

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

## Düz panel reaktör sistemde *Porphyridium purpureum*'un dışarı kültürü ve polisakkarit eldesi

### Outdoor culture and polysaccharide extraction of *Porphyridium purpureum* in flat panel reactor system

Leyla Uslu<sup>1\*</sup>  • Oya Işık<sup>1</sup>  • Burcu Ak<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Deniz Biyolojisi ABD. 01330 Sarıçam-Balcalı, Adana, Turkey

\* Corresponding author: [hizarcil@cu.edu.tr](mailto:hizarcil@cu.edu.tr)

Received date: 22.02.2018

Accepted date: 04.05.2018

#### How to cite this paper:

Uslu, L., Işık, O. & Ak, B. (2018). Outdoor culture and polysaccharide extraction of *Porphyridium purpureum* in flat panel reactor system. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 289-294. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.08

**Öz:** Çalışmada *Porphyridium purpureum* türü dışarı ortamda farklı ışık yolu uzunluğuna (3, 5, 7 cm) sahip düz panel fotobiyoreaktör sistemlerinde kültüre alınmıştır. Lipid, protein, biyomas ve polisakkarit miktarları belirlenmiştir. *Porphyridium purpureum* türü için en yüksek polisakkarit miktarı (0,48 gL<sup>-1</sup>), 1,316 gL<sup>-1</sup> biyomas ve %29,7 protein içeriği ile 3 cm ışık yolu uzunluğuna sahip düz panel fotobiyoreaktör sistemde belirlenmiştir. En düşük polisakkarit miktarı 0,31 gL<sup>-1</sup> ve en yüksek protein %32,3 ile 7 cm ışık yoluna sahip fotobiyoreaktör sistemde belirlenmiştir. Sonuç olarak, *Porphyridium purpureum* türünün Çukurova (Adana, Türkiye) koşullarında üretimi, panel sistemlerde başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. En iyi büyüme 3 cm ışık yoluna sahip panel fotobiyoreaktörde elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Porphyridium purpureum*, ışık yolu, polisakkarit, fotobiyoreaktör sistem

**Abstract:** In this study, *Porphyridium purpureum* was cultured in a flat panel photobioreactor systems, with different light path (3, 5 and 7 cm). Lipid, protein, biomass and polysaccharide rate were determined. The highest polysaccharide content (0.48 gL<sup>-1</sup>) for *Porphyridium purpureum* in the study was obtained from the culture with 1.316 gL<sup>-1</sup> biomass rate, 29.7% protein it the panel PBR system with 3 cm light path. The lowest polysaccharide content and highest protein were found as 0.31 gL<sup>-1</sup>, 32.3% respectively, at it the panel PBR system with 7 cm light path. Consequently, *Porphyridium purpureum* cultured successfully completed in flat panel photobioreactor system at Cukurova Conditions (Adana, Turkey). The best growth was obtained from 3 cm light path photobioreactor system.

**Keywords:** *Porphyridium purpureum*, light path, polysaccharide, photobioreactor system

## GİRİŞ

Son yıllarda mikroalgal biyoteknolojiye giderek artan ilgi, bazı mikroalg türlerinin hücre içinde yüksek miktarda biriktirmiş olduğu metabolitlerden kaynaklanmaktadır. Algler hücre içinde biriktirdikleri protein, vitamin, yağ asitleri, karbohidrat, mineral ve pigmentler, hidrokarbonlar, polisakkaritler, antibiyotikler ve daha birçok metabolitleri nedeniyle insanlar tarafından başlıca besin desteği olmak üzere değişik amaçlarla kullanılmaktadırlar. Bu nedenle II. Dünya savaşından itibaren Amerika, Japonya, İngiltere, Almanya ve Norveç gibi gelişmiş ülkelerde mikroalglerin besinsel zenginliklerinden yararlanılmaktadır (Becker, 1994).

1970'li yıllarda değişik enerji kaynakları arayışı ile birlikte güneş enerjisi dünyanın ilgisini üzerinde toplamıştır. Algler, güneş enerjisini en etkin kullanan canlı sistemlerdir ve bu nedenle farklı mikroalg türlerinin besin bileşenlerinin incelenmesi amacıyla mikroalg üretim teknolojisine ilgi giderek artmaktadır.

