



## Fotobiyoreaktörde Işığın ve Beslemenin Alglerin Büyümleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Nergiz Uçmaz<sup>1</sup>, Batuhan Sert<sup>1</sup>, Cemalettin Aygün<sup>2</sup>, Oğuz Yunus Sarıbiyik<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Gümüşhane, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9735-8735), oysaribiyik@gumushane.edu.tr

<sup>2</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi Makinaları İşletme Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6033-3558), caygun@ktu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 12 Ocak 2021 ve Kabul Tarihi 5 Nisan 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.859107)

**ATIF/REFERENCE:** Uçmaz, N., Sert, B., Aygün, C. & Sarıbiyik, O. Y. (2021). Fotobiyoreaktörde Işığın ve Beslemenin Alglerin Büyümleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 475-480.

### Öz

Dünya nüfusunun çoğalmasına bağlı olarak gıda ve enerji ihtiyaçları da artmaktadır. Enerji ve gıda tüketimi karbondioksit salınım miktarının yükselmesi ile yakından alakalıdır. Karbondioksit miktarının artması Sera gazı etkisi göstererek küresel ısınmaya sebep olmakta böylece doğal afetler yaşanmaktadır. Sera gazı etkisinin azaltılması için fosil kaynaklara alternatif enerji kaynakları bulunmalı ve atıkların sürdürülebilir şekilde kontrol edilerek geri dönüşüme kazandırılması gerekmektedir. Alternatif enerji kaynakları olarak biyogaz, biyodizel, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları yoğun şekilde araştırılmaktadır. Algler, alternatif gıda ve enerji ihtiyacını karşılamak için araştırılan kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu canlılar, genel olarak ökaryotik fotosentez yapabilen canlıların genel tanımlamasıdır ve bu sınıf içerisinde çok farklı alt türleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, 1 kg kuru alg oluşumu sırasında 1.83 kg CO<sub>2</sub> tükettiği, yağ protein kaynağı ve organik gübre olarak kullanılabilirdiği görülmüştür. CO<sub>2</sub> tüketim miktarının yüksek olması, alternatif besin ve yenilenebilir enerji kaynağı gibi farklı amaçlar için kullanılma potansiyelinden dolayı Alglerin uygun yaşam alanlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada, hava karıştırılmalı kolon tipi pilot fotobiyoreaktör imalatı yapılmıştır model alg üzerinde, ışığın ve beslemenin büyüme üzerine etkileri araştırılmıştır. Model alg olarak "*Cladhopora glomerata*" kullanılmıştır. Besleme için, inorganik tuzlar, %17'lik doğal kaynaklardan elde edilen amino asit çözeltisi ve 425 nm dalga boyuna sahip ışığın alglerdeki kütle artışı üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, alglerin 425 nm dalga boyundaki (mor ışık) kütle artışı gün ışığındaki ışığa göre kıyaslandığında daha fazla kütle artışı gözlemlenmiştir. Bunun dışında alglerin kütle artışı beslemelerine göre kıyaslandığında %17 lik doğal amino asit kaynağı ile besleme yapıldığında inorganik tuzlara göre kütlece artışının daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fotobiyoreaktör, *Cladhopora glomerata*, Biyoyakıt.

## The Effect of the Light and Feeding on Growth of Algae in Bioreactor

### Abstract

The energy and food requirements have been increased depending on the growth of the world populations. The consumption of the food and energy cause for rising the carbon dioxide emissions. The increase of the greenhouse gases develops global warming therefore natural disaster occurred. In order to decrease of the effect of the greenhouse gases, the waste should sustainably be controlled and they should be managed for recycling. In consequence, such as an alternative energy resources biodiesel, wind power, biogas, sun have intensively been investigated. Algae have been considered as an alternative sources supplier for investigating food stock and energy requirements. Algae is a general definition of organism can make a eukaryotic photosynthesis, and there are many sub-species in this class. In previous studies, 1.83 kg of CO<sub>2</sub> have been consumed for production of 1 kg of dry algae and they can be used as fertilizer or bio-oil sources. Therefore, appropriate habitats of Algae along with the various features is necessary to investigate.

In this study, the two air bubble column type pilot scale photo-bio reactor 4L were designed for investigation of optimum living condition for "*Cladhopora glomerata*". Moreover, the effect of different feeding such as inorganic salts, and 17 percent natural amino acids were investigated on the growth of Algae. The results showed that the algae have developed their weight better at the 425 nm wavelength (purple light) compared to daylight. Also, 17 percent natural amino acid is better than the inorganic salts.

