chemicals from Microalgae. Boca Raton, FL: CRC Press, London 419s.
- Colliver, B. B., Stephenson, T. (2000) Production of Nitrogen Oxide and Dinitrogen Oxide by Autotrophic Nitrifiers, *Biotechnol Adv*, 18 (3): 219–232.
- Csonko, L.N. ve Hanson, A.D. (1991) Prokaryotic Osmoregulation: Genetics and Physiology, *Annu Rev Microbiol*, 45: 569-606.
- Curatti, L., Porchia, A.C., Herrera-Estrella, L., Salerno, G.L. (2000) A Prokaryotic Sucrose Synthase Gene (susA) Isolated from a Filamentous Nitrogen-fixing Cyanobacterium Encodes A Protein Similar to those of Plants, *Planta*, 21: 729-735.
- da Costa MS, Santos H, Galinski EA (1998) An Overview of the Role and Diversity of Compatible Solutes in *Bacteria* and *Archaea*. *Adv Biochem Eng Biotechnol*, 61: 117-153.
- DasSarma, S., Fleischmann E.M. ve Rodriguez-Valera, F. (1995) Media for Halophiles. In *Archaea: A Laboratory Manual*. Rob., F.T., Place A.R., Sowers K.R., Schreier H.J., DasSarma S., Fleischmann E.M (Editörler) Cold Spring Harbour, USA: CSHL Press. Plainview, N.Y USA. 225-230.
- Dahms, H.U., Xu, Y. ve Pfeiffer, C. (2006) Antifouling Potential of Cyanobacteria: a mini review, *Biofouling*, 22: 317–327.

- Delgado, J.A. (2002) Quantifying The Loss Mechanisms of Nitrogen, *J Soil Water Conserv*, 57: 389–398.
- Delgado, J.A., ve Follett, R.F. (2002) Carbon and Nutrient Cycles, *J Soil Water Conserv*, 57: 455–464.
- Dewar, M.A. ve Barber, J. (1973) Cation Regulation in *Anacystis nidulans*, *Planta*, 113, 143.
- Diby, P., Bharathkumar, S., Sudhan, N. (2005) Osmotolerance in Biocontrol Strain of *Pseudomonas pseudoalcaligenes* MSP-538: A Study Using Osmolyte, Protein and Gene Expression Profiling, *Ann Microbiol* 55(4): 243-247.
- Dominy, C.S. ve Haynes, R.J. (2002) Influence of Agricultural Land Management on Organic Matter Content, Microbial Activity and Aggregate Stability in the Profiles of Two Pxisols, *Biol. Fert Soils*, 36: 298–305.
- Douglas, S.E. (1994) Chloroplast origins and evolution. *The Molecular Biology of Cyanobacteria*. In: Bryant, D.A. (editör), *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, 91-118.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. ve Smith, F. (1956) Colometric Method for Determination Sugars of Related Substances. Division of Biochemistry, Universty of Minnesota, St. Paul, *Anal Chem*, 28(1): 350-356.
- Ehrenfeljd J. ve Cousin, L. (1984) Ionic Regulation of the unicellular green Alga *Dunaliella tertiolecta* Response to Hypertonic Shock, *J Membrane Biol*, 71: 45-55.
- Ekmekçi, E., Apan, M., ve Kara, T., (2005) Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi, OMÜ, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (3): 118-125.
- Elbein, A.D., Pan, Y., Pastuszak, I., Carroll, D. (2003) New Insight on Trehalose: A Multifunctional Molecule, *Glycobiology*, 13: 17-27.
- Empadinhas, N., Mendes, V., Simoes, C., Santos, M.S., Mingote, A., Lamosa, P., Santos, H., da Costa, M.S. (2007) Organic solutes in *Rubrobacter xylanophilus*: the First Example of Di-myo-inositol-phosphate in A Thermophile. *Extremophiles* 11: 667-673.

- Fay, P. (1965) Heterophy and Nitrogen Fixation in *Chlorogloe fritschii*, *J Gen Microbiol*, (39): 11-20.
- Fay, P. (1983) *The Blue-greens (Cyanophyta-cyanobacteria)*. Arnold, E. (Editör). 5. Baskı., London. 88s.
- Fernández, V ve Avendaño, M.C. (1993) Sodium Stimulation of Phosphate Uptake in Cyanobacterium *Anabaena* PCC 7119, *Plant Cell Physiol*, 34: 201–207.
- Fernandes, T.A., Iyer, V. ve Apte, S.K. (1993) Differential Responses of Nitrogen Fixing Cyanobacteria to Salinity and Osmotic Stresses, *Appl Environ Microb*, 59 (3): 899-904.
- Fernandes, T.A. ve Apte, S.K. (2000) Differential Regulation of Nitrogenase Activity by Ionic and Osmotic Stresses and Permeable Sugars in the Cyanobacterium *Anabaena* sp. strain L-31, *Plant Sci*, 150: 181-189.
- Fernandez-Valiente, E., Zamoro, I. vd. (1984) Protection by CO₂ Against Sodium Deficiency in A Mutant of *Nostoc muscorum*, *J Plant Physiol*, 116: 473-476.
- Fogg, G.E., Stewart, W.D.P., Fay, P. ve Walsby, A.E. (1973) *The Blue-green Algae*. Academic Press, London and New York. 450s.
- Franzluebbers, A.J., Langdale, G.W., Schomberg, H.H. (1999) Soil Carbon, Nitrogen and Aggregation in Response to type and Frequency of Tillage, *Soil Sci Soc Am J*, 63: 349–355.
- Fulda, S., Mikkat, S., Huang, F., Huckauf, J., Marin, K., Norling, B., Hagemann, M. (2006) Proteome Analysis of Salt Stress Response in the Cyanobacterium, *Synechocystis* sp. strain PCC 6803, *Proteomics*, 6: 2733-2745.
- Galinski, E.A., Pfeiffer, H.P., Trüper, H.G. (1985) 1,4,5,6-Tetrahydro-2- methyl-4-Pyrimidinecarboxylic Acid. A Novel Cyclic Amino Acid from Halophilic Phototrophic Bacteria of the Genus *Ectothiorhodospira*, *Eur Biochem*, 149: 135–139.
- Galinski, E.A., Truper, H.G. (1994) Microbial Behaviour in Salt Stressed Ecosystems, *FEMS Microbiol Rev*, 15: 95-108.
- Galinski, E.A. (1995) Osmoadaptation in Bacteria, *Adv Microb Physiol*, 37: 272-328.