Temel fitoplankton gruplarından alınan örnek türlerin kültürleri yapılarak, büyümeleri üzerine farklı fiziksel ve kimyasal faktörlerin etkilerinin saptanması, bu grupların doğal popülasyonlarının büyümeleri için gerekli olan sıcaklık, CO<sub>2</sub> düzeyi, besin kaynağının kalitesi ve düzeyi, ışığın yoğunluk ve süresi gibi kritik faktörlerin saptanması açısından da önemlidir (Cirik ve Gökpınar, 1999). Gerek doğal ortamda yaşamlarını sürdüren gerekse laboratuvar koşullarında kültürleri yapılan denizel ve tatlı su alglerinin ekonomideki önemi büyüktür. Bu önem alglerin çeşitli alanlarda kullanılmasından ileri gelmektedir. Besin kaynağı olarak değerlendirilmelerinin yanı sıra, atık su arıtımı ve tarım alanında da kullanılmaktadır. Diğer taraftan canlı kütleden bazı kimyasal maddelerin (metan gazı, antibiyotik, karragen, agar) üretiminde de yararlanılabilmektedir (Goldman, 1979).

Akuakültür çalışmalarında ve tek hücre proteini (SCP) elde etme amacına yönelik tüm alg kültür çalışmalarında temel

amaç, fotosentez işleminde inorganik maddenin organik maddeye dönüşümündeki verimliliği en yüksek seviyeye ulaştırmaktır. Algal biyoteknolojideki gelişmelere rağmen mikroalg türlerinin kültürlerinde çeşitli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Mikroalg kültürlerinde canlı kütlelerin biyokimyasal kompozisyonu, çevresel faktörler, besin ortamı, sıcaklık, tuzluluk, pH, ışık gibi büyüme koşullarına bağlıdır (Sukenik, 1991).

*Porphyridium purpureum* (Rhodophyta), tek hücreli veya müsilajlı, düzensiz koloniler halinde birleşmiş halde bulunabilir (Vonshak, 1988). Hücreler yüksek düzeyde sülfatlı şekerleri üretirler (Singh vd., 2000; Vonshak, 1988). Şekerler özellikle büyümenin durgunluk fazında ve azotun sınırlı olduğu ortamda daha yüksek miktarda üretilmektedir (Ramus ve Groves, 1972). Zengin bir polisakkarit kaynağı olarak *Porphyridium purpureum*'un ticari potansiyeline ilk olarak Golueke ve Oswald (1962) tarafından değinilmiş, ancak o yıllarda algin yığın kültürü üzerinde çalışmalar olmadığından değerlendirilmemiştir. Son yıllarda *Porphyridium purpureum*'un dışarıda tubular fotobiyoreaktörlerde, açık havuzlarda, polietilen ince borularda üretim denemeleri yapılmaktadır (Reboloso Fuentes vd., 1999; Cohen vd., 1988; Singh vd., 2000). *Porphyridium purpureum* çok doymamış yağ asitlerinden (PUFA), EPA (eicosapentaenoic asit, 20:5w3) ve ARA (arachidonic asit, 20:4w6) bakımından zengindir (Vonshak, 1988). EPA son zamanlarda kalp hastalıklarında ve yüksek kolesterol tedavisinde, kandaki kolesterolü düşürmede, romatizma riskinin azaltılmasında kullanılmaktadır (Dyerberg, 1986; Simopoulos, 1991). Ayrıca EPA ve ARA gibi bazı çok doymamış yağ asitleri insan vücudunda prostaglandinlerin precursor'udur ve prostaglandinler yağ metabolizması, kalp atış hızı, kan basıncı üzerinde etkin olduğu bulunmuştur. Astım, romatid artrit gibi alevlenme dönemleri olan ateşli hastalıkların tedavisinde, peptik ülserlerde, yüksek tansiyonun kontrolünde, kan basıncı ve yağ metabolizmasının düzenlenmesinde etkilidir. GLA (gammalinoleic asit, 18:3w6) bazı deri hastalıklarının, diabetin ve üreme bozukluklarının önlenmesinde rol oynadığı saptanmıştır (Gunstone, 1992; Horrobin, 1992). ARA ve DHA (decaheksanoic asit, 22:6w3)'nın sinir sisteminin gelişimini desteklediği (Innis, 1991; Nettleton, 1993; Singh ve Chandra, 1988) ve buna ek olarak retina gelişimi ile ilişkisi rapor edildi (Brown vd., 1997). Çeşitli sağlık kuruluşları (FDA), bebek gelişimi üzerinde olumlu etkileri nedeniyle bebek maması formüllerini DHA ve ARA ile güçlendirilmesini tavsiye etmektedirler (Gill ve Valivety, 1997). Mikroalgal hücre metabolitleri daha çok dinlenme fazında üretilmektedir (Schlegel, 2007). Bu metabolitler organik asitler, karbohidrat, aminoasit, pestisit, vitamin, organik madde, antibiyotik, enzim ve toksik bileşenlerdir. *P. cruentum*'un kuru ağırlığının yaklaşık %28-39'unu protein, %40-57'sini karbohidrat ve %9-14'ünü de lipid oluşturur. Ayrıca tokoferol, K vitamini ve büyük miktarda da karotenoid içermektedir (Becker, 1994). Hücrelerin karakteristik kırmızı rengi, içermiş oldukları fikoeritrinden kaynaklanmaktadır (Gantt, 1981). Sınırlayıcı koşullar altında kültür viskoz bir yapı alır ve polisakkarit üretmeye başlar (Ramus vd., 1989).