**Keywords:** Photo-bioreactor, *Cladhopora glomerata*, Biofuel.

\* Sorumlu Yazar: [oysaribiyik@gumushane.edu.tr](mailto:oysaribiyik@gumushane.edu.tr)

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun artmasına ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak enerji ve gıda tüketimi artmaktadır (K. M. Nazmul et al., 2021). Enerji talebini karşılamak üzere kullanılan fosil kaynaklı yakıtlardan oluşan karbondioksit istatistiklere göre 1900 yılında 290 ppm iken 2021 yılı verilerine göre 410 ppm olarak ölçülmüştür (Lindsey, 2021). Bu farklılık küresel ısınmanın artmasına sebep olurken bunun yanısıra ormanlık alanların azalması kuraklık, sel vb. çeşitli doğal afetlerin gözle görülür şekilde canlıları etkilemesine sebep olmaktadır (Corrie & Fernando, 2020; JeanCalleja et al., 2020; Yaduvanshi et al., 2021). Meydana gelen doğal afetlere bağlı olarak gıda üretimi de etkilenerek azalmakta böylece süreç bir kısır döngü haline gelmektedir (Shuirong et al., 2021). Küresel ısınmayı kontrol altına alabilmek ve doğaya salınan karbondioksit miktarının azaltılması için alternatif yenilenebilir çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi, biyodizel, biyogaz, rüzgâr, dalga enerjisi gibi alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir olması küresel ısınmanın etkilerini azaltarak dünya ekosisteminin tekrar düzeltilebilmesine olanak sağlamaktadır (Bedoi et al., 2020; Oğuz Yunus et al., 2010; Patel et al., 2020; Zhang et al., 2020; Zhou et al., 2021). Alternatif kaynakların eldesinde küresel ısınmaya sebep olan karbondioksitin Sera gazı etkisini azaltabilmek için kullanılan yöntemlerinde sürdürülebilir olması gerekmektedir. Biyodizel üretiminde gıdasal yağların kullanılması yağ fiyatlarının artmasına ve yağ karaborsasına sebep olduğundan yenilenemeyen alternatif kaynaklardan biyodizel üretilmesi gerekmektedir (Oğuz Yunus et al., 2010). Karbondioksit salınımını azaltmak için CO<sub>2</sub>'nin çimento üretiminde kullanılması gibi çözümler olsa da bu yöntemler pek sürdürülebilir görünmemektedir (Lopamudra et al., 2015). Bunlara ek olarak nüfus artışına bağlı oluşan atıklarında sürdürülebilir ve uygulanabilir şekilde yönetilebilmesi gerekmektedir. Özellikle akarsu ve içme sularına karışan atık yağların kontrol edilmesi, şehirselleşen organik kökenli katı atıkların düzenli yönetimiyle istenmeyen koku, görüntü ve bulaş riskinin azaltılması gerekmektedir. Sürdürülebilir alternatif kaynakların eldesinde hem karbondioksit salınımını azaltılmasının hem de atıkların faydalı şekilde bertarafı Küresel ısınmanın düzene girmesine yardımcı olabilmektedir. Bu amaçlara uygun olarak kullanılan yöntemlerden birisi de Algler gibi basit canlıların kullanılmasıdır. Algler değişik şartlar altında hayatlarına devam edebilen türlerine göre içeriklerinde yağ ve protein miktarları farklılık gösteren tek hücreli sucul canlılar olarak bilinmektedir ve yüksek karbondioksit tüketme özelliğine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı yoğun şekilde araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, yüksek sıcaklıklarda yapısı bozularak biyo yağ elde edilip sürdürülebilir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Hasan et al., 2020; Mehran et al., 2018; Wenhua et al., 2017). Ayrıca, hidrotermal gazlaştırma (Farid et al., 2016), fenolik bileşikler ve antioksidan kaynağı (Karolina et al., 2020), hayvan besini olarak (Dineshbabu et al., 2019) veya organik gübre üretimi, sulardaki nitrat ve fosfatların giderilmesi (Uthirapandi et al., 2018; Zamalloa et al., 2013), ağır metallerin uzaklaştırılması (A. Ruiz et al., 2012) gibi çok farklı amaçlar için kullanılabilirler görülmektedir. Algler yaşam şartlarına bağlı olarak üretim maliyetlerinin düşük olması ve normal yapraklı ağaçlara göre CO<sub>2</sub> kullanımının 10-100 kat fazla oluşu onlara duyulan ilginin daha da artmasını sağlamaktadır (Junchen et al., 2020). Yapılan araştırmalarda alglerin yaşamları için gerekli olan sıcaklığın, ışık miktarının ve farklı şekildeki fotobiyoreaktör

