

Türkiye’de Bazı Ekstrem Çevre Koşullarında Yaşayan Mikroalgal *sensu lato* Biyoçeşitliliğin Önemi

Dilek TEKDAL¹ , Ceren ÜNEK² 

¹Mersin Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Mersin, Türkiye

²Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, İstanbul, Türkiye

* Sorumlu yazar / Correspondence: dilektekdal@mersin.edu.tr

Geliş/Received: 31.05.2018 • Kabul/Accepted: 20.03.2019 • Yayın/Published Online: 30.04.2019

Öz: Mikroalgler *sensu lato* (*s.l.*), birçok habitatta yaşayabilen, tek hücreli fotosentetik organizmalardır. Oldukça uzun bir geçmişe sahip olan alglerin aynı zamanda yüksek adaptasyon yetenekleri bulunmaktadır. Dünya üzerinde, birçok canlının yaşam olanaklarını sınırlayan zorlu çevre koşulları mevcuttur. Ekstrem çevre koşulları olarak nitelendirilen bu zor koşullara adapte olmuş canlılar ise ekstremofiller olarak bilinmektedir. Algler, günümüzde sürdürülebilir enerji eldesi, çeşitli biyoaktif moleküllerin eldesi, biyolojik arıtım gibi birçok çığır açıcı teknolojik uygulama ile enerji, tıp, kozmetik, ilaç gibi dev endüstriyel alanlarda kullanım potansiyeli taşımaktadır. Algal biyoteknoloji alanındaki uygulamalarda alglerin endüstriyel olarak üretimlerini sınırlayan önemli engeller bulunmaktadır. Karşılaşılan engelleri aşabilmek için, araştırmacılar zorlu üretim koşullarına adapte olabilecek uygun türleri bulmaya çalışmaktadırlar. Son yıllarda, ekstremofilik türlerin izolasyonu ve kültüre edilerek saklanması ile alg kültür koleksiyonlarının oluşturulması daha fazla önem kazanmıştır. Sunulan bu derlemede algler hakkında genel bir bilgi verilmekte olup, alglerin önemi, yapılan çalışmalar, kullanım potansiyelleri ve ülkemizde algal biyoteknoloji çalışmaları üzerinde durulmuştur.

Anahtar kelimeler: Alg, biyoteknoloji, çevre, ekstremofil, genetik kaynaklar

The Importance Of Microalgal *sensu lato* Biodiversity Living In Extreme Environmental Conditions In Turkey

Abstract: Microalgae *sensu lato* are photosynthetic, mostly unicellular microorganisms living in various types of habitats. Algae have a long history from past to now, and they have unique potential of adaptation to very harsh environments. There are harsh environmental conditions in the world that limit the living conditions for many living organisms. These hard conditions are described as extreme for living organisms, and the residents of these environments are called extremophiles. Algal biotechnology is gaining momentum so fast, while rapid advances have been made in all biotechnological fields recently. Algal biotechnology is including the production of renewable energy, production of various kinds of commercially important biomolecules, use of microalgae in biological wastewater treatments and many other groundbreaking biotechnological applications, which have many applications in large industrial areas such as energy, medicine, cosmetics. There are significant obstacles to algal biotechnology applications and industrial production of algae. In recent years, the isolation and cultivation of extremophilic species and the creation of algal culture collections have gained more importance. In this review, general information about algae is given, and the importance of algae, algal studies and their usage potentials and algal biotechnology studies in our country are emphasized.

Key words: Algae, biotechnology, environment, extremophile, genetic resources

GİRİŞ

Mikroalgler *sensu lato* (*s.l.*), tatlı ve tuzlu sular gibi birçok habitatta yaşamlarını sürdürebilen mikroskopik ve fotosentetik organizmalardır. Alglerin sınıflandırılmasında; pigmentasyon, yaşam döngüsü, fotosentetik depo ürünlerinin kimyasal yapısı, fotosentetik membranların organizasyonu, temel hücre yapıları ve diğer birçok morfolojik özellikler dikkate alınmaktadır (Aktar ve Cebe, 2010).