Bu çalışmada farklı ışık yollarına sahip düz panel sistemlerde *Porphyridium purpureum* türünün kültürü denenecek ve en yüksek biyomas, polisakkarit ve yağ içeriği belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Denemede kullanılan tür *Porphyridiophyceae* sınıfına ait, *Porphyridium purpureum* türüdür. Tür Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinden temin edilmiştir. *Porphyridium purpureum*, denizlerde bulunan tek hücreli kırmızı alglerdendir. 4-9µm çapında küresel hücrelere sahip olan *Porphyridium purpureum*'da hücre duvarı yoktur. Hücreler tek başına ya da yığın bir şekilde düzensiz koloniler oluşturarak müsilaj bir kılıfın içinde bulunurlar (Vonshak, 1988).

Denemede, denizel tür olan *Porphyridium purpureum* türü için F/2 (Guillard, 1973) kültür ortamı kullanılmıştır. Kültür ortamının içeriği (Tablo 1 ve Tablo 2)'de verilmiştir. Denemede kullanılan deniz suyunun tuzluluğu salinometre (Orion 3 Star) ile ölçüldükten sonra ‰30 olacak şekilde saf su ile ayarlanmıştır. F/2 kültür ortamının hazırlanmasında kullanılan deniz suyu 0.45 µm göz açıklığında GF/C (Whatman 0,45µm) filtre kağıdından süzölmüştür. Besi ortamlarının pH'ı 8 olarak ayarlanmıştır. Deneme kurulmadan önce besin ortamları 121°C'de 30 dakika süre ile otoklavda (Hirayama-HV-50L) steril edilmiştir.

**Tablo 1.** F/2 Kültür Ortamı (Guillard, 1973)

**Table 1.** F/2 Culture Medium (Guillard, 1973)

Miktar	Kimyasal	Solüsyon	Molar Konsantrasyon
1mL <sup>-1</sup>	NaNO <sub>3</sub>	75 gL <sup>-1</sup>	882µmolL <sup>-1</sup>
1mL <sup>-1</sup>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	5 gL <sup>-1</sup>	363µmolL <sup>-1</sup>
1mL <sup>-1</sup>	f/2 metal solution	Tablo 2	

**Tablo 2.** F/2 Metal Solution

**Table 2.** F/2 Metal Solution

Kimyasal	Miktar
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	3,15g
Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	4,36g
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,0098g
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,0063g
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,022g
CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,01g
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0,18g

Denemeler farklı ışık yollarına sahip (3 cm, 5 cm ve 7 cm) düz panel reaktör sistemde dışarı ortamda ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Düz panel sistemler 3\*50\*50 cm (7,5 L), 5\*50\*50 cm (12,5 L) ve 7\*50\*50 cm (17,5 L)'lik ebatlarda olup, cam materyalden yapılmıştır. Günlük olarak sıcaklık, pH, ışık şiddeti, optik yoğunluk, klorofil, kuru madde analizleri ile deneme sonunda biyokimyasal kompozisyonu belirlemek amacıyla polisakkarit, yağ ve protein analizleri yapılmıştır. Deneme süresince ışık kaynağı olarak güneş ışığından yararlanılmış, gece herhangi bir aydınlatma kullanılmamıştır.

Kültürler ortalama 14 saat gün ışığından yararlanmış, 8 saat karanlık ortamda kalmıştır.