- Galon, J.R., Cheng, J., Dougherty, L. J., et al. (2000) A Novel Covalent Modification of Nitrogenase in a Cyanobacterium. *FEBS Letters*, 468: 231-233.
- Garcia-Gonzalez M, Sanchez-Maeso E, Quesada A, Fernandez E (1987) Sodium Requirement for Photosynthesis and Nitrate Assimilation in a Mutant of *Nostoc muscorum*, *J Plant Physiol*, 127: 423–429.
- Garten, C.T. Jr., Wulfschleger, S.D. (1999) Soil Carbon Inventories Under a Bioenergy Crop (switchgrass): Measurement limitations, *J Environ Quality*, 28: 1359–1365.
- Ghosh, T.K. ve Saha, K.C. (1993) Effects of Inoculation with N₂ -fixing Cyanobacteria on the Nitrogenase Activity in Soil and Rhizosphere of Wetland rice, *Biol Fert Soil* 16: 16-20.
- Glazer, A.N. (1987) Phycobilisomes. Assembly and Attachment. 69-94. In: Fay, P. and van Bealen, C. (editörler). *The cyanobacteria*, Elsevier Science, Amsterdam. 1231s.
- Gorkovenko, A., Roberts, M.F. (1993) Cyclic 2,3-diphosphoglycerate as a Component of a New Branch in Gluconeogenesis in *Methanobacterium thermoautotrophicum* ΔH, *J Bacteriol*, 175: 4087-4095.
- Goude, R., Renaud, S., Bonnassie S., Bernard, T., Blanco, C. (2004) Glutamine, Glutamate, and α-glucosylglycerate are the Major Osmotic Solutes Accumulated by *Erwinia chrysanthemi* strain 3937, *Appl Environ Microbiol*, 70: 6535-6541.
- Gornall, A.G., Bardawill, C.J. ve David, M.M (1949) Determination of Serum Proteins by Means of the Biuret Reaction, *J Biol Chem*, 177: 751-766.
- Gromov, B.V., Vepritskiy, A.A., Titova, N.N., Namkayeva, K.A. ve Alexandrova, O.V. (1991) Production of the Antibiotic Cyanobacterin LU-1 by *Nostoc linckia* CALU 892 (cyanobacterium), *J Appl Phycol* 3: 55–59.
- Gupta, R., Bhadauriya, P., Singh, S., Singh Bisen, P. (2007) n-Alkanes Variability in the Diazotrophic Cyanobacterium *Anabaena cylindrica* in Response to NaCl stres. *J Microbiol Biotechnol*, 24: 139-141.

- Hader, D.P., Smith, C., Worrest, R.C. ve Kumar, H.D. (1998) Effects on aquatic ecosystems: Environmental Effects of Ozone Depletion, *J Photochem Photobiol B: Biol*, 46: 53–68.
- Hangemann M, ve Erdmann, N. (1997) Environmental stresses. in Rai AK (ed) Cyanobacterial Nitrogen Metabolism and Environmental Biotechnology, *Springer*, Heidelberg/ Narosa Publishing, New Delhi, 156–221.
- Hagemann, M., Effmert, U., Kerstan, T., Schoor, A., Erdmann, N. (2001) Biochemical Characterization of Glucosylglycerol-phosphate Synthase of *Synechocystis* sp. strain PCC 6803: Comparison of Crude, Purified, and Recombinant Enzymes, *Curr Microbiol*, 43: 278-283.
- Harry, J.F., Spiller, H. (1981) Fructose Uptake and Influence on Growth and Nitrogen Fixation by *Anabaena variabilis*, *J Bacteriol*, 147: 227-235.
- Hayashi, K., Hyashi, T. and Kojima, J. (1991) A natural Sulfated Polysaccharide, Calcium Spirulan, Isolated from *Spirulina platensis*: in Vitro and ex vivo Evaluation of Anti-Herpes Simplex virus and Anti-Human Immunodeficiency Virus Activities, *AIDS Res Hum Retrovir* 12: 1463– 1471.
- Herrero, A., Muro-Pastor, A. M. ve Flores, E. (2001) Nitrogen Control in Cyanobacteria, *J Bacteriol*, 183 (2): 411-425.
- Hirata, K., Nakagami, H., Takashina, J., Mahmud, T., Kobayashi, M., In, Y., Ishida, T. ve Miyamoto, K. (1996) Novel Violet Pigment, Nostocine A, an Extracellular Metabolite from the Cyanobacterium *Nostoc spongiaeforme*, *Heterocycles*, 43: 1513–1519.
- Hitzfeld, B., Lampert, C., Späth, N., Mountfort, D., Kaspar, H., Dietrich, D., (2000) Toxin production in Cyanobacterial Mats from Ponds on the McMurdo Ice Shelf, *Antarctica Toxicon*, (38): 1731-1748.
- Hobbie, S.E., Miley, T.A., Weiss, M.S. (2002) Carbon and Nitrogen Cycling in Soils from Acidic and Nonacidic Tundra with Different Glacial Histories in Northern Alaska, *Ecosystems*, 5: 761–774.
- Hoiczky, E. ve Hansel, A. (2000) Cyanobacterial cell walls: News from an Unusual Prokaryotic Envelope, *J Bacteriol*, 182(5): 1191-1199.
- Holm, R.H., Ciurli, S. and Weigel, J.A. 1990. Prog. Inorg. Chem. 38; 1-74.