Normal koşulların yanı sıra, canlılık bakımından uygun koşullara sahip olmayan alanlarda da yaşayan canlı türlerine rastlamak mümkündür. Bu tür alanlarda yaşayan canlılar, ekstremofilik canlılar olarak nitelendirilmektedirler. Ekstremofiller yaşadıkları ekstrem alanların karakterine göre birçok kategoride sınıflandırılmaktadır. Bu ekstrem koşullar, sıcaklık ($>45^{\circ}\text{C}$ ve $0(-)20^{\circ}\text{C}$), pH (>8 yüksek alkali; <4 yüksek asidik) ve tuzluluk (2-5 M NaCl) gibi birçok faktörün değişkenlik göstermesi ile tanımlanır (Seckbach, 2007; Rath, Mohanta vd., 2009). Birçok organizmanın yaşaması için elverişli olmayan bu tür ortamlara adapte olmuş ekstremofilik alglerin varlığı uzun yıllardan beri bilinmektedir.

Bununla beraber tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de ekstremofilik algler ile ilgili değerli araştırmalar olmasına karşın çalışmalar sınırlı sayıdadır. Yüksek tuz ve pH içeriğine sahip Mono gölünde yapılan çalışmalar neticesinde ekstremofilik algler tespit edilmiştir (Javor, 1989). Bu çalışma baz alındığında ülkemizin tuz ihtiyacının büyük oranının sağlandığı Tuz gölünün biyoteknolojik önemi olan algleri barındırdığı düşünülmekte ve önemini arttırmaktadır.

Termofilik canlılar, yüksek sıcaklıktaki ortamlarda yaşamaya adapte olmuş organizmalardır. Tablo 1'de sıcak su kaynaklarında, 45°C 'den yüksek sıcaklıklarda yaşayabilen termofilik organizmalar gösterilmektedir (Castenholz, 1969).

Tablo 1. Sıcak su kaynaklarında 45°C 'den yüksek sıcaklıklarda yaşayan organizmalar (Castenholz, 1969).

Organizma	Sıcaklık
İpliksi ve soliter bakteriler	95°C
Asidofilik Tiyobasiller	60°C
Fotosentetik bakteriler	$57-60^{\circ}\text{C}$
Siyanobakteriler	74°C
Rodofitler	$56-57^{\circ}\text{C}$
Mantarlar	60°C
Diyatomeler	50°C
Yeşil algler	48°C
Siliatlar	50°C
Rotifera	45°C
Kabuklular	$59-50^{\circ}\text{C}$
Örümceğimsiler	$50-51^{\circ}\text{C}$
Sinek	50°C
Kın kanatlılar	45°C

Algler arasında da termofilik alanlarda yaşamaya adapte olmuş türler mevcuttur, örneğin *Cyanidium* türleri daha önce yapılmış çalışmalarda, $50-60^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki asidik termal sularından izole edilmiştir. Diğer alglerle kıyaslandığında siyanobakterilerin 45°C ve üzeri sıcaklıklarda yaşayabildikleri bilinmektedir (Castenholz, 1969).

1838 yılından günümüze kadar araştırmacılar tuz oranı yüksek çeşitli sularından halofilik alg izolasyonu ve karakterizasyonunu yapmışlardır. İzole edilen alglerin *Dunaliella* sp., *Gloeocapsa* sp. (Syn: *Haematococcus*), *Protococcus* sp., cinsleri (Oren, 2002) ile Siyanobakteri, *Scenedesmus* sp. ve *Chlorella* sp. cinslerine (Atıcı, Obalı vd., 2001; Cadırcı, Tuney vd., 2007) ait oldukları belirlenmiştir. Ülkemizde ilk defa Ege bölgesi kaplıca ve maden sularının alg vejetasyonu ile ilgili inceleme Güner (1970) tarafından gerçekleştirilmiştir. Aysel vd. (1992) Zonguldak Ilıksu kaplıcası alg florasını incelemişlerdir. *Dunaliella* sp. cinsi tuzlu sularında en çok rastlanan ve en çok bilinen halofilik alg'dir. Bununla beraber, yapılan çalışmalar göstermektedir ki, *Asteromonas gracilis* Artari (Chlorophyceae) türü, *Dunaliella*'da olduğu gibi yüksek tuzluluğa karşı tolerans göstermektedir (Wegmann, Ben-Amotz, vd., 1980). Ayrıca, diyatomelerde tuzlu sularında sıkça rastlanmaktadır. *Navicula*, *Amphora* ve *Nitzschia* gibi diyatomeler hem alkali (pH 9.8), hem de yüksek derecede tuzluluğa sahip sularında karşımıza çıkabilmektedir (Javor, 1989).