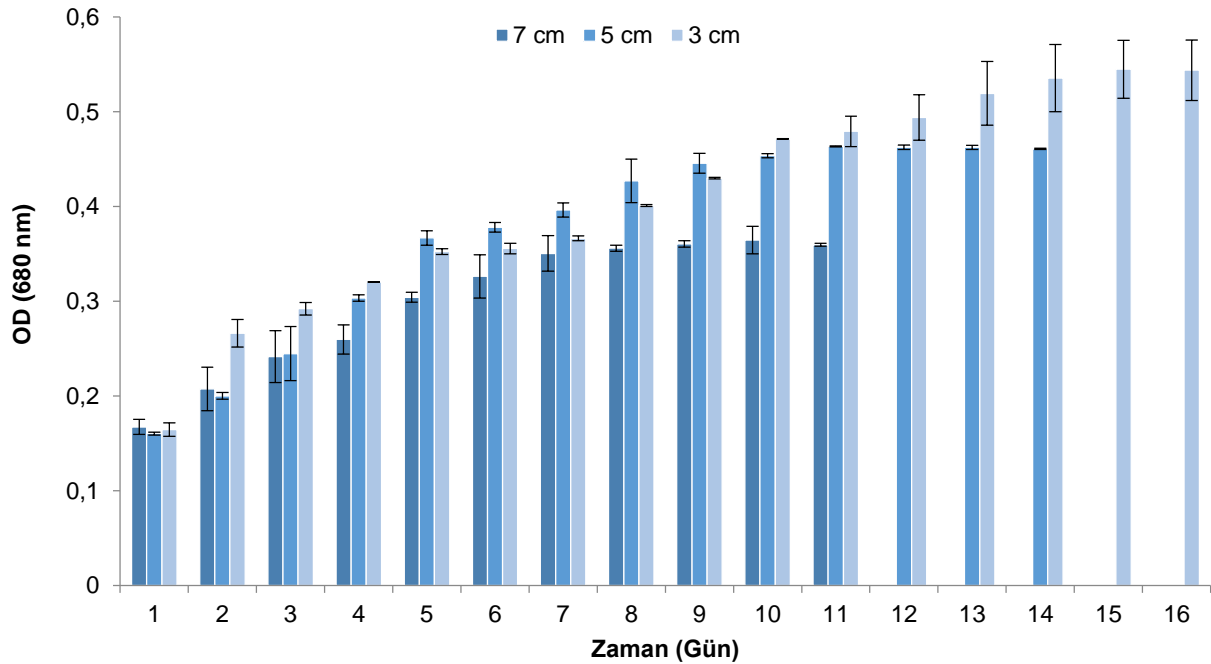
Optik yoğunluk için 5 mL ve klorofil analizi için 5 mL örnek alınmıştır. *Porphyridium purpureum* için 680 nm (Kusmiyati ve Agustini, 2007) dalga boyunda visible spektrofotometre (Shimadzu, UV mini 1240) ile değerlendirilmiştir. Klorofil analizi; Parson (1963)'ün belirttiği metotla yapılmıştır. Yağ ve protein değerleri % kuru madde oranına göre hesaplanmıştır. Yağ analizi Bligh ve Dyer (1959)'in uyguladığı yöntemegöre yapılmıştır. Protein analizi Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (AOAC, 1995). Kuru madde etüvde 103 °C'de 4 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir (AOAC, 1995). Polisakkarit analizi ise Geresh ve Arad (1991)'in bildirdiği yöntemegöre yapılmıştır.

Denemede farklı ışık yollarına sahip panel reaktör sistemlerden elde edilen verilerin kültürde OD, kuru madde, klorofil, yağ, protein ve polisakkarit değeri üzerine farklılık

oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacıyla, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve bu analizin sonucuna bağlı olarak farklılık oluşması durumunda farklılığı saptamak amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi SPSSX 14.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır (Zarr, 1999).