- Hountin, J.A., Couillard, D., Karam, A. (1997) Soil Carbon, Nitrogen and Phosphorus Contents in Maize Plots After 14 Years of Pig Slurry Applications, *J Agr Sci*, 129: 187–191.
- Hrouzek, P., Lukešová, A., Šimek, M. (2004) Comparison of Light and Dark Nitrogenase Activity in Selected Soil Cyanobacteria, *Folia Microbiol*, 49: 435–440.
- Huang, F., Parmryd, I., Nilsson, F., Persson, A.L., Pakrasi, H.B., Andersson, B. ve Norling, B. (2002) Proteomics of *Synechocystis* sp. Strain PCC 6803. Identification of Plasma Membran Proteins, *Mol Cell Proteomics*, 1: 956-966.
- Huag, F. ve Fulda, S., Hagemann, M., ve Norling, B. (2006) Proteomic Screening of Salt Stres-Induced Changes in Plasma Membranes of *Synechocystis* sp. strain PCC 6803, *Proteomics*, 6: 910-20.
- Ibekwe, A.M., Poss, J.A., Grattan, S.R., Grieve, C.M. ve Suarez, D. (2010) Bacterial Diversity in Cucumber (*Cucumis sativus*) Rhizosphere in Response to Salinity, Soil pH, and Boron, *Soil Biol Biochem* 42: 567-575.
- Iyer, V., Fernandes, T.A. ve Apte S.K. (1994) A Role of Osmotic Stres-Induced Proteins in the Osmotolerance of a Nitrogen-Fixing Cyanobacterium *Anabaena* sp. strain L.31, *J Bacteriol*, 176: 5868:5870.
- Jansson, S. (2000) Biology of Marine Planktonic Cyanobacteia (Blue-Green algae), [http:// www.ng.hik.se/ngred/pr/Bio4.html](http://www.ng.hik.se/ngred/pr/Bio4.html).
- Jeanjean, R., Matthijs, H.C.P., Onana, B., Havaux, M., Joset, F. (1993) Exposure of the Cyanobacterium *Synechocystis* PCC 6803 to Salt Stress Induces Concerted Changes in Respiration and Photosynthesis, *Plant Cell Physiol*, 34: 1073-1079.
- Johnson, J.L., Nyborg, A.C. ve Wilson, P.E., vd. (2000) Analysis of Steady State Fe and MoFe Protein Interactions During Nitrogenase Catalysis. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1543; 24-35.
- Jongsun, K. ve Douglas, C.R. (1994) Nitrogenase and Biological Nitrogen Fixation, *Biochemistry*, 33(2): 389-397.
- Jorge, C.D., Lamosa, P., Santos, H. (2007) α -D-Mannopyranosyl-(1→2)- α -D-glucopyranosyl-(1→2)-glycerate in the Thermophilic Bacterium *Petrotoga miotherma*-Structure, Cellular Content and Function. *FEBS J*, 274: 3120-3127.

- Joset, F., Jeanjean, R., Hagemann, M. (1996) Dynamics of the Response of Cyanobacteria to Salt Stress: Deciphering the Molecular Events, *Physiol Plant*, 96: 738-744.
- Kannaiyan, S. Aruna, S.J. Kumari, S.M.P., ve Hall, D.O. (1997) Immobilized Cyanobacteria as a Fertilizer for Rice Crops, *J Appl Phycol*, 9: 167-174.
- Kaplan, A., Volokita, M., Zenvirth, D., ve Reinhold, L. (1984) An Essential Role for Sodium in the Bicarbonate Transporting System of the Cyanobacterium *Anabaena variabilis*, *FEBS Lett*, 176: 166–168.
- Katterer, T. Andren, O. (2001) The ICBM Family of Analytically Solved Models of Soil Carbon, Nitrogen and microbial Biomass Dynamics Descriptions and Application Examples, *Ecol Model*, 136: 191– 207.
- Kets, E.P., Galinski, E.A., de Wit, M., de Bont, J.A., Heipieper, H.J. (1996) Mannitol, a Novel Bacterial Compatible Solute in *Pseudomonas putida* S12, *J Bacteriol*, 178: 6665-6670.
- Killham, K., Firestone, M.K. (1984) Salt Stress Control of Intracellular Solutes in *Streptomyces indigenus* to Saline Soils, *Appl Environ Microbiol*, 47: 301-306.
- Kitada, M., ve Horikosi, H. (1992) Kinetic Properties of Electrogenic Na/H Antiport in Membrane Vesicles from Alkalophilic *Bacillus sp.* *J Bacteriol*, 174: 5936-5940.
- Klähn, S., Hagemann, M. (2011) Compatible Solute Biosynthesis in Cyanobacteria, *Environ Microbiol*, 13(3): 551–562.
- Ko, R., Smith, L.T., Smith, G.M. (1994) Glycine Betaine Confers Enhanced Osmotolerance and Cryotolerance on *Listeria monocytogenes*, *J Bacteriol*, 176:426–431.
- Kunte, H.J. (2004) Transport and Accumulation of Osmoregulatory Solutes in Bacteria: Characterization of Transport- Systems and Their Regulatory Mechanisms in *Halomonas elongata*, *Marinococcus halophilus*, and *Escherichia coli*. Bonn, Germany: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität. *EOLLS* 11.

- Lai, M.C., ve Gunsalus, R.P. (1992) Glycine Betaine and Potassium Ions are the Compatible Solutes in the Extremely Halophilic Methanogen *Methanohalophilus* strain Z7302, *J Bacteriol*, 174: 7474 -7477.
- Lamosa, P., Gonçalves, L.G., Rodrigues, M.V., Martins, L.O., Raven, N.D., Santos, H. (2006) Occurrence of 1-glycerol-1-myoinositol Phosphate in Hyperthermophiles, *Appl Environ Microbiol*, 72: 6169-6173.
- Lehmacher, A., Vogt, A.B., Hensel, R. (1990) Biosynthesis of Cyclic 2,3-Diphosphoglycerate. Isolation and Characterization of 2-phosphoglycerate Kinase and Cyclic 2,3-diphosphoglycerate Synthetase from *Methanothermobacter* *fervidus*, *FEBS Lett*, 272: 94-98.
- Levitt, J. (1980). Responses of Plant to Environmental Stresses. *Water Radiation, Salt and Other Stresses*, Academic Press, 2. Baskı, Vol.II, New York. 607s.
- Lippert, K., Galinski, E.A. (1992) Enzyme Stabilization by Ectoine-Type Compatible Solutes: Protection Against Heating, Freezing and Drying, *Appl Microbiol Biotechnol*, 37: 61–5.
- Loos, H., Kramer, R., Sahm, H., Sprenger, G.A. (1994) Sorbitol Promotes Growth of *Zymomonas mobilis* in Environments with High Concentrations of Sugar: Evidence for a Physiological Function of Glucose-fructose Oxidoreductase in Osmoprotection, *J Bacteriol*, 176: 7688-7693.
- Lu, C., Torzilo, G., Vonshak, A. (1999) Kinetic Response of Photosystem II Photochemistry in Cyanobacterium *Spirulina platensis* to High Salinity is Characterized by two Distinct phases. Aust, *J Plant Physiol*, 26: 283-292.
- Lu, C. ve Vonshak, A. (1999) Characterization of PS II Photochemistry in Salt-adapted Cells of Cyanobacterium *Spirulina platensis*, *New Phytol*, 141: 231-239.
- Lu, Y.F., Pignatello, J.J. (2002) Demonstration of the “Conditioning Effect” in Soil Organic Matter in Support of a Pore Deformation Mechanism for Sorption Hysteresis, *Environ Sci Technol*, 36: 4553–4561.
- Lunn, J.E. (2002) Evolution of Sucrose Synthesis, *Plant Physiol*, 128: 1490-500.
- Lyra, C., Suomalainen, S., Gugger, M., Vezie, C., Sundman, P., Paulin, L. ve Sivonen, K. (2001) Molecular Characterization of Planktic Cyanobacteria of

Anabaena, *Aphanizomenon*, *Microcystis* and *Planktothrix* genera, *Int J Syst Evol Microbiol*, 51: 513-526.