tasarımlarının Alglerin büyümeleri üzerine etkileri olduğu görülmektedir (Junchen et al., 2020; Satendra Pal Singh & Priyanka, 2015). Alglerin gelişimlerinde CO<sub>2</sub> çözünürlüğünün önemli olmasından dolayı bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. Alglerin özellikle atıklarla beslenmesi ve bunların büyüme üzerine etkilerinin incelenmesi alglerin genel karakterlerinin belirlenmesinde ve atıklardan faydalı ürünler elde edilmesi günümüzde yaşadığımız çevresel felaketlerin çözümüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Yapılan çalışmadan elde edilebilen sonuçlar ile hem küresel ısınmaya sebep olan karbondioksit salınımını azaltılmış olacak hemde doğal protein atıklarından elde edilen amino asitler Algerin gelişimlerinde kullanılarak faydalı ürünlere dönüştürülmüş olacaktır. Bu bağlamda çalışmanın sürdürülebilir ve alternatif kaynakların elde edilmelerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmada, laboratuvar boyutlarında iki adet hava karıştırmalı foto-biyo reaktör kullanılarak "*Cladhopora glomerata*"nın büyümesine farklı dalga boylarındaki ışığın etkileri ve atık protein kaynaklarından elde edilmiş %17 amino asit içeren besin kaynağı ile beslemenin alglerin kütleli artışları üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, 425 nm (mor ışık) dalga boyuna sahip ışığın diğer dalgaboylarından daha etkin olduğu ve doğal kaynaklı amino asidin geleneksel besleme (N, P, K) ortamına göre daha etkin olduğu görülmüştür.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Besi yeri oluşturmak için N/P/K (kütlece 15-N/15-P/15-K) Toros Gübre üretimi gübre kullanılmıştır. Deneysel olarak kullanılan %17 doğal kökenli amino asit içeren besi ortamı ise Serin Arge limited şirketinden satın alınmıştır. Deneysel olarak kullanılan *Cladhopora glomerata* kültürü Gümüşhane İli merkezi Bağlarbaşı mevkiindeki doğal ortamı olan Harşit çayından Eylül ayında temin edilmiştir. Fotobiyoreaktörler, 4 Litre hacimde iki adet polimer molekül ağırlığı 350.000.00M<sub>w</sub> olan, düşük yüzey pürüzüne sahip 0.0010–0.007 µm poly(methyl methacrylate) şeffaf silindirik polimerden üretilmiştir. Reaktörlerden birisi deney diğeri ise kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Reaktör boyutları 9 cm çapında 100 cm uzunluğunda olarak tasarlanmış ve reaktörün dış ortam ile yalıtımı sağlamak için siyah renkli sıkıştırılmış ahşap yapıdan imal edilen 40L'lik kabin kullanılmıştır. Hava beslemesi için 4W gücünde 2×4.5 L/dk Hailea Aco-6604 motor ve reaktör tabanında sabitlenmiş 3 cm büyüklüğünde küresel hava dağıtıcı taş disk kullanılmıştır buna bağlı reaktördeki CO<sub>2</sub> miktarı 36.63x10<sup>-4</sup> L/dk olarak belirlenmiştir. Işıklandırma için RGB (54 led/m) sistemi 425 nm (~670-750 THz) dalga boyunda ışık yaymaktadır ve 94 W (12 V-7.8 A) gücünde iki reaktör içinde eşit ve spiral olarak 4200 lüks ışık sağlayacak şekilde hesaplanmıştır. Işıklandırma süresi modeli için (16:8) 16 saatlik ışıklandırmada gündüz modeli yapılarak 8 saat gece karanlığı gece modeli uygulanmıştır. Algerin incelenmesinde Nikon E200 marka mikroskoba bağlı Nikon fotoğraf makinasının 1-J1 modeli kullanılmıştır.

### 2.1.1. Metot

Yapılan çalışmada besi ortamı için reaktörlere 4.5 L saf su ilave edilerek hazırlanmıştır. Çalışmalar 21-23 °C arasında sıcaklık kontrollü olarak yapılmıştır. Yapılan çalışmalar için kullanılan Algler doğal ortamlarından alındıktan sonra 5 defa saf

su ile yıkandıktan sonra 40 °C deki etüvde 24 saat boyunca bekletildikten sonra 20 mg tartılarak reaktöre ilave edilmiştir (Minoo & Palsson, 1991). Reaktörlerde ışıklandırma yapay gün dönemi (16 saat açık), gece dönemi (8 saat kapalı) olarak yapılmış ve inkübasyon 7 gün boyunca gözlemlendikten sonra oluşan algler hasat edilip süzgeç kâğıdında süzülüp 24 saat boyunca etüvde 40 °C bekletildikten sonra tartım alınarak kütle artışı belirlenmiştir (Wahidin et al., 2013). Alglerin beslenmelerinde deniz suyu tuzluluk oranı temel alınarak; N/P/K ağırlık olarak %15/15/15 gübresinden 20gr/4.5L, doğal amino asit kaynağı (Glisin, Threonin, Lizin, Prolin, Tirozin, Aspartik a., Alanin, Valin, Arginin, Methionin, Triptofan, Glutamik a., Serin, Lösin, Histidin, Fenilalanin, Glutamin) ise 10gr/4.5L seyreltilerek kullanılmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Biyoreaktörler kullanılan organizmaların çeşidine göre ihtiyaç duyduğu yaşam şekli farklılık göstermektedir. Yapısında klorofil bulunan ve fotosentez yapabilen Alglerin fotosentetik etkinliklerini artırmaları için tasarlanan hava kaldırmalı fotobiyo reaktörlerde en önemli noktalar; ışık miktarı, beslenmeyle birlikte karıştırma şeklidir (Bahadur et al., 2013; Franz et al., 2000; Vree et al., 2015). Karıştırma şekline bağlı olarak suda çözünmüş karbondioksit miktarının artırılması ve fotosentez sonucu artan oksijen miktarının uzaklaştırılması ayrıca Alglerin hareket ettirilerek ihtiyaç duydukları ışığa ulaşmaları hedeflenmektedir (Jianke et al., 2014; Molina et al., 2001). Bu sebeple atmosferik CO<sub>2</sub> çözünürlüğünü artırmak için çok farklı reaktör tasarımları ve çalışmalar yapılmaktadır (Dalle & Arnaudis, 2017; Franz et al., 2000; Minoo & Palsson, 1991). Bunlara bağlı olarak Junchen ve arkadaşları tarafından tasarlanan reaktörde kabarcığın hızını yavaşlatarak CO<sub>2</sub> çözünürlüğünü artırabilmek için boru şeklindeki reaktörde spiral ayırıcılar kullanılarak kabarcıkların hızı %190 yavaşlatılmış ve verim % 40 oranında artırılmıştır (Junchen et al., 2020). Buna benzer bir başka çalışmada ise düz panel tipli hava kaldırmalı biyoreaktörde reaktör tabanına paralel düz plakalar konup hava kabarcıklarının reaktör içersinde aldığı yol uzatılarak reaktör içersindeki atmosferik CO<sub>2</sub> çözünürlüğü artırılmıştır (Jörg et al., 2001; Lin-lin et al., 2014).