## BULGULAR

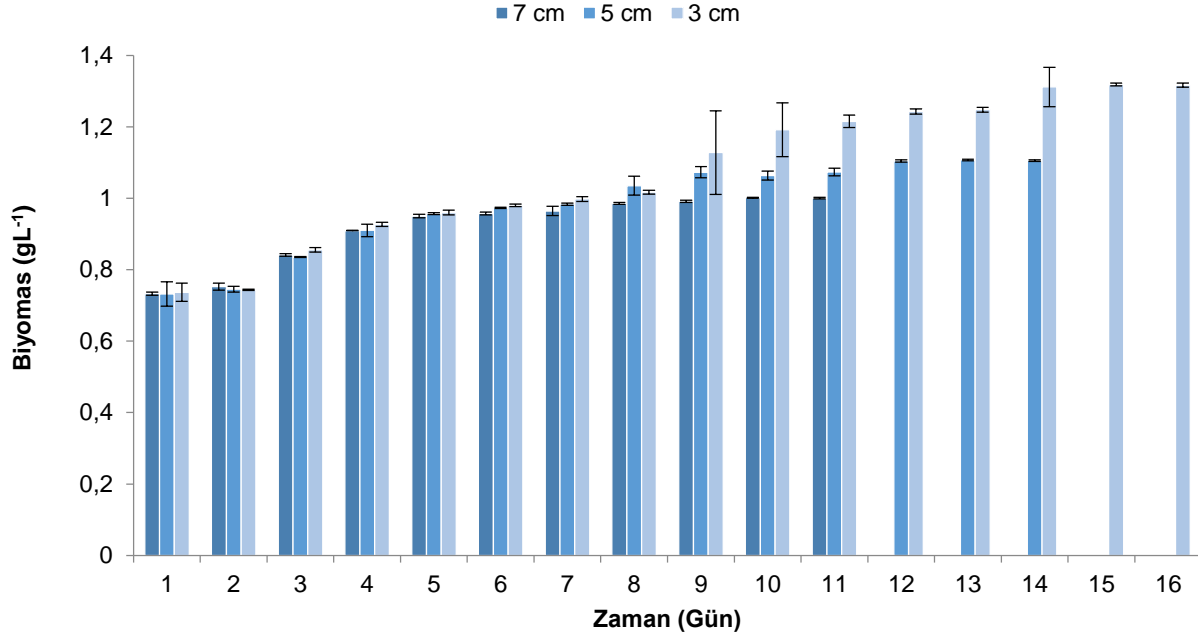
Panel sistemde kültüre alınan *Porphyridium purpureum* farklı ışık yollarına sahip olan sistemlerde, farklı günlerde duraklama fazına girmiştir. Başlangıç OD değerleri 7 cm için 0,167, 5 cm için 0,161 ve 3 cm için 0,164 olarak belirlenmiştir. Deneme 3 cm ışık yoluna sahip panelde 16 günde, 5 cm ışık yoluna sahip panelde 14 günde ve 7 cm ışık yoluna sahip panelde ise 11 günde tamamlanmıştır. En yüksek OD değeri 3 cm ışık yoluna sahip panelde son gün 0,544 ile elde edilmiştir. En düşük OD değeri ise 7 cm'lik panelde 0,360 olarak belirlenmiştir. 5 cm'lik panelde ise son gün elde edilen OD değeri 0,460 olarak tespit edilmiştir. Farklı ışık yoluna sahip panellerden elde edilen OD değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Farklı ışık yollarına sahip düz panel sistemlerden elde edilen OD değerleri  
**Figure 1.** The OD values obtained from flat panel systems with different light paths

Başlangıç biyomas miktarları 7 cm için 0,737, 5 cm için 0,732 ve 3 cm için 0,733 gL<sup>-1</sup> olan değerler, deneme boyunca artış göstermiştir. Kültür duraklama fazına girince hasat edilmiştir. 7 cm'lik panel için en son gün elde edilen biyomas

miktarı 1,00 gL<sup>-1</sup> olmuştur. En fazla büyümenin tespit edildiği 3 cm ışık yoluna sahip panelden elde edilen biyomas miktarı ise 1,316 gL<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. 5 cm'lik panelden elde edilen biyomas miktarı 1,105 gL<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.



**Şekil 2.** Farklı ışık yollarına sahip düz panel sistemden elde edilen biyomas miktarları  
**Figure 2.** Biomass quantities obtained from flat panel systems with different light paths

Başlangıç klorofil a değerleri 7 cm için 44,51, 5 cm için 46,37 ve 3 cm için 45,65  $\mu\text{g L}^{-1}$  olan değerler deneme boyunca artış göstermiştir. Kültürlerin duraklama fazına girmesiyle bu değerler 7 cm için 286,92, 5 cm için 299,70, 3 cm için 303,57  $\mu\text{g L}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Deneme boyunca sıcaklık 26-28°C arasında değişim gösterirken; aydınlanma şiddeti ise ortalama 1590  $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  olarak ölçülmüştür.

Deneme sonunda elde edilen veriler doğrultusunda en

fazla polisakkarit miktarı 3 cm ışık yoluna sahip sistemden elde edilirken, en düşük ise 7 cm'lik sistemden elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Lipid ve protein miktarlarına bakıldığında ise en yüksek lipid oranı en fazla polisakkaritin elde edildiği 3 cm'lik sistemden elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ). En yüksek protein miktarı ise 7 cm ışık yoluna sahip panelden elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Çalışma sonunda farklı ışık yollarına sahip panel sistemlerden elde edilen lipid, protein ve polisakkarit miktarları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Düz panel sistemlerden elde edilen polisakkarit, lipid ve protein oranları  
**Table 3.** Polysaccharide, lipid and protein ratios obtained from flat panel systems