McLean, M., ve Parkinson, D. (1997) Soil Impacts of the Epigeic Earthworm *Dendrobaena octaedra* on Organic Matter and Microbial Activity in Lodgepole Pine Forest, Can, *J Forest Res*, 27: 1907–1913.

Madigan, M.T., Martinko, J. M. ve Parker, J. (1997) Brock Biology of Microorganisms.4: 13-15 Prentice-Hall Int. Ltd. 8. Baskı, London, 1323s.

Maeso, E.S., Piñas, F.F., Gonzalez, M.G., Valiente, E.F. (1987) Sodium Requirement for Photosynthesis and its Relationship with Dinitrogen Fixation and the External CO₂ Concentration in Cyanobacteria, *Plant Physiol*, 85: 585-587.

Manahan, S.E. (1997). The Nitrogen Cycle. Environmental Science and Technology, *Lewis Publishers*, N.York. 466-468.

Mansour, M.M.F. (2000). Nitrogen Containing Compounds and Adaptation of Plants to Salinity Stress, *Biol Plant*, 43: 491–500.

Marin, K., Kanesaki, Y.U., Los, D.A., vd. (2004) Gene Expression Profiling Reflects Physiological Processes in Salt Acclimation of *Synechocystis* sp. Strain PCC 6803, *Plant Physiol*, 136: 3290–3300.

Marquez, F.J., Sasaki, K., Kakizono, T., Nishio, N., Nagai, S. (1993). Growth Characteristics of *Spirulina platensis* in Mixotrophic and Heterotrophic Conditions, *J Ferment Bioeng*, 76 (5): 408-410.

Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, San Diego. 889s.

Martin, D.D., Ciulla R.A., Roberts M.F. (1999) Osmoadaptation in Archaea, *Appl Environ Microbiol*, 65: 1815-1825.

Martin, C.,ve Johnson, W. (1995) Variation in Radio Carbon Ages of Soil Organic Matter Fractions from Late Quaternary Buried Soils, *Quaternary Res*, 43: 232–237.

- Martins, L.O., Carreto, L.S., da Costa, M.S., Santos, H. (1996) New Compatible Solutes Related to Di-myo-inositol-phosphate in Members of the Order Thermotogales, *J Bacteriol*, 178: 5644-5651.
- Martins, L.O., Huber, R., Huber, H., Stetter, K.O., da Costa, M.S., Santos, H. (1997) Organic Solutes in Hyperthermophilic Archaea, *Appl Environ Microbiol*, 63: 896-902.
- Metting, B. (1990) Microalgae Applications in Agriculture, *Developments in Industrial Microbiology*, 31: 265-270.
- Mevarech, M., Eisenberg, H., Neumann, E. (1977) Malate Dehydrogenase Isolated from Extremely Halophilic Bacteria of the Dead Sea. 1. Purification and molecular characterization, *Biochemistry*, 16: 3781-3785.
- Mikkat, S., Hagemann, M., Schoor, A. (1996) Active Transport of Glucosylglycerol is Involved in Salt Adaptation of the Cyanobacterium *Synechocystis* sp. strain PCC 6803, *Microbiology*, 142: 1725-732.
- Mikkat, S., Galinski, E.A., Berg, G., Minkwitz, A., Schoor, A. (2000) Salt Adaptation in *Pseudomonads*: Characterization of Glucosylglycerol-Synthesizing Isolates from Brackish Coastal Waters and the Rhizosphere, *Syst Appl Microbiol*, 23: 31-40.
- Miller, A.G., Turpin, D.H., Canvin, D.T. (1984) Na⁺ Requirement for Growth, Photosynthesis, and pH Regulation in the Alkalotolerant Cyanobacterium *Synechococcus leopoliensis*, *J Bacteriol*, 159: 100-106.
- Moore, R.E., Patterson, G.M.L. ve Carmichael, W.W. (1988) New Pharmaceuticals from Cultures Blue-Green Algae. In: *Biomedical Importance of Marine Organism*, Fauntin, D.G. (Editör), Memoires Californian Academy of Science, San Francisco, *Californian Academy of Science*, 13: 143-150.
- Munns, R. (2002). Salinity, Growth and Phytohormones. Chapter 13, pp.305. In: A Salinity: Environment – Plants – Molecules, Lauchli ve U. Luttge (Editör) Secaucus, NJ, USA: *Kluwer Academic Publishers*, s: 271-290.
- Murakami, N., Orimoto, T., Lamura, H., Ueda, T., Nagai, S.I., Sakakibara, J. ve Yamada, N. (1991) Studies on Glycolipids. 3. Glycerpglycolipids from an Axenically Cultured Cyanobacterium *Phormidium tenue*, *Chem Pharm Bull Tokyo*, 39: 2277–2281.

- Neilson, A.H. ve Lewin, R.A., (1974) The Uptake and Utilization of Organic Carbon by Algae; an Essay in Comparative Biochemistry, *Phycologia*, 13: 227–264.
- Neuer, G. and Bothe, H. 1985. Electron Donation to Nitrogenase in Heterocysts of Cyanobacteria, *Arch Microbio*, 143; 185-191.
- Niels, D.P., Morales, J. and Persoone, G. (1984) Mass Culture of Microalgae in Aquaculture Systems: Progress and Constraints, *Hydrobiologia*, 116/117: 121-134.
- Nirianne, M.Q., Milagrosa R.M. ve Sammy, B. (1990) Mass Cultivation of the Nitrogen-Fixing Cyanobacterium *Gloeotrichia natans* Indigenous to Rice fields, *J App Phycol*, 2: 319-325.
- Nunes, O.C., Manaia, C.M., da Costa, M.S., Santos, H. (1995) Compatible Solutes in the Thermophilic Bacteria *Rhodothermus marinus* and *Thermus thermophilus*, *Appl Environ Microbiol*, 61: 2351-2357.
- Quilchano, C., Egido, J.A., Gonzalez, M.I. (1995) Comparative Soil Study in a Mediterranean Ecosystem of *Quercus pyrenaica* (Willd), *Geomicrobiol J*, 13: 165–279.
- Ohto, P, Ishida, C., Nakane, H., Muramatsu, M., Nishino, T. ve Obata, S. (1999) A Thermophilic Cyanobacterium *Synechococcus elongatus* has Three Different Class I Prenyltransferase Genes, *Plant Mol Biol*, 40: 1573–1628.
- Oren, A. (1991) In: Balows, A., Trüper, H.G., Dworkin, M., Harder, W., Schleifer, K.H. (Editörler) *The Prokaryotes*, 2. Baskı, Springer Verlag, New York, 1893s.
- Ökmen (Kurucuoğlu) G. 2005. *Çeltik Alanlarından İzole Edilen Siyanobakterilerin Nitrojenaz Aktivitesine Çevresel Faktörlerin Etkisi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 69s.
- Ökmen G. ve Dönmez G. (2007) Işık şiddetlerinin Çeltik Alanlarından İzole Edilen Siyanobakterilerde Üremeye ve Nitrojenaz Aktivitesine Etkisi, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 37(1): 5-10.
- Ökmen, G., Dönmez, G., Dönmez, S. (2007) Influence of Osmotic and Metal Stresses on Nitrogenase Activity of Cyanobacteria Isolated from Paddy Fields, *Afr J Biotechnol*, 6 (15): 1828-1832.