**Tablo-1** Fotobioreaktörde Işığın Büyüme Üzerine Deney Şartları

Deney Şartları	Deney grubu (ışıklı)	Kontrol grubu (ışıksız)
Işık	Mor(425 nm)	Güneş Işığı
Besi	N/P/K 20g/L	
Debi	2.5 x 10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> /s	
pH	8.3(bazik)	
Sıcaklık	20°C-23.1°C	20°C-21°C
Kültür	<i>Cladhopora glomerata</i> (100mg)	

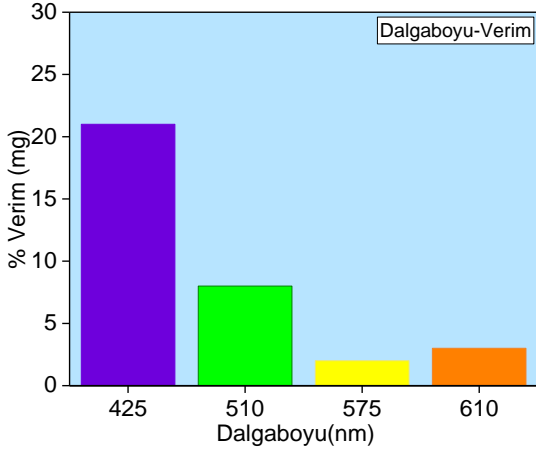
Alg yetiştirmek için, yatay veya dikey borusal fotobioreaktörler, düz panel tipli fotobioreaktörler gibi veya bunların modifiye edilmeleriyle elde edilen fotobioreaktörler kullanılmaktadır (Vree et al., 2015). Panel tipli ve köşegene sahip reaktörlerde köşe kısımların karışımı, beslenmesi ve ışık ihtiyacı pek karşılanamamaktadır. Bu sebeplerle yapılan çalışmada borusal silindirik düşük yüzey pürüzüne sahip fotobioreaktör kullanılmıştır ve yapılan uygunlaştırma çalışmalarında Alglerin strese girmeden büyüdükları görülmüştür. Bu sebeple yapılan çalışmada daha çok atıkların besin olarak Alglerin büyümeleri üzerine odaklanılmıştır (Bahadur et al., 2013; Mohsenpour & Willoughby, 2013). Alglerin büyümesinde ve hücre içi yapılarında meydana gelen kimyasalların içeriğine etki eden en önemli noktalardan bir diğeri ise yeterli ışığın olmasıdır (Kim et al., 2014; Molina et al., 2001). Bu sebeple, hem gün ışığı kullanılarak üretim yapılan reaktörler hem de kapalı alanlarda üretim için tasarlanmış reaktörler Alglerin ışık kaynaklarına yeterince ulaşmaları göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Farklı ışık kaynaklarından beslenen Alglerdeki hücre içi yağ asidi ve amino asit içerikleri değişiklik gösterebilmektedir (James et al., 1989; Michael et al., 2015; Mohsenpour et al., 2012; Wahidin et al., 2013; Yoshioka et al., 2012).

Deney Şartları	Deney grubu (ışıklı)	Kontrol grubu(ışıksız)
Işık	425 nm Mor Işık	Güneş Işığı
Besi	17 Farklı Aminoasit (10 gr/ 4.5 L)	
Debi	2.5 x 10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> /s	
pH	8.3(bazik)	
Sıcaklık	20°C-23.1°C	20°C-21°C
Kültür	<i>Cladhopora glomerata</i> (100mg)	