Parametre	3 cm ışık yolu	5 cm ışık yolu	7 cm ışık yolu
Lipid (%)	7,89±0.3 <sup>a</sup>	7,23±0.2 <sup>b</sup>	6,48±0.6 <sup>c</sup>
Protein (%)	29,7±1.6 <sup>c</sup>	30,8±1.2 <sup>b</sup>	32,3±1.3 <sup>a</sup>
Polisakkarit (g L <sup>-1</sup> )	0,48±0.002 <sup>a</sup>	0,36±0.001 <sup>b</sup>	0,31±0.002 <sup>c</sup>
Polisakkarit (%)	36,47±1.4 <sup>a</sup>	32,58±1.3 <sup>b</sup>	31,0±1 <sup>c</sup>

a, b, c harfleriyle sembolize edilen satırlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $p < 0.05$ ).

## TARTIŞMA

Algal biyoteknolojideki gelişmelere rağmen mikroalg türlerinin kültürlerinde çeşitli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Fototrofik organizmaların üretimindeki temel amaç genelde optimal hücre yoğunluğunda sürekli bir kültür sağlamaktır. Bir alg türünün dış ortamda sürdürülen kültürü sırasında, çeşitli çevresel faktörler hem günlük hem de mevsimsel olarak büyük değişimler gösterdiği için, kültürdeki hücrelerin bu koşullara sürekli tepki göstermesi gerektirir. Biyomasın biyokimyasal

kompozisyonuna, çevresel faktörler, besin ortamı, sıcaklık, tuzluluk, pH, ışık gibi büyüme koşullarına bağlıdır (Sukenik, 1991).

Farklı ışık yollarına (3,5 ve 7 cm) sahip düz panel sistemlerde, dışarı ortamda *Porphyridium purpureum* türünde en iyi büyümeyi belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, en iyi büyüme 3 cm ışık yoluna sahip olan panel sistemde tespit edilirken, en yüksek polisakkarit miktarı da bu grupta belirlenmiştir. Singh vd. (2000) yaptıkları çalışmada da farklı

ışık yollarına sahip panel sistemlerde en iyi büyümeyi ve polisakkarit eldesini 1,3 cm ışık yoluna sahip sistemde elde ettikleri ve ışık yolu uzadıkça verimliliğin düştüğünü bildirmişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada da ışık yolu arttıkça elde edilen biyomas miktarında azalmalar tespit edilmiştir.

*Porphyridium purpureum*'un kuru ağırlığının yaklaşık %28-39'unu protein, %40-57'sini karbohidrat ve %9-14'ünü de lipid oluşturur. (Becker, 1994). Protein ve lipid üretimi açısından baktığımızda ise iyi bir protein kaynağı iken, lipid miktarı oldukça düşük bir türdür.

*Porphyridium purpureum* türünde polisakkarit üretimi için yapılan dışarı kültür çalışmalarında, düz cam panel fotobiyoreaktör sistemler diğer sistemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Cohen ve Arad (1989)'ın yaptıkları çalışmada açık sistem havuzlarda elde ettikleri polisakkarit miktarı ( $1,2 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), Singh vd., (2000) düz cam panel sistemlerde ( $20 \text{ cm}$ ) yaptıkları çalışmada elde ettikleri polisakkarit miktarından ( $4,15 \text{ g m}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) oldukça düşük bulunmuştur. You ve Barnett (2004) farklı ışık yoğunluklarına ( $39, 48, 60, 70, 90 \text{ } \mu\text{molfotonm}^{-2}\text{sn}^{-1}$ ) sahip BIOIII reaktöründe spesifik büyüme hızı ve hücre dışı polisakkarit birikimi üzerine etkilerini inceledikleri araştırmada, maksimum büyüme hızını  $70 \text{ } \mu\text{molfotonm}^{-2}\text{sn}^{-1}$  ışık şiddetinde  $0,38 \text{ gün}^{-1}$  olarak ( $4,37 \times 10^9 \text{ hücreL}^{-1}$ ) ve maksimum polisakkarit miktarını ise benzer şekilde  $70 \text{ } \mu\text{molfotonm}^{-2}\text{sn}^{-1}$  ışık yoğunluğunda  $0,95 \text{ gL}^{-1}$  belirlemişlerdir.