- Pa, R. ve Watanabe, I. (1986) Technologies for Utilizing Biological Nitrogen Fixation in Wetland Rice, *Fertilizer Research*, 9: 39-77.
- Paerl, H.W. (1990) Physiological Ecology and Regulation of N₂ Fixation in Natural Waters. *Advances in Microbial Ecology*, Plenum Press. N.York and London, 11: 305-344.
- Pandey J.P. ve Tiwari A. (2010) Optimization of Biomass Production of *Spirulina maxima*, *J Algal Biomass Utiln*, 1 (2): 20-32.
- Parker, B.C., Bold, H.C.ve Deason, T.R. (1961) Facultative Heterotrophy in Some *Chlorococcacean* Algae, *Science*, 133:761-763.
- Paschinger, H. (1977) DCCD Induced Sodium Uptake by *Anacystis nidulans*, *Arch Microbiol*, 113: 285-291.
- Patterson, G.M.L. ve Carmeli, S. (1992) Biological Effects of Tolytoxin (6-hydroxy-7-O methylscytophin b), a Potent Bioactive Metabolite from Cyanobacteria, *Arch Microbiol*, 157: 406-410.
- Perez-Fillol, M. ve Rodriguez-Valera, F. (1986) Potassium Ion Accumulation in Cells of Different Halobacteria, *Microbiologia* (Madrid), 2: 73-80.
- Pflüger, K., Baumann, S., Gottschalk, G., Lin, W., Santos, H., Müller, V. (2003) Lysine-2,3 Aminomutase and β -lysine Acetyltransferase Genes of Methanogenic Archaea are Salt Induced and are Essential for the Biosynthesis of N-acetyl- β -lysine and Growth at High Salinity, *Appl Environ Microbiol*, 69: 6047-55.
- Piechula, S., Waleron, K., S'wiatek, W., Biedrzycka, I. ve Podhajska, A.J. 2001. Mesophilic Cyanobacteria Producing Thermophilic Restriction Endonucleases, *FEMS Microb Letter*, 198: 135-140.
- Plavsic, M., Terzic, S., Ahel, M. ve Van den Berg, C.M.G. (2004) Folic Acid in Coastal Waters of the Adriatic Sea, *Mar Freshw Res*, 53: 1245-1252.
- Porchia, A.C., Salerno, G.L. (1996) Sucrose biosynthesis in a Prokaryotic Organism: Presence of Two Sucrose-phosphate Synthases in *Anabaena* with Remarkable Differences Compared with the Plant Enzymes, *Proc Natl Acad Sci, USA* 93: 13600-13604.

- Porra, R.J., Thompson, W.A. ve Kriedemann, P.E.(1989) Determination of Accurate Extinction Coefficients and Simultaneous Equations for Assaying Chlorophylls a and b Extracted with Four Different Solvents: Verification of the Concentration of Chlorophyll Standards by Atomic Absorption Spectroscopy, *Biochimica et Biophysica Acta*, 975; 384-394.
- Postgate, J. (1989) Trends and Perspectives in Nitrogen Fixation. Research, *Advance in Microbial Physiology*, 30: 1-21.
- Prasanna, R., Pabby, A., Singh, P.K. (2004) Effect of Glucose and Light/dark Environment on Pigmentation Profiles in *Calothrix elenkenii*, *Folia Microbiol*, 49: 26–30.
- Purves, W. K., Orians, G.H., Heller, H.C. ve Sadava, D. (1997) *Life: The Science of Biology*, 5. Baskı Volume -I, Sinauer Assoc., Inc, USA, 234s.
- Rai, M.K. (2006) *Handbook of Microbial Biofertilizers*. Haworth Press, New York. 543s.
- Rajeev, K.J. ve Xu, Z. (2004) Biomedical Compounds from Marine Organisms, *Mar Drugs*, 2: 123–146.
- Ravishankar, R. (2000) *Effect of Cyanobacterial Extract on the Growth and Yield of Black Gram (Vigna munga Ta Variety)*. Master of Science thesis, Bharathidasan University, Tiruchirappalli, 103s.
- Reed, R.H. ve Stewart, W.D.P. (1985a) Osmotic Adjustment and Organic Solute Accumulation in Unicellular Cyanobacteria from Freshwater and Marine Habitats, *Mar Biol* (Berlin), 88: 1–9.
- Reed, R.H. ve Stewart, W.D.P. (1985b) Evidence for Turgor Sensitive K⁺ influx in Cyanobacteria *Anabaena variabilis* ATCC 29413 and *Synechocystis* PCC 6714, *Biochim Biophys Acta*, 812: 155-162.
- Reed, R.H., Borovitzka, L.J., Mackay, M.A., et al. (1986) Organic Solute Accumulation in Osmotically Stressed Cyanobacteria, *FEMS Microbiol Rev*, 39: 51–56.
- Reed, R.H., Richardson, D. L. ve Stewart, W.D.P. (1985) Na⁺ Uptake and Extrusion in the Cyanobacterium *Synechocystis* PCC 6714 in Response to Hypersaline

Treatment. Evidence for Transient Changes in Plasmalemma Na⁺ Permeability, *Biochim Biophys Acta*, 814: 347-355.

Reed, R.H., Stewart, W.D.P. (1988) The Responses of Cyanobacteria to Salt Stress, pp: 217–231, *Biochemistry of the Algae and Cyanobacteria* L.J. Rogers, J.R. Gallon (Editörler), Clarendon Press, Oxford, 643s.