Ökaryotik algler ve siyanobakterilere çeşitli ekstrem asidik ortamlarda rastlamak mümkündür. Asidofilik türlerin habitatı genellikle sülfatlı sulardır; ülkemizde de sülfat içeriği yüksek birçok termal kaplıca bulunmaktadır. *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler, termoasidofilik bir kırmızı algdir (Rhodophyta). $0-4$ pH'da, 57°C sıcaklıkta 1 N sülfirik asit varlığında fotosentezi sürdürebilmesi ile önemli bir ekstremofilik canlı konumundadır. Ayrıca *Dunaliella acidophila* (Kalina) Massjuk'da ekstrem asidofilik alanlarda yaşayabilen bir başka alg türü olarak sayılabilir (Pick, 1999). Diğer örnekler arasında, *Chlamydomonas acidophila* Negro ve *Euglena mutabilis* F. Schmitz'de yüksek asidik ortamlara adapte olmuştur (Gressner, 1959). Çeşitli pH'lara adapte olmuş alglerin varlığı bilinmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Düşük pH'lara adapte olmuş çeşitli algler (Seckbach, 2000; Beardall ve Entwisle, 1984; Pick, 1999).

Algler	Hücre Dışı pH
<i>Cyanidium caldarium</i> (Tilden) Geitler	2,1
<i>Chloridium saccharophilum</i> (W.Krüger) Darienko et al.	4
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij	5,3
<i>Auxenochlorella pyrenoidosa</i> (Chick) Molinari & Calvo-Pérez	3,1
<i>Chara corallina</i> Klein ex Willd.	4,5
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb.	3,1
<i>Euglena mutabilis</i> F. Schmitz	2,8
<i>Dunaliella acidophila</i> (Kalina) Massjuk	3,0

Asidik şartlarda olduğu gibi, alkali ortamlarda yaşamını sürdüren alglere rastlamak da mümkündür. Örneğin Güney Afrika'nın sodalı göllerinde yaşayan, *Arthrospira platensis* Gomont türü pH 11'de dahi gelişimine devam edebilmektedir (Grant ve Tindall, 1986). *A. platensis*, insanlar ve hayvanlar açısından yüksek besin değerine sahip olan önemli bir organizmadır. Yüksek pH'da yaşayan bu tür organizmaların üretimi, yarışmacı türlerin kontaminasyonunun önlenmesi, yüksek karbondioksit kullanımını gibi yararları beraberinde getirmesi nedeni ile tercih edilmektedir. Diğer cinsler arasında, heterokistik *Anabaenopsis* (*Cyanospira*), tek hücreli *Synechococcus* ve *Gloeocapsa* sayılabilir (Boussiba, Wu, vd., 2000). *Gloeothece linaris* Nægeli ve *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.'nin optimum olarak pH 10 da geliştiği bilinmekle beraber, *Leptolyngbya nostocorum* (Bornet ex Gomont) Anagn. & Komárek türü pH 13'e toleranslı olması ile en yüksek pH'da yaşayan organizma olarak dikkat çekmektedir. Diyatomeler de alkali göllerde fazlaca bulunan organizmalardır. Güney Afrika sodalı göllerinde (pH 8,3-10,6) yapılan bir çalışmada, en düşük pH'lı bölgelerde *Cyclotella meneghiniana* Kütz. dominant tür olarak bulunurken, en yüksek pH'larda *Nitzschia frustulum* (Kütz.) Grunow dominant tür olarak bulunmuştur. *Thalassiosira rudolfi* (A. Bachm.) Hasle ve *Craticula elkab* (O. Müll. ex O. Müll.) Lange-Bert. dominant türler olarak gösterilmiştir (Hecky ve Kilham, 1973). Yüksek derecede tuzlu ve alkali bir göl olan Mono Gölünde yapılmış çalışmalarda, *Nannochloropsis* sp., *Chlamydomonas* sp., *Dunaliella* sp., *Ctenocladus circinnatus* Borzi yeşil algleri ile, *Nitzschia communis* Rabh. ve *Halimnobia coffeaeformis* (C. Agardh) Levkov diyatomeleri ekstremofiller olarak kayda geçmiştir (Javor, 1989).