**Tablo-2** Fotobioreaktörde Beslenmenin Büyüme Üzerine Deney Şartları

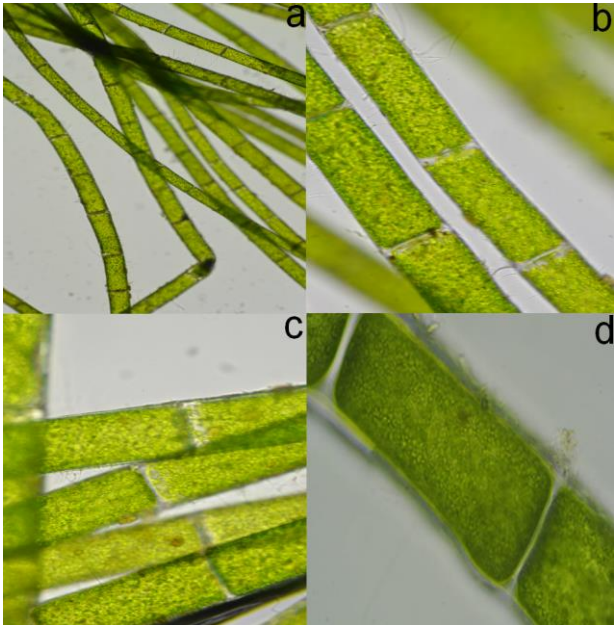
Bunların dışında gün ışığından faydalanmak için tasarlanan ve ışık kaynağı reaktörün içinden sağlanan farklı çalışmalarda mevcuttur (Mohsenpour & Willoughby, 2013). Satthong ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada *Chlorella vulgaris*'in floresan ışık ve farklı dalga boylarındaki (light emitting diodes(LED)) gelişimleri incelemişler ve LED ışık kaynağının floresana göre daha iyi büyüme etkisi gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır (Satthong et al., 2019). Benzer bir diğer çalışmaya göre *Chlorella vulgaris* en iyi gelişimini LED ışıkta hücre büyüklüğüne mavi ışıkta ve hücre çoğalmasımı ise kırmızı ışık altında göstermiştir (Kim et al., 2014). Önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; Alglerin büyümesinde sabit dalga boyunun ve iki farklı dalgaboyunun karışımının aynı anda uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar, karışık dalga boyunda diğer dalga boylarına göre daha yüksek verim elde edildiğini göstermiştir (Tae Hyeong et al., 2013).





**Grafik-1** Dalga Boyu Büyüme ilişkisi

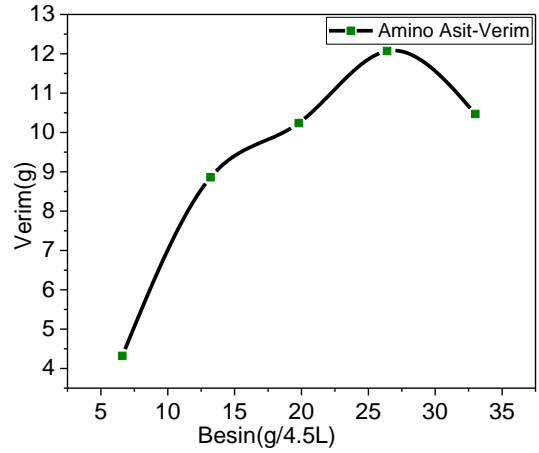
Bu sebeple yapılan deneysel çalışmalarda, en uygun ışık kaynağının dalgaboyunu belirlemek için sarı ışık (575 nm), yeşil ışık (510 nm), turuncu ışık (610 nm) ve mor ışık(425 nm) gibi farklı dalga boylarındaki ışık kaynakları kullanılarak bu ışıkların *Cladhopora glomerata*'nın gelişmeleri üzerine etkileri de araştırılmıştır (**Grafik-1**). Önceki çalışmalara paralel olarak *Cladhopora glomerata*'nın en iyi gelişimi 425 nm dalgaboyuna sahip mor ışıkta elde edilmiş ve diğer çalışmalarda aynı dalga boyu kullanılmıştır (Mohsenpour et al., 2012; Molina et al., 2001; Sathong et al., 2019; Satendra P. Singh & Singh, 2015; Tae Hyeong et al., 2013). Yapılan bu çalışmada tasarlanan reaktörde ışık kaynağı silindirik reaktörün çevresinden sağlandığı için ışığı eşit miktarda almıştır. Mor ışık kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlara göre gün ışığında aynı besi şartları altındaki örnek % 100 kütleli artış göstermiştir (**Tablo-1**).



**Şekil-1** *Cladhopora glomerata* 'nın Mikroskop Görüntüleri

Algerin farklı dalga boylarındaki gelişimleri ve hücre içi yağ asidi içerikleri farklılık göstermektedir. Algler uygulanan ışık kaynaklarının etkilerine benzer şekilde, Algerin farklı beslenmelerine bağlı olarak büyümeleri de değişiklik göstermektedir. Algerin büyümelerinde beslemenin etkileri fosfat, azot ve potasyum gibi besinlerle araştırılmış olsa da bunların

dışında Algerin gelişmek için vitaminlere de ihtiyaç duyduğu anlaşılmıştır. Beslenme farklılıklarına göre Algerin yağ asidi içerikleri ve kuru ağırlıkları değişmektedir (Breuer et al., 2012; Schmidt et al., 2016; Sun et al., 2014; M. Warren et al., 2007).



**Grafik-2** Algerin Beslenme –Verim Grafiği

Bu çalışmaların dışında Algerin beslenmede farklı stratejiler geliştirilerek bazı bakteri türleri ile B12 gibi vitaminlerini karşılamak için ortaklaştıkları bulunmuştur (M. Warren et al., 2007). Elde edilen sonuçlara göre, Algerin büyümelerinde sadece inorganik tuzlar değil vitaminler ve benzer moleküllerinde önemli rol oynadığı açıkça görülmektedir. Bu sebeple farklı besi ortamlarında gelişen Algerin büyüme hızları farklılık gösterebilmektedir (Daume et al., 2003; Feng et al., 2012; Gobler et al., 2007; James et al., 1989).