Dışarı ortam koşullarında yapılan çalışmalarda çevresel etmenler büyümeyi etkilemektedir. Çalışma boyunca sıcaklık  $26-28^\circ\text{C}$  arasında değişmiş ve tuzluluk %30 olacak şekilde ayarlanmıştır. Singh vd., (2000) 1,3 cm ile 30 cm arasında

değişen ışık yolu uzunluğuna sahip cam panel reaktörlerde *P. cruentum* ile yaptıkları çalışmalarında optimum sıcaklık  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  ve tuzluluğu %27 olarak rapor etmişlerdir. Ayrıca Golueke ve Oswald (1962), *P. cruentum* kültürü ile yaptıkları çalışmalarında en düşük  $13^\circ\text{C}$  ve en yüksek  $31^\circ\text{C}$  sıcaklık aralığında kültürünün yapılabildiğini ve optimum sıcaklık olarak ise  $21-26^\circ\text{C}$  olarak bildirmişlerdir. Jones vd. (1963) pH aralığı olarak 5,2 ile 8,3 arasında ve optimum tuzluluğu %35 ile 45 arasında olduğunu saptamışlardır.

Sonuç olarak, *P. purpureum* türünün Çukurova koşullarında, dışarı ortamda kültürü ince cam panel sistemlerde başarılı bir şekilde tamamlanmış ve en iyi büyüme ve polisakkarit eldesi 3 cm ışık yoluna sahip cam panellerde elde edilmiştir.

Algal biyoteknoloji alanında ilk çalışmalar genelde protein içeriği yüksek ve kolay kültüre edilebilen türler ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte protein dışında değerli diğer metabolitleri üreten alglerin keşfedilmesine de devam edilmiştir. Hücre içinde biriktirmiş metabolitleri nedeniyle *Porphyridium purpureum* mikroalgal biyoteknoloji alanında önemli türlerden biridir. Çalışma alanı çok geniş olan bu sektörde, ekonomik anlamda değerli türlerin ticari boyutlarda çalışılması, yeni türlerin keşfedilmesi ve bunların uygulanabilirliğinin belirlenmesi algal biyoteknoloji konusunun ülkemizde gelişmesine yardımcı olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (SÜF2012BAP7) tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

- AOAC Method. (1995). Official methods of analysis, 16th edn. In: Cuniff P (ed) AOAC International, Arlington, VA, USA, pp:32-33
- Becker, E.W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology* (Vol. 10). Cambridge University Press.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and physiology*, 37(8):911-917. DOI: [10.1139/y59-099](https://doi.org/10.1139/y59-099)
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W., Volkman, J.K. & Dunstan, G.A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, 151(1-4):315-331. DOI: [10.1016/S0044-8486\(96\)01501-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01501-3)
- Cirik, S. & Gökpinar, Ş. (1993). Plankton Bilgisi ve Kültürü. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 47:131-133.
- Cohen, E. & Arad, S.M. (1989). A closed system for outdoor cultivation of *Porphyridium*. *Biomass*, 18(1): 59-67. DOI: [10.1016/0144-4565\(89\)90081-4](https://doi.org/10.1016/0144-4565(89)90081-4)
- Cohen Z., Vonshak, A., Boussiba S. & Richmond, A. (1988). The effect of temperature and cell concentration on the fatty acid composition of outdoor cultures of *Porphyridium cruentum*. In: Stadler T, Mollion J, Verdu M-C, Karamanos Y, Morvan H, Christiaen D (eds.), *Algal Biotechnology* (pp 421-430). Elsevier Applied Science, London.
- Dyerberg, J. (1986). Linolenate-derived Polyunsaturated Fatty Acids and Prevention of Atherosclerosis. *Nutrition Reviews*, 44(4):125-134. DOI: [10.1111/j.1753-4887.1986.tb07603.x](https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1986.tb07603.x)
- Gantt, E. (1981). Phycobilisomes. *Annual Review of Plant Physiology*, 32(1): 327-347.
- Geresh, S. & Arad, S. (1991). The extracellular polysaccharides of the red microalgae: chemistry and rheology. *Bioresource Technology*, 38(2-3):195-201. DOI: [10.1016/0960-8524\(91\)90154-C](https://doi.org/10.1016/0960-8524(91)90154-C)
- Gill, I. & Valivety, R. (1997). Polyunsaturated fatty acids, part 1: occurrence, biological activities and applications. *Trends in Biotechnology*, 15(10):401-409. DOI: [10.1016/S0167-7799\(97\)01076-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(97)01076-7)
- Goldman, J.C. (1979). Outdoor algal mass cultures—I. Applications. *Water Research*, 13(1):1- 19. DOI: [10.1016/0043-1354\(79\)90249-5](https://doi.org/10.1016/0043-1354(79)90249-5)
- Golueke, C. G. & Oswald, W. J. (1962). The mass culture of *Porphyridium cruentum*. *Applied Microbiology*, 10(2):102-107.
- Guillard, R.R.L. (1973). Division Rates. In: Stein, R.J. (Ed.) *Handbook of Phycological Methods: Culture Methods and Growth Measurements*. Cambridge University Press.
- Gunstone, F.D. (1992). Gamma linolenic acid—occurrence and physical and chemical properties. *Progress in Lipid Research*, 31(2):145-161. DOI: [10.1016/0163-7827\(92\)90007-6](https://doi.org/10.1016/0163-7827(92)90007-6)
- Horrobin, D.F. (1992). Nutritional and medical importance of gamma-linolenic acid. *Progress in Lipid Research*, 31(2):163-194. DOI: [10.1016/0163-7827\(92\)90008-7](https://doi.org/10.1016/0163-7827(92)90008-7)
- Innis, S.M. (1991). Essential fatty acids in growth and development. *Progress in Lipid Research*, 30(1):39-103. DOI: [10.1016/0163-7827\(91\)90006-Q](https://doi.org/10.1016/0163-7827(91)90006-Q)
- Jones, R.F., Speer, H.L. & Kury, W. (1963). Studies on the growth of the red alga *Porphyridium cruentum*. *Physiologia Plantarum*, 16(3):636-643. DOI: [10.1111/j.1399-3054.1963.tb08342.x](https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1963.tb08342.x)