Reshef, V., Mizrachi, E., Maretzki, T., Silberstein, C., Loya, S., Hizi, A. ve Carmeli, S. (1997) New Acetylated Known Glycolipids from Cyanobacteria with Potential to Inhibit the Reverse Transcriptase of HIV-1, *J Nat Prod*, 60: 1251–1260.

Rippka, R. (1988) Isolation and Putrifaction of Cyanobacteria. In: Parker L. and Glazer A.N. (editörler). *Methods of Enzymology* 167, Academic Pres, San Diego, pp 3-27.

Roberts, M.F., Lai, M.C., Gunsalus, R.P. (1992) Biosynthetic Pathways of the Osmolytes Nε-acetyl-β-lysine, β-glutamine, and Betaine in *Methanohalophilus* strain FDF1 Suggested by Nuclear Magnetic Resonance Analyses, *J Bacteriol*, 174: 6688-6693.

Roberts MF. 2005. Organic Compatible Solutes of Halotolerant and Halophilic microorganisms. *In Saline Systems*,. 1 (5): 1186/1746-1448.

Robertson, D.E., Roberts, M.F., Belay, N., Stetter, K.O., Boone, D.R. (1990) Occurrence of β-glutamate, a Novel Osmolyte, in marine Methanogenic Bacteria, *Appl Environ Microbiol*, 56: 1504-1508.

Robertson, J.G., Lyttleton, P. (1984) Division of Peribacteriod Membranes in Root Nodules of White Clover, *J Cell Sci*, 69: 147–157.

Roder, A., Hoffmann, E., Hagemann, M., Berg, G. (2005) Synthesis of the Compatible Solutes Glucosylglycerol and Trehalose by Salt-stressed Cells of *Stenotrophomonas* Strains, *FEMS Microbiol Lett*, 243: 219-226.

Roger, P.A. ve Kulasoorya, S.A. (1980) Blue-green Algae and Rice. International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philipines.112s.

Ruark, G.A., Zarnoch, S.J. (1992) Soil Carbon, Nitrogen and fine Root Biomass Sampling in a Pine Stand, *Soil Sci Soc Am J*, 56: 1945–1950.

- Rudi, K., Skulberg, O.M., Skulberg, R. ve Jakobsen, K.S. (2000) Application of sequence-specific labeled 16S rRNA Gene Oligonucleotide Probes for Genetic Profiling of Cyanobacterial Abundance and Diversity by Array Hybridization, *Appl Environ Microbiol*, 66(9): 4004-4011.
- Sanchez-Maeso, E., Fernandez-pinas, F., Garcia-Gonzalez, M., Fernandez-Valiente, E. (1987) Sodium Requirement for Photosynthesis and Its Relationship with Dinitrogen Fixation and External CO₂ Concentration in Cyanobacteria, *Plant Physiol*, 85: 585–587.
- Santos, H., da Costa, M.S. (2002) Compatible Solutes of Organisms that Live in Hot Saline Environments, *Environ Microbiol*, 4:501-509.
- Santos, H., Lamosa, P., Borges, N., Faria, T.Q., Neves, C. (2007) The Physiological Role, Biosynthesis and Mode of Action of Compatible Solutes from (hyper)thermophiles, In: Gerday C, Glandorff N (editörler) *Physiol biochem extremophil*, ASM Press, Washington DC ,86-103.
- Sato, M., Masuda, Y., Kirimura, K. ve Kino, K. (2007) Thermostable ATP Regeneration System Using Polyphosphate Kinase from *Thermosynechococcus elongatus* BP-1 for d-amino Acid Dipeptide Synthesis, *J Biosci Bioeng*, 103: 179–184.
- Saum, S.H., Sydow, J.F., Palm, P., Pfeiffer, F., Oesterhelt, D., Müller, V. (2006) Biochemical and Molecular Characterization of the Biosynthesis of Glutamine and Glutamate, Two Major Compatible Solutes in the Moderately Halophilic Bacterium *Halobacillus halophilus*, *J Bacteriol*, 188: 6808-6815.
- Saum, S.H., Müller, V. (2008) Growth Phase-Dependent Switch in Osmolyte Strategy in a Moderate Halophile: Ectoine is a Minor Osmolyte but Major Stationary Phase Solute in *Halobacillus halophilus*, *Environ Microbiol*, 10:716-726.
- Schimel, J.P.; Balser, T.C. ve Wallenstein, M. (2007) Microbial Stress Response Physiology and Its Implications for Ecosystem Function, *Ecology*, 88: 1386-1394.
- Scholz, S., Sonnenbichler, J., Schäfer, W., Hensel, R. (1992) Di-myo-inositol-1,1'-Phosphate: a New Inositol Phosphate Isolated from *Pyrococcus woesei*, *FEBS Lett*, 306: 239-242.

- Schubert, H., Fulda, S., Hagemann, M. (1993) Effects of Adaptation to Different Salt Concentrations on Photosynthesis and Pigmentation of the Cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803, *J Plant Physiol*, 142: 291-295.
- Schubert, H., ve Hagemann, M. (1990) Salt Effects on 77K Fluorescence and Photosynthesis in the Cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803, *FEMS Microbiol Lett*, 71: 169-172.
- Selwin, P.T. ve Shanmugasundaram, S. (1991) Osmoregulatory Role of Alanine During Salt Stress in the Nitrogen Fixing Cyanobacterium *Anabaena* sp. 287, *Biochemistry International*, 23 -1; 93-102.
- Shanleyraj, S. ve Anand, N. (2006) Responses of Four Strains of Cyanobacteria to Salinity Stres, *Seaweed Res Utiln*, 28(1): 127-138.
- Sharma, A.R. ve Mitra, B.N. (1988) Effect of Green Manuring and Mineral Fertilizer on Growth and Yield of Crops in Rice-based Cropping on Acid Lateritic Soil. *JAgricul Sci*, Cambridge, 110: 605-608.
- Shima, S., Herault, D.A., Berkessel, A., Thauer, R.K. (1998) Activation and Thermostabilization Effects of Cyclic 2,3-diphosphoglycerate on Enzymes from the Hyperthermophilic *Methanopyrus kandleri*, *Arch Microbiol*, 170: 469-472.
- Shukla, B.ve L.C. Rai. (2006) Potassium-induced Inhibition of Photosynthesis and Associated Electron Transport Chain of *Microcystis*: Implication for controlling cyanobacterial blooms, *Harmful Algae*, 5: 184–191.
- Silva, Z., Borges, N., Martins, L.O., Wait, R., da Costa, M.S., Santos, H. (1999) Combined effect of the Growth Temperature and Salinity of the Medium on the Accumulation of Compatible Solutes by *Rhodothermus marinus* and *Rhodothermus obamensis*, *Extremophiles*, 3:163-172.
- Silva, Z., Alarico, S., Nobre, A., Horlacher R., Marugg, J., Boos, W., Mingote, AI., da Costa , M.S. (2003) Osmotic Adaptation of *Thermus thermophilus* RQ-1: A Lesson from A Mutant Deficient in the Synthesis of Trehalose, *J Bacterio*, 185: 5943-5952.
- Singh, R.N. (1950) Reclamation of Usar Lands in India Through Blue-green Algae. *Nature* (London), 165: 325-326.