Önceki çalışmalar incelendiğinde Algerin büyüme ve gelişmelerinde sadece inorganik tuzların ve vitaminlerin etkin rol oynamadığı hatta glutamik asit ile beslenen Algeride de büyümede gelişme görülmüştür (Abdelhakeem et al., 2019). Bu verilere dayanarak yapılan çalışmada farklı derişimlerde amino asit kullanılarak fotobiyoreaktörde aynı şartlar altında *Cladhopora glomerata* 'nın kütleli büyümesi incelenmiştir (**Tablo-2**). Amino asit kaynağı olarak beslenme amaçlı kullanılmayan kıl, tüy, sakatat gibi protein kaynaklarından elde edilmiş içerisinde % 17 oranında amino asit içeren besi kullanılmıştır. Amino Asit içeriği doğal protein kaynaklarından elde edildiği için oransal olarak diğer canlılarla eşit yüzdeye sahip olduğundan dolayı herhangi bir uyumsuzluk görülmemiştir (**Şekil-1**). Kontrol grubu ile birlikte yapılan çalışma sonuçlarına göre 7 günlük süreç sonucunda Algerin diğer şartlara oranla mükemmel gelişim gösterdikleri anlaşılmıştır. Amino Asitlerin miktarlarının artışına bağlı olarak en uygun derişimin 26.4g/4.5L olduğu görülmektedir. Bu derişimden sonra beslenmede doymunluğa ulaşarak gelişim hızının düşmeye başladığı görülmüştür (**Grafik-2**).

Yapılan çalışmalarda bulunan bir diğer ilginç sonuç ise Algerin doğal ortamlarından alındığında görüntülenen Protozoa'lardır (**Şekil-2**) (Finlay & Esteban, 2013; A. Warren et al., 2016).



Şekil-2 Protozoaların mikroskop görüntüleri

Yapılan çalışmalarda Protozoaların bulunduğu ortamlarda Algerin gelişim göstermediği ve belirli bir süre sonunda hücre duvarlarının parçalandığı görülmüştür. Sonuçta, yapılan detaylı incelemelerde ise Protozoaların Algerin hücre duvarını parçalayarak yaşamına son verdiği görülmüştür. Algerin Protozoalarla rekabetçi bir yaşam biçimi gerçekleştirdiği ve Algerin gelişimlerini engellediği görülmüştür. Diğer bir çalışma konusu ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

#### 4. Sonuç

Ekolojik dengenin sağlanabilmesi için sürdürülebilir çözümlerin bulunması gerekmektedir. Bu çözümler ise öncelikle Küresel ısınmaya sebep olan sera gazı CO<sub>2</sub> miktarının azaltılmasıdır. Algler yaşam şartlarının kolay olması bol bulunmaları ve yüksek CO<sub>2</sub> tüketme kapasitesine sahip canlılar olarak alternatif enerji üretiminde ve benzer birçok alanda kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada *Cladhopora glomerata*'nın yaşam şartlarına uygun hava karıştırmalı fotobiyoreaktör başarılı şekilde imal edilmiştir. *Cladhopora glomerata*'nın gelişim gösterdiği en uygun ışık (425nm mor ışık) belirlenerek gün ışığı ile karşılaştırılmış, diğer dalgaboyları ve gün ışığına göre gelişiminin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun dışında atık protein kaynaklarından üretilen doğal kaynaklı Amino Asit karışımları kullanılarak Algerin kütleli gelişimleri üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmalarda Amino Asit miktarının artan değişimi ile Algerin gelişimlerinin 26.4g/4.5L derişime kadar doğru orantılı şekilde ve çok yüksek verimde gerçekleştiği görülmüştür.

Sonuçta atık protein kaynakları kullanılarak Algerin gelişimlerinin hızlandırılabilirdiği böylece hem atıkların faydalı bertarafının gerçekleştirilebileceği hem de sera gazının etkilerinin azaltılarak Alternatif sürdürülebilir çözümler üretilebileceği görülmüştür.

#### Kaynakça

A. Ruiz, M., Garcia, N. M., Romero, I., Seco, A., & Ferrer, J. (2012). Microalgae cultivation in wastewater: Nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent. *Bioresource Technology*, 126, 247–253.

Abdelhakeem, E., Abou-Zaid, A., & Eissa, M. A. (2019). Thompson Seedless Grapevines Growth and Quality as Affected by Glutamic Acid, Vitamin B, and Algae. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19, 725-733.

Bahadur, A., Zubair, M., & Khan, M. B. (2013). Design, construction and evaluation of solarized airlift tubular photobioreactor. *Journal of Physics: Conference Series*, 439, 012036.

Bedoi, R., Juri, F., Cosi, B., Puksec, T., Cucek, L., & Duic, N. (2020). Beyond energy crops and subsidised electricity e A study on sustainable biogas production and utilisation in advanced energy markets. *Energy*, 201, 117651.

Breuer, G., Lamers, P. P., Martens, D. E., Draaisma, R. B., & Wijffels, R. H. (2012). The impact of nitrogen starvation on the dynamics of triacylglycerol accumulation in nine microalgae strains. *Bioresource Technology*, 124, 217-226.

Corrie, M., & Fernando, D. S. (2020). Impacts of global warming on southern California's winegrape climate suitability. *Advances in Climate Change Research*, 11, 279-293.