Alglerin Kullanım Alanları

Alglerin (*s.l.*) biyoteknolojik açıdan birçok kullanım alanı vardır, bu alanlardan en önemlileri arasında; sürdürülebilir yeşil enerji eldesi, ekonomik öneme sahip astaksantin, fikosiyanın gibi biyoaktif moleküllerin eldesi ve bunların tıp, kozmetik gibi alanlarda kullanımı, yüksek besin değerine sahip alglerin insan ve hayvan gıda ürünü olarak kullanılmaları sayılabilir.

Bunlara ilave olarak; algal biyoteknoloji çalışmalarında, fotobiyoreaktör tasarımı ve kullanımı da önemli bir yer tutmaktadır. Biyoteknolojik çalışmalarda en çok kullanılan mikroalg bölümleri arasında; Chlorophyta (Yeşil algler), Bacillariophyta (Diyatomeler) ve Ochrophyta (Chrysophyceae sınıfı = Altın renkli algler) bulunmaktadır (Raja, Hemaiswarya, vd., 2008; Rath, 2012). Son yıllarda algal biyoteknoloji son derece önemli bir noktaya ulaşmıştır. Alglerin biyoteknolojik önemine örnek olarak; (1) alglerden sürdürülebilir enerji kaynağı olan biyodizelin yanı sıra metan, bütanol ve etanol gibi ürünlerin eldesi, (2) bitkilerin büyümesi için elverişli olmayan tuzlu, alkali, kurak gibi ortamlarda algal üretimin yapılabilmesi ve bitkilerle kıyaslandığında daha az üretim alanına ihtiyaç duyulması, (3) sera gazlarını etkili bir biçimde kullanmaları nedeni ile üretimleri sırasında çevreye olumlu bir etkide bulunmaları ve dolaylı olarak karbondioksit emisyonunun zararlı etkilerini azaltmaları, (4) atık su arıtımında, nitrit, nitrat, amonyak ve fosfat gibi kirleticileri etkili bir şekilde temizleme potansiyellerinin olması, (5) biyogaz eldesi, (6) elementler ve organik madde bakımından zengin olmaları nedeni ile bitki gübresi ve hayvan yemi olarak kullanılabilirlikleri, (7) pestisit ve ağır metallerin biyoarıtımında kullanım potansiyellerinin olması, (8) insan besin ürünü olarak kullanılmaları, (9) nişasta, jelatin ve agar gibi ürünlerin eldesi, (10) antimikrobiyal ve terapötik moleküllerin eldesi, (11) zengin mineral içeriğine ve deriyi rejenere etme kapasitesine sahip alglerin güzellik merkezlerinde "thalassoterapi" uygulamalarında yaygın kullanımları, (12) antioksidan özellik taşıyan karotenoidlerin ve buna benzer birçok pigmentin üretimi sayılabilir (Pulz ve Gross, 2004; Becker, 2004; Hallman, 2007; Aktar ve Cebe, 2010).

Ekstremofiller ve Önemleri

Algal üretimde ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda, çeşitli ekstrem özelliklere sahip mikroorganizmalara gereksinim doğmuştur. Yüksek ve düşük sıcaklık ve pH'a, yüksek tuzluluğa ve buna benzer ekstrem koşullara

dayanıklı türler, üretim açısından birçok yönden avantajlı olduğu için tercih edilmeye başlanmıştır. Ekstreofil türlerin keşfi, bu türlerin yalnızca zorlu biyoteknolojik uygulamalarda kullanım potansiyelleri açısından değil, bu uygulamaların ne şekilde işlediğinin ve nasıl düzenlendiğinin anlaşılmasında da hem fizyolojik hemde moleküler çalışmalar için önem teşkil etmektedir. Bununla birlikte, gelecekte bu türlerden izole edilecek biyomoleküller veya ekstreozimler hem ekstrem koşullarda çalışabilecek, hemde bu biyomoleküllerin araştırılması ile ekstrem olmayan analoglarının, ekstrem şartlarda moleküler biyoloji teknikleri kullanılarak nasıl stabilize edilebileceği ile ilgili aydınlatıcı bilgiler sunacaktır (Herbert, 1992).