- Sinha, R.P. ve Häder, D.P. (1996) Response of a Rice Field Cyanobacterium *Anabaena sp.* to Physiological Stressors, *Environ Exp Bot*, 36: 147–155.
- Skulberg, O.M., Carmichael, W.W., Codd, G.A., Skulberg, R., (1993) Taxonomy of Toxic Cyanophyceae (Cyanobacteria). Norwegian Institute for *Water Research* 4: 145-163.
- Smith, A. J. (1982) Modes of Cyanobacterial Carbon Metabolism. In N. G. Carr and B. A. Whitton (editörler), *The biology of cyanobacteria*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. , p: 47-85.
- Spaccini, R., Piccolo, A., Mbagwu, J.S.C. , Teshale, A.Z., Igwe, C.A. (2002) Influence of the Addition of Organic Residues on Carbohydrate Content and Structural Stability of Some Highland Soils in Ethiopia, *Soil Use Manage*, 18: 404–411.
- Stainer, Y. (1973) Autotrophy and Heterotrophy İn Unicellular Blue Green Algae, in N.G. Carr, B.A. Whitton (Editörler): *Biology of the Blue-Green Algae*. Blackwell Scientific, Oxford (UK). pp: 501–518.
- Stainer, R.Y. ve Cohen-Bazire, C.G. (1977) Phototrophic Prokaryotes: The Cyanobacteria, *Ann Rev Microbiol*, 31: 225-274.
- Stewart, W.D.P. (1973) Nitrogen Fixation by Photosynthetic Microorganisms. *Ann Rev Microbiol*, 27: 283-316.
- Subramanian, G., Kaushik, B.D. ve Venkatraman, G.S. (1998) *Cyanobacterial Biotechnology*, USA, *Science Pub.* 372s.
- Tamer, A.Ü., Şahin, N., İpek, I. ve Kalmış, E. (1994) Ekosistemdeki Azot Devrinde Mikroorganizmaların Yeri. Celal Bayar Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Manisa, vol: 11.
- Tester, M. ve Davenport, R. (2003) Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants, *Ann Bot*, 91: 503–507.
- Tel-Or, E. ve Melhamed-Harel, H. (1981) Adaptation to Salt of Photosynthetic Apparatus in Cyanobacteria. *FEBS Letters*, 110 (2): 253-256.

- Thiel, T. ve Pratte, B. (2001) Effect on Heterocyst Differentiation of Nitrogen Fixation in Vegetative Cells of the Cyanobacterium *Anabaena variabilis*, *J Bacteriol*, 183 (1): 280-286.
- Thomas, J. ve Apte, S.K. (1984) Sodium Requirement and Metabolism in Nitrogen-Fixing Cyanobacteria, *J Biosci*, 6: 771- 794.
- Tisdale, J.M., Oades, J.M., (1982) Organic Matter and Water-stable Aggregates in soils, *J Soil Sci*, 33: 141–163.
- Unat, E. K. (1985) Temel Mikrobiyoloji. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş. İstanbul.
- Ventosa, A., Marquez, M.C., Garabito, M.J., Arahal, D.R. (1998) Moderately Halophilic Gram-positive Bacterial Diversity in Hypersaline Environments, *Extremophiles*, 2: 297-304.
- Vessey, J.K., Pawlowski, K. ve Bergman, B. (2005) Root-based N₂-fixing Symbioses: Legumens, Actinorhizal Plants, *Parasponia sp.* and cycads, *Plant soil*, 266: 205-230.
- Vignais, P.M. vd. (1985) Biochemistry of Nitrogenase, *Advances in Microbial Physiology*, 26: 190-234.
- Vonshak, A., Guy, R., Guy, M. (1988) The response of the Filamentous Cyanobacterium *Spirulina platensis* to Salt Stress, *Arch Microbiol*, 150: 417-420.
- Vonshak, A., Chanawongse, L., Bunnag, B., Tanticharoen, M. (1995) Physiological Characterization of *Spirulina platensis* Isolates: Response to Light and Salinity, *Plant Physiol*, 14: 161-166.
- Vonshak A, Aksa N, Bunnag B, Tanticharoen M (1996) Role of Light and Photosynthesis on the Acclimation Process of the Cyanobacterium *Spirulina platensis* to Salinity Stress, *J Appl Phycol*, 8: 119–124.
- Vreeland, R.H. (1987) Mechanisms of Halotolerant in Microorganisms, *Crit Rev. Microbiol*, 14: 311-356.