Dalle, M. A., & Arnaudis, J. (2017). France Patent No.: W. (PCT).

Daume, S., Long, B. M., & Crouch, P. (2003). Changes in amino acid content of an algal feed species (*Navicula* sp.) and their effect on growth and survival of juvenile abalone (*Haliotis rubra*). *Journal of Applied Phycology*, 15, 201-207.

Dineshbabu, G., Goswamia, G., Kumara, R., Sinhaa, A., & Das, D. (2019). Microalgae–nutritious, sustainable aqua- and animal feed source. *Journal of Functional Foods* 62, 103545.

Farid, S., Omid, N., & Ahmad, T. (2016). Hydrothermal gasification of *Cladophora glomerata* macroalgae over its hydrochar as a catalyst for hydrogen-rich gas production. *Bioresource Technology* 222, 232-241.

Feng, P., Deng, Z., Fan, L., & Hu, Z. (2012). Lipid accumulation and growth characteristics of *Chlorella zofingiensis* under different nitrate and phosphate concentrations. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 114, 405-410.

Finlay, B. J., & Esteban, G. F. (2013). Protozoa. In (Vol. 6). Elsevier: Encyclopedia of Biodiversity.

Franz, B., Retze, A., Schmid-Staiger, U., Trösch, W., & Zastrow, A. (2000). E. P. Office.

Gobler, C. J., Norman, C., Panzeca, C., Taylor, G. T., & Sañudo-Wilhelmy, S. A. (2007). Effect of B-vitamins (B1, B12) and inorganic nutrients on algal bloom dynamics in a coastal ecosystem. *Aquatic Microbial Ecology*, 49, 181-194.

Hasan, N., Ahmad, T., & Sajedeh, J. (2020). Investigating the influence of acid washing pretreatment and Zn/activated biochar catalyst on thermal conversion of *Cladophora glomerata* to value-added bio-products. *Energy Conversion and Management* 225, 113392.

James, C. M., Al-Hinty, S., & Salman, A. E. (1989). Growth and m3 Fatty Acid and Amino Acid Composition of Microalgae Under Different Temperature Regimes. *Aquaculture*, 77, 337-351.

JeanCalleja, A., Kathleen, E., & Neville, C. (2020). The effect of global warming on mortality. *Early Human Development*, in press.

Jianke, H., Li, Y., Wan, M., Yan, Y., Feng, F., Qu, X., Wang, W. (2014). Novel flat-plate photobioreactors for microalgae cultivation with special mixers to promote mixing along the light gradient. *Bioresource Technology*, 159, 8-16.

Jörg, D., Uebele, A., Retze, A., Trösch, W., & Schmid-Staiger, U. (2001). A novel airlift photobioreactor with baffles for improved light utilization through the flashing light effect. *Journal of Biotechnology*, 92, 89-94.

Junchen, X., Jun, C., Xin, K., Xu, J., & Yang, W. (2020). Developing a Spiral-Ascending CO<sub>2</sub> Dissolver to Enhance CO<sub>2</sub> Mass Transfer in a Horizontal Tubular Photobioreactor for Improved Microalgal Growth. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(51), 18926–18935.

K. M. Nazmul, I., Kenway, S. J., Marguerite, A. R., Ka Leung, L., & Thomas, W. (2021). A review of the water-related energy