Ekstreofiller, enzimler başta olmak üzere, yağlar, proteinler (kriyoprotektan proteinler) ve diğer birçok biyomolekülün üretimi açısından önem taşımaktadır. En iyi bilinen örnek, Yellowstone jeotermal alanından izole edilen, *Thermus aquaticus* Brock & Freeze isimli bir ekstreofil bakteriden elde edilen Taq DNA polimeraz enzimidir. Hali hazırda bu enzimin dünya çapında yıllık satış oranı yarım milyar doları bulmaktadır. Bu enzime benzer olarak, ekstreofil türlerden izole edilip, ekstreozimler olarak isimlendirilen diğer polimerazlar, ligazlar, fosfatazlar, selülozlar da ticari olarak deterjan, gıda, tekstil, kimya, kağıt gibi birçok önemli endüstri alanında büyük bir değer taşımaktadır (Antranikian, 2005). Algal üretimde kullanılan açık ve kapalı üretim sistemlerinin çeşitli üretimi sınırlayıcı zorlukları mevcuttur. Bu sınırlamalar içerisinde; kapalı sistemlerde (fotobiyoreaktörler) kültürün sıcaklığının ve pH'nın ayarlanmasında yaşanan zorluklar yer alırken, açık sistemlerde ise türlerin kolaylıkla kontamine olması gibi problemler sayılabilir (Ugwu, Aoyagi, vd., 2008). İşte bu noktada ekstreofil türlerin neden tercih sebebi olduğu daha net anlaşılmaktadır. Yüksek veya düşük pH'da ve yüksek tuzlulukta yapılan algal üretimde, kontaminasyon problemi elimine edilebilir. Sıcak durum için de aynı şey geçerlidir. Teoride sıcaklık ve pH iyi kontrol edilmese dahi, optimum gelişim, pH ve sıcaklık aralığı geniş olan bir tür rahatlıkla kapalı sistemlerde üretilebilir. Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de küresel ısınmanın negatif etkileri hissedilmekte olup bu sebeple önemli sulak alanlarımızın bir kısmı kuruma tehlikesi altındadır. Gelecekte, insan, bitki ve hayvan yaşamı için en önemli besin elementi olan suya ve dolayısı ile su kaynaklarına duyulan ihtiyacın artacağı düşünülmektedir (Tomambay, 2008; Akdağ, 2015). Bu nedenlerle az su varlığında dahi yaşamını devam ettirebilen, besin olarak tüketilebilen ve temel aminoasitlerce zengin protein içeriğine sahip olan algelere olan ilginin de artacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda, tatlı su alanlarının azalmasının, gelecek araştırmalar için ilginin denizler üzerine kaymasına neden olacağı da varsayılmaktadır. Bu nedenle tuzlu suda yaşamını devam ettirebilen ve faydalı olan tatlı su türlerinin önemi artacaktır. Küresel ısınmanın diğer bir önemli etkisinin, ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 yılları arasında 1,4 ila 5,8°C artışa neden olacağı düşünülmektedir (Türkeş, 2006; 2007). Bu durum, termofilik algerin muhafazasının önemini arttırmaktadır.

Kültür Koleksiyonları ve Önemleri

Algal biyoteknoloji'nin gelişmesinde, kültür/gen koleksiyonlarının rolü çok büyüktür. Bugün, çeşitli kültür koleksiyonlarından, birçok alg türüne ve çeşitli alg suşlarına ulaşmak mümkündür. Fakat doğadaki algal türlerin çeşitliliğini ve sayısını göz önüne alırsak, kültür koleksiyonlarındaki mevcut türler ve suşlar, toplam tür ve suşlara kıyasla çok az sayıdadır. Gelecekte, algal biyoteknolojinin geleceği nokta düşünülecek olunursa, şu an mevcut koleksiyonların yetersiz kalacağını söylemek abartı olmayacaktır. Katı ve sıvı besi yeri sürekli kültürleri ve liyofilizasyon çalışmalarının yanında, en çok tercih edilen yöntem kriyoprezervasyondur. Birçok türün bu şekilde saklanabildiği gösterilmiştir (McLellan, 1989; Bodas, Brenning, vd., 1995; Brand ve Diller, 2004). Birçok algal karakterizasyon çalışması çeşitli tanımlama anahtarları yardımı ile mikroskop altında türlerin morfolojik özelliklerinin farklılığına göre yapılmaktadır. Ayrıca, AFLP, 16S rRNA-ITS gen bölgesi analizi, 18S rDNA bölge analizi ve bunlara benzer yöntemler kullanılarak alg türlerinin veya suşların akrabalıklarının anlaşılması, türlerin tespiti ve benzer türlerin ayrımı yapılmaktadır (Iteman, Rippka, vd., 2002; Laloui, 2002; Valerio, Chambel, vd., 2009). Türkiye'deki mevcut alg kültür/gen koleksiyonlarına bakıldığında; 2 tane üniversite (1) Ege Üniversitesi Mikroalg Kültür Koleksiyonu (EGEMACC), (2) Göteborg Üniversitesi Deniz Kültürü (GUMACC) (Kerem, Salman, vd., 2008), 1 tane özel sektör'e (Mikroalg Kültür Koleksiyonu, WDCM 979) ait alg kültür koleksiyonu bulunduğu görülmektedir. Ayrıca İstanbul Mikroyosun Biyoteknolojileri Araştırma ve Geliştirme Birimi (İMBİYOTAB) çeşitli ekosistemlerden izole edilmiş geniş bir alg koleksiyonuna sahip olup, birimde yeşil, kahverengi ve kırmızı mikroalg gruplarından farklı endüstriyel uygulamalara yönelik özel türlerin varlığı bildirilmektedir (Anonim, 2015).