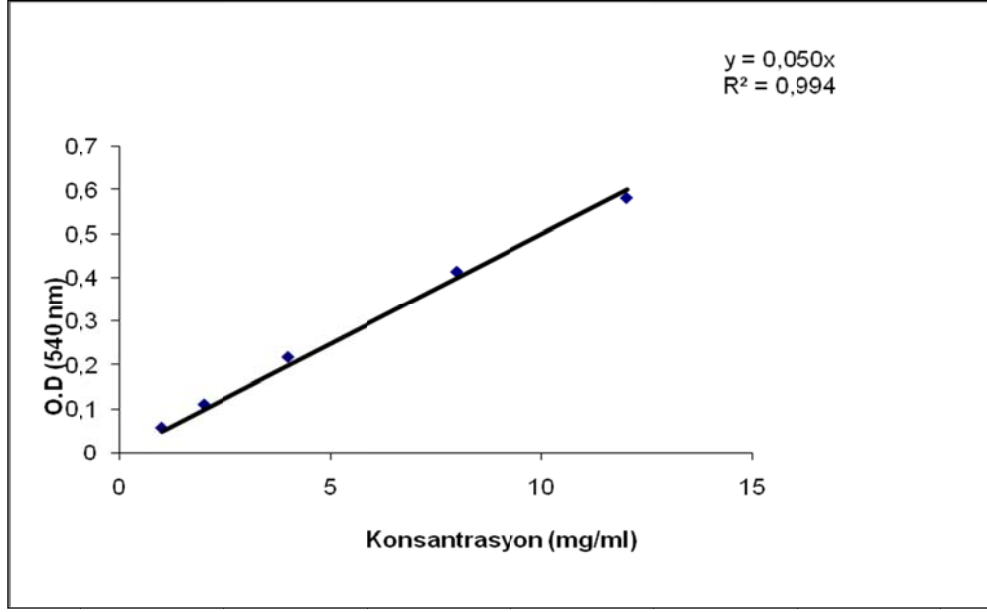
- Walsby, A.E. (1987) Mechanisms of Buoyancy Regulation by Planktonic Cyanobacteria with Gas Vesicles. In: P. Fay and C. Van Baalen (editörler) *The Cyanobacteria*, Elsevier, Amsterdam, 377-414.
- Walsby, A.E., Yacobi, Y.Z., Zohary, T. (2003) Annual Changes in the Mixed Depth and Critical Depth for Photosynthesis by *Aphanizomenon ovalisporum* that Allow Growth of the Cyanobacterium in Lake Kinneret, *Israel Journal of Plankton*, 25(6): 608-613.
- Warr, S.R.C., Reed, R.H. ve Stewart, W.D.P. (1984) Physiological Responses of *Nodularia harveyana* to Osmotic Stress, *Marine Biology*, 79: 21-26.
- Warr, S.R.C., Reed, R.H., ve Stewart, W.D.P. (1985) Carbohydrate Accumulation in Osmotically Stressed Cyanobacteria (Blue-Green Algae): Interactions of Temperature and Salinity, *New Phytol*, 100: 285-292.
- Welsh, D.T. (2000) Ecological Significance of Compatible Solute Accumulation by Microorganisms: from Single Cells to Global Climate, *FEMS Microbiology Reviews*, 24: 263-290.
- Whitton, B.A. (1992) Diversity, Ecology and Taxonomy of Cyanobacteria. In: Mann, N.H. and Carr, N.G. (editörler). *Photosynthetic Prokaryotes*, Plenum Press, New York, pp 1-37.
- Whitton, B.A. ve Potts, M. (2000) Introduction to Cyanobacteria. In: Whitton, B.A. (editör) *The Ecology of Cyanobacteria*: 1-12. Their Diversity in Time and Space, Kluwer Academic, Hingham, 132s.
- Wohlfarth, A., Severin, J., Galinski, E.A. (1993) Identification of N-acetylornithine as a Novel Osmolyte in Some Gram-positive Halophilic Eubacteria, *Appl Microbiol Biotechnol*, 39: 568-573.
- Yopp, J.H., Miller, D.M. ve Tindall, D.R. (1978) Regulation of Intracellular Water Potential in the Halophilic Blue-Green Alga *Aphanothece halophytica*. In S. R. Caplan and M. Ginsburg (editörler), *Energetics and Structure of Halophilic Microorganisms*. Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, pp: 619-624.
- Yuan, B.C., Li, Z.Z., Liu, H., Gao, M. ve Zhang, Y.Y. (2007) Microbial Biomass and Activity in Salt Affected Soils Under Arid Conditions, *Applied Soil Eco*, 35: 319-328.

Zeng, M.T., Vonshak, A.(1998) Adaptation of *Spirulina platensis* to Salinity Stress, *Comp Biochem Physiol*, 120: 113-118.

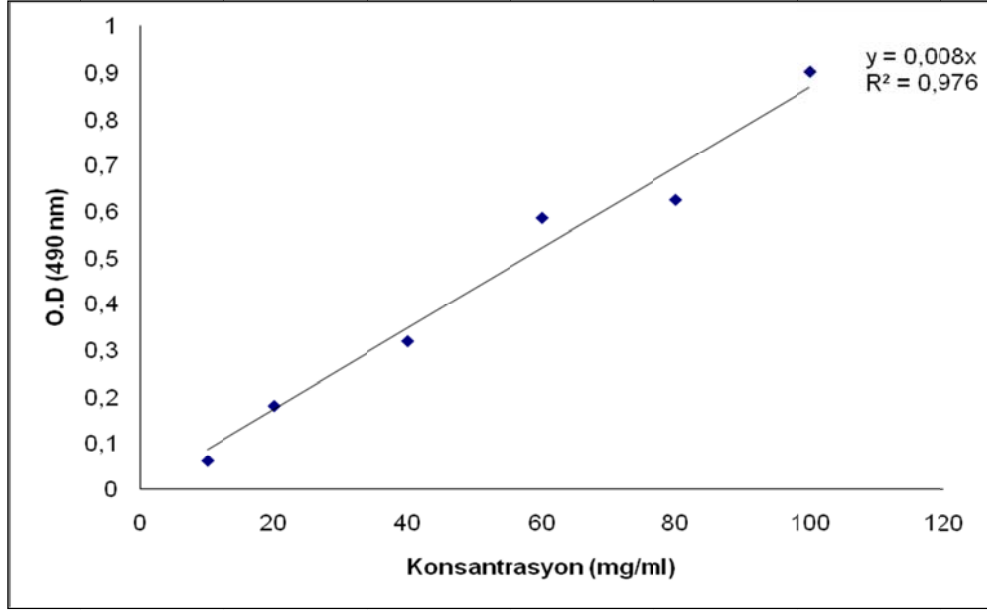
Zhao, J., ve Brand, J.J. (1988) Sequential Effects of Sodium Depletion on Photosystem II in *Synechocystis*, *Arch Biochem Biophys*, 264: 657–664.

Zuberer, D.A. (1998) Biological Dinitrogen Fixation. *Principles and Applications of Soil Microbiology*, Prentice-Hall, Inc, 295-321.

Ek A. BSA Standart Eğrisi



Ek B. Glukoz Standart Eğrisi



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Salih GÜLBENZER

Uyruk : T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi: 11/07/1986

Medeni Hali : Bekar

Telefon : 534 542 41 47

E-posta : salihgulbenzer@gmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Yalova Fatih Sultan Mehmet Lisesi	2004
Lisans	Muğla Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	Muğla Üniversitesi	2012

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce, vs)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma		X	
Anlama		X	
Okuma		X	

Yayınlar

Gülbenzer, S. ve Ökmen G. (2012) Ozmotik Koruyucular ve Mikroorganizmalar, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (1): 29-40.

Gülbenzer, S. ve Ökmen G. Çeltik Alanlarından İzole Edilen Siyanobakterilerin Bazı Metabolik Aktivitelerine Tuz ve Ozmotik Streslerin Etkisi. Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi. 2011-2012. (**BAP no-2011-56**)