- Kusmiyati, K. & Agustini, N.W.S. (2007). Antibacterial activity assay from *Porphyridium cruentum* microalgae. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 8(1):48-53.
- Nettleton, J.A. (1993). Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development?. *Journal of the American Dietetic Association*, 93(1):58-64. DOI: [10.1016/0002-8223\(93\)92132-H](https://doi.org/10.1016/0002-8223(93)92132-H)
- Parsons, T.R. (1963). Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equation for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *J. Mar. Res.*, 21:155-163.
- Ramus, J. & Groves, S.T. (1972). Incorporation of sulfate into the capsular polysaccharide of the red alga *Porphyridium*. *The Journal of Cell Biology*, 54(2):399-407. DOI: [10.1083/jcb.54.2.399](https://doi.org/10.1083/jcb.54.2.399)
- Ramus, J., Kenney, B.E. & Shaughnessy, E.J. (1989). Drag reducing properties of microalgal exopolymers. *Biotechnology and Bioengineering*, 33(5):550-557. DOI: [10.1002/bit.260330506](https://doi.org/10.1002/bit.260330506)
- Reboloso Fuentes M.M., Garcia Sanchez, J.L., Fernandez, Sevilla J.M., Acien Fernandez, F.G., Sanchez Perez, J.A., Molina Grima, E. (1999). Outdoor continuous culture of *Porphyridium cruentum* in a tubular photobioreactor: quantitative analysis of the daily cyclic variation of culture parameters. *Journal of Biotechnology*, 70: 271-288.
- Schlegel, H.G. (2007). *Allgemeine mikrobiologie*. Georg Thieme Verlag.
- Simopoulos, A.P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54(3):438-463. DOI: [10.1093/ajcn/54.3.438](https://doi.org/10.1093/ajcn/54.3.438)
- Singh, S., Arad, S.M. & Richmond, A. (2000). Extracellular polysaccharide production in outdoor mass cultures of *Porphyridium* sp. in flat plate glass reactors. *Journal of Applied Phycology*, 12(3-5):269-275.
- Singh, G. & Chandra, R. K. (1988). Biochemical and cellular effects of fish and fish oils. *Progress in Food & Nutrition Science*, 12(4): 371-419.
- Sukenik, A. (1991). Ecophysiological considerations in the optimization of eicosapentaenoic acid production by *Nannochloropsis* sp.(Eustigmatophyceae). *Bioresource Technology*, 35(3): 263-269. DOI: [10.1016/0960-8524\(91\)90123-2](https://doi.org/10.1016/0960-8524(91)90123-2).
- Vonshak, A. (1988). *Porphyridium*. In: Borowitzka MA, Borowitzka LJ (eds) *Micro-algal Biotechnology* (pp 122-134). Cambridge University Press, Cambridge.
- You, T. & Barnett, S.M., (2004). Effect of light quality on production of extracellular polysaccharides and growth rate of *Porphyridium cruentum*. *Biochemical Engineering Journal*. 19: 251-258.
- Zarr, J.H. (1999). Biostatistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. Pg, 161-164.