Algal Biyoteknolojinin Türkiye'deki Durumu

Algal biyoteknoloji'nin Türkiye'deki geçmişi çok uzun sayılmamakla birlikte, son yıllarda sürdürülebilir enerji arayışı ve algerin birçok alanda kullanım potansiyeli bu konuyu tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de cazip duruma getirmiştir. Son 50 yıl içerisinde ülkemizde yapılan çalışmalara bakıldığında; göller, akarsular, kaphçalar, denizler ve barajlar gibi birçok tatlı ve tuzlu su kaynağının algal florası ve komünite yapısını araştıran değerli birçok çalışmanın olduğu görülmektedir. Türkiye'de yapılan algal çalışmaların genel bir literatür taraması yapıldığında bu çalışmaların birçoğunun taksonomik ve fizyolojik çalışmalar olduğu ve sularımızın florasını anlayabilmemizde çok önemli bir role sahip oldukları anlaşılmaktadır. Bununla beraber ekstrem koşullara sahip sularımızda yapılmış değerli çalışmalar olmasına karşın bu çalışmaların sayısı çok azdır.

Son zamanlarda, kuraklık ve petrol fiyatlarındaki anormal artış nedeniyle temiz ve yenilenebilir enerji olarak görülen biyodizel karşı ilgi artmıştır. Biyodizelin yağlı tohumlu bitkilerden eldesi mümkün olmakla birlikte, 2008 yılı Türkiye Büyük Millet Meclisi Araştırma Komisyonu Raporu'nda da (Anonim, 2008) dile getirildiği üzere, yağlı tohumlu bitkilerin üretimi ülkemizde yetersiz durumda olup ithalat maliyeti de oldukça yüksektir. Bu sebeple biyodizelin eldesi için yağ içeriği yüksek, üretimi ekonomik ve kolay olan algler büyük potansiyel taşımaktadır.

Normal koşulların yanı sıra, ekstrem şartlarda yaşayan alglerin varlığı da dikkat çekicidir. Bu türlerin ekstrem şartlara uyum sağlamak için kullandıkları çeşitli adaptif özellikler, onları biyoreaktörler ve açık alan üretim sahalarında tercih edilir duruma getirmektedir. Türkiye'de buna benzer yapılmış çalışmalar az sayıdadır. Hem ekstrem alanlarda yaşayan tür sayısının azlığı hem de izolasyon aşamasında yaşanan sıkıntılar, bu çalışmaları güçleştirmekte ve araştırmacıların bu alanlarda yaptıkları çalışmaların sonuçlarını olumsuz etkileyerek ürüne dönüşümlerini engellemektedir. Van gölü suyunun yüksek oranda bazik olması, alg türlerinin yaşaması açısından ekstrem koşul ihtiva etmektedir. Ekstrem koşullara sahip Van gölü'nde yaşayan alglerin incelenmiş olduğu sadece bir çalışma bulunmaktadır (Golubic ve Buch, 1978).