- consumption of the food system in nexus studies. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123414.
- Karolina, K., Bogusława, Ł., & Piotr Paweł, W. (2020). Isolation and determination of phenolic compounds from freshwater *Cladophora glomerata*. *Algal Research*, 48, 101912.
- Kim, D. G., Lee, C., Park, S.-M., & Choi, Y.-E. (2014). Manipulation of light wavelength at appropriate growth stage to enhance biomass productivity and fatty acid methyl ester yield using *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology* 159, 240-248.
- Lin-lin, W., Tao, Y., & Mao, X.-z. (2014). A novel flat plate algal bioreactor with horizontal baffles: Structural optimization and cultivation performance. *Bioresource Technology* 164, 20–27.
- Lindsey, R. (2021). *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*. Retrieved from
- Lopamudra, P., Bhattacharjee, V., Mitra, R., Bhattacharya, I., & Chowdhury, R. (2015). Biosequestration of CO<sub>2</sub> using power plant algae (*Rhizocloniumhiero glypticum* JUCHE2) in a Flat Plate hotbio-Bubble-Reactor –Experimental and modeling. *Chemical Engineering Journal*, 275, 381-390.
- Mehran, P., Hamoon, J., Maryam, P., Reza, G., & MohammadAli, A. (2018). Hydrothermal liquefaction of *Gracilaria gracilis* and *Cladophora glomerata* macro-algae for biocrude production. *Bioresource Technology*, 250, 26-34.
- Michael, C., Ninno, M. d., Gross, M., & Wen, Z. (2015). Use of wavelength-selective optical light filters for enhanced microalgal growth in different algal cultivation systems. *Bioresource Technology*, 179, 473-482.
- Minoo, J., & Palsson, B. (1991). High-Density Photoautotrophic Algal Cultures: Design, Construction, and Operation of a Novel Photobioreactor System. *Biotechnology and Bioengineering*, 1182-1189.
- Mohsenpour, S. F., Richards, B., & Willoughby, N. (2012). Spectral conversion of light for enhanced microalgae growth rates and photosynthetic pigment production. *Bioresource Technology*, 125, 75-81.
- Mohsenpour, S. F., & Willoughby, N. (2013). Luminescent photobioreactor design for improved algal growth and photosynthetic pigment production through spectral conversion of light. *Bioresource Technology*, 142, 147-153.
- Molina, E. G., Fernandez, J., Acien, F. G., & Chisti, Y. (2001). Tubular photobioreactor design for algal cultures. *Journal of Biotechnology* 92, 113-131.
- Oğuz Yunus, S., Mustafa, Ö., Hasan, S., Serin, S., & Kadir, A. (2010). Biodiesel production from *ricinus communis* oil and its blends with soybean biodiesel. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 56(12), 811-816.
- Patel, R. P., Nagababu, G., Kumar, S. V. V. A., M., S., & Kachhwah, S. S. (2020). Wave resource assessment and wave energy exploitation along the Indian coast. *Ocean Engineering* 217, 107834.
- Satthong, S., Saego, K., Kitrunloadjanaporn, P., Nuttavut, N., Amornsamankul, S., & Triampo, W. (2019). Modeling the effects of light sources on the growth of algae. *Advances in Difference Equations*, 170.
- Schmidt, J. J., Gagnon, G. A., & Jamieson, R. C. (2016). Microalgae growth and phosphorus uptake in wastewater under simulated cold region conditions. *Ecological Engineering* 95, 588-593.
- Shuirong, T., Cheng, W., Hu, R., Guigue, J., Hattori, S., Tawaraya, K., Hasegawa, T. (2021). Five-year soil warming changes soil C and N dynamics in a single rice paddy field in Japan. *Science of the Total Environment* 756, 143845.
- Singh, S. P., & Priyanka, S. (2015). Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 431-444.
- Singh, S. P., & Singh, P. (2015). Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50, 431-444.
- Sun, X., Cao, Y., Xu, H., Liu, Y., Sun, J., Qiao, D., & Cao, Y. (2014). Effect of nitrogen-starvation, light intensity and iron on triacylglyceride/carbohydrate production and fatty acid profile of *Neochloris oleoabundans* HK-129 by a two-stage process. *Bioresource Technology*, 155, 204-212.
- Tae Hyeong, K., Lee, Y., Han, S.-H., & Hwang, S.-J. (2013). The effects of wavelength and wavelength mixing ratios on microalgae growth and nitrogen, phosphorus removal using *Scenedesmus* sp. for wastewater treatment. *Bioresource Technology* 130, 75-80.
- Uthirapandi, V., Suriya, S., Boomibalagan, P., Eswaran, S., Ramya, S. S., Vijayanand, N., & Kathiresan, D. (2018). Bio-fertilizer potential of seaweed liquid extracts of marine macro algae on growth and biochemical parameters of *Ocimum sanctum*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 3528-2532.
- Vree, J. H. d., Bosma, R., Janssen, M., Barbosa, M. J., & Wijffels, R. H. (2015). Comparison of four outdoor pilot-scale photobioreactors. *Biotechnology for Biofuels*, 8, 215.
- Wahidin, S., Idris, A., & Shaleh, S. R. M. (2013). The influence of light intensity and photoperiod on the growth and lipid content of microalgae *Nannochloropsis* sp. *Bioresource Technology*, 129, 7-11.
- Warren, A., Esteban, G. F., & Finlay, B. J. (2016). Protozoa. In *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*.
- Warren, M., Deery, E., Warren, M., Croft, M., & Smith, A. (2007). Algae acquire Vitamin B12 through a symbiotic relationship with bacteria. *Nature*, 438, 90-93.
- Wenhua, G., Kefu, C., Jinsong, Z., Jun, X., & Bin, W. (2017). Thermal pyrolysis characteristics of macroalgae *Cladophora glomerata*. *Bioresource Technology*, 243, 212–217.
- Yaduvanshi, A., Bendapudi, R., Nkemelang, T., & New, M. (2021). Temperature and rainfall extremes change under current and future warming global warming levels across Indian climate zone. *Weather and Climate Extremes*, 31, 100291.
- Yoshioka, M., Yago, T., Yoshie-Stark, Y., Arakawa, H., & Morinaga, T. (2012). Effect of high frequency of intermittent light on the growth and fatty acid profile of *Isochrysis galbana*. *Aquaculture* 338, 111-117.
- Zamalloa, C., Boon, N., & Verstraete, W. (2013). Decentralized two-stage sewage treatment by chemical–biological flocculation combined with microalgae biofilm for nutrient immobilization in a roof installed parallel plate reactor. *Bioresource Technology* 130, 152–160.
- Zhang, Q. L. Y., Mieghem, A. V., Chen, Y.-C., Yu, N., Yang, Y., & Yin, H. (2020). Design and experiment of a sun-powered smart building envelope with automatic control. *Energy & Buildings*, 223, 110173.
- Zhoua, B., Or, S. W., Chan, K. W., Duan, H., Wu, Q., Wang, H., & Meng, Y. (2021). Short-term prediction of wind power and its ramp events based on semisupervised generative adversarial network. *Electrical Power and Energy Systems* 125, 106411.