Ülkemizde, özel sektörlerin tek veya kamu kuruluşu ile ortaklaşa algler üzerine yürüttükleri çalışmaların olduğu bilinmektedir; özel sektörlerden biri olan Ege Biyoteknoloji A.Ş., yağ verimi en yüksek olan mikroalgler s.l. üzerinde çalışmaktadır. Kuruluş bünyesinde bulunan mikroalg laboratuvarında geniş çaplı araştırmalar yapılmakta ve yaklaşık 30 türün yer aldığı bir kültür koleksiyonu mevcut bulunmaktadır. Ege Biyoteknoloji A.Ş.'nin Bergama'daki Üretim Tesisleri'nde biyoyakıt üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2000).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmacıların üzerinde en çok çalıştığı konuların başında sürdürülebilir enerji kaynaklarının keşfedilmesi yer almaktadır. Mevcut olan enerji kaynaklarının günümüzde hızla azalmaya başlaması ve vizyon 2023'de de belirtildiği üzere gelecek yıllarda tüketimi karşılamayacak duruma gelebileceği fikri bu konudaki endişeleri arttırmakta olup yeni sürdürülebilir enerji rezervlerinin bulunmasını gerekli kılmıştır. Bu durum geleceğin yeşil enerjisinin üretileceği algere duyulan ilginin artmasına neden olmuştur. Temiz ve sürdürülebilir enerji eldesi amacıyla yapılan algal çalışmalar, milyon dolarlar harcanılarak yapılan bu çalışmaların beklentileri karşılamamakta olduğu görülmektedir. Bu durumun en önemli nedenlerinden bir tanesi yağ içeriğinin düşük olduğu bilinen alg türlerinin devamlı olarak farklı araştırma gruplarınca, mevcut hücresel yağ miktarını arttırmaya yönelik yapılan çalışmalarda kullanılıyor olmalarıdır. Dünya üzerinde henüz keşfedilmemiş alg türlerinin ve suşlarının sayısı düşünüldüğünde, yağ içeriği bilinen türlere oranla çok daha yüksek olabilecek keşfedilmemiş alg türlerinin varlığı sebebiyle yapılacak buna benzer projeler büyük önem taşımaktadır.

Evsel ve endüstriyel atıklardan dolayı sulara oluşan kirliliğin giderilmesinde alglerin kullanılması algal biyoteknolojinin önemli bir uygulama alanı olup, bu amaçla model algler belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu bağlamda, ağır metal kirliliği problemi yaşanan sular ile endüstriyel ve evsel atıkların kirlettiği suların arıtılmasında alglerin enerji eldesi amacıyla kullanılmaları hem atık suların geri kazanılmasında hem de alglerden üretilecek enerjinin maliyetini kabul edilebilir seviyelere düşürülmesinde büyük önem taşıyacaktır. Alglerden yapılacak enerji eldesinde üretimin maliyetini düşürmek adına entegre sistemler kullanmak en doğru seçenek olarak göze çarpmaktadır. Atık sulara, enerji üretimi için üretilecek algler, hem atık suların geri kazanılması adına hem de enerji üretiminin maliyetinin düşürülmesi adına önem taşımaktadır. Algal biyodizelin yanması sonucu fosil yakıtlara oranla daha az karbondioksit emisyonunun oluşması, alglerin bu atık su alanlarında enerji amaçlı üretimleri sırasında kullandıkları karbondioksit ve atık suların bu entegre sistemlerle geri kazanılması beraber düşünüldüğünde, oldukça çevreci bir enerji üretimi prosesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple ağır metalleri etkili bir biçimde absorbe ve/veya adsorbe edebilen yağ miktarı yüksek yeni algal türlerin keşfedilmesi çok önemlidir.

Küresel ısınma ve insanların çevre üzerinde yarattıkları kirlenici etkiler nedeni ile sulak alanlar olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu sebeple biyoçeşitliliğimiz de zarar görmektedir. Dolayısı ile alg kültür/gen koleksiyonlarının oluşturulması, algal genetik kaynaklarımızın ve biyoçeşitliliğimizin muhafazası açısından önem teşkil etmektedir.

Moleküler çalışmalarda sıklıkla başvurulan yöntemlerden biri olan Polimeraz Zincir Reaksiyonu'nda kullanılan DNA polimeraz enzimlerinin yüksek sıcaklığa toleranslı olması moleküler çalışmalar açısından bu enzimlerin önemini arttırmıştır. Bu nedenle, termofilik alglerden, sıcaklığa toleranslı enzimlerin izole edilmesi birçok bilim insanının üzerinde en çok çalıştığı alanlardan biri olup ülkemiz ekonomisine de katkısının olacağı öngörülmektedir. İzole edilebilecek birçok enzimin yanında, tıp, kozmetik ve bunlar gibi birçok dev endüstriyel alanda kullanılacak, ülkemiz adına büyük katma değer sağlayabilecek astaksantin ve fikosiyanin gibi aktif biyomoleküllerin izolasyonlarının yapılabileceği alglerin elde edilmeye çalışılması da önemlilik arz etmektedir.

KAYNAK LİSTESİ

- Akdağ, R. (2015). Kentsel su sunumunda bir yönetim aracı olarak su talep tahmini. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(3): 69-81.
- Aktar, S, Cebe, G. (2010). General spesifications, using areas of algae and their importance on pharmacy. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 39 (3): 237-264.
- Anonim, (2000). Ege Biyoteknoloji. <http://www.egebiyoteknoloji.com/icerik.php?SayfaId=57981059>, (erişim tarihi: 10.01.2018).
- Anonim (2008). Zeytin ve zeytinyağı ile diğer bitkisel yağların üretiminde ve ticaretinde yaşanan sorunların araştırılarak alınması gereken önlemlerin belirlenmesi amacıyla kurulan meclis araştırma komisyonu raporu. <https://www.tbmm.gov.tr/sirasayi/donem23/yil01/ss296.pdf>, (erişim tarihi: 28.10.2016).
- Anonim, (2015). İstanbul mikroyosun biyoteknolojileri araştırma ve geliştirme birimi. <https://imbiyotab.boun.edu.tr/tr/content/imbiyotab-hayata-geciyor>, (erişim tarihi: 10.01.2018).
- Antranikian, G., Vorgias, G.E. ve Bertoldo, C. (2005). Extreme environments as a source for microorganisms and novel biocatalysts. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 96: 219-262.
- Atici, T., Obalı, O., Akköz, C. ve Elmacı, A. (2001). Isolation and identification of halophytic algae from salty soil around Salt Lake of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4: 298-300.
- Aysel, V., Çelik, A., Yayıntaş, A. ve Şipal-Gezerler U. (1992). Zonguldak-Ilıksu Kaplıcası alg florası [Thermal Water Algae of Zonguldak Ilıksu]. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 9 (33-36): 72-82.
- Beardall, J. ve Entwisle, L. (1984). Internal pH of the obligate acidophile *Cyanidium caldarum* Geitler (Rhodophyta). *Phycologia*, 23: 397-399.
- Becker, W. (2004). *Microalgae in Human and Animal Nutrition*. Şu eserde: Richmond, A. (ed.). *Handbook of Microalgal Culture*, 312-351. Blackwell, Oxford.
- Bodas, K., Brenning, C., Diller, K.R. ve Brand, J.J. (1995). Cryopreservation of blue-green and eukaryotic algae in the culture collection at The University of Texas at Austin. *Cryo-Letters*, 16: 267-274.
- Boussiba, S., Wu, X. ve Zarka, A. (2000). *Alkaliphilic Cyanobacteria*. Şu eserde: . Sechbach, J. (ed.). *Journey to Diverse Microbial Worlds*, 209-224. Springer, Dordrecht-The Netherlands.
- Brand, J.J. ve Diller, K.R. (2004). Application and theory of algal cryopreservation. *Nova Hedwigia*, 79: 175-189.
- Cadirci, B.H., Tuney, I., Yasa, I., Sukatar, A. ve Gokeen, G. (2007). Isolation and identification of a thermophilic cyanobacterium from Balçova, İzmir-Turkey. The 38th CIESM Congress, 9-13 Nisan 2017, İstanbul, Türkiye.
- Castenholz, R. (1969). Thermophilic blue-green algae and the thermal environment. *Bacteriological Reviews*, 33: 476-504.
- Golubic, S. ve Buch, B. (1978). Diatoms in Lake Van sediments. *Bulletin of The Mineral Research and Exploration*, 169: 111-114.
- Grant, W.D. ve Tindall, B.J. (1986). *The Alkaline Saline Environment*. Şu eserde: Herbert, R.A. ve Codd G.A. (edlr.). *Microbes in Extreme Environments*, 25-54. Academic Press, London-England.
- Gressner, F. (1959). *Hydrobotanik*. Deutscher Verlag de Wissenschaften, Berlin-Germany.
- Güner, H. (1970). Ege bölgesi kaplıca ve maden sularının alg vejetasyonu ile ilgili inceleme. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmî Raporlar Serisi No: 99. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- Hallman, A. (2007). Algal Transgenics and Biotechnology. *Journal of Transgenic Plant* 1: 81-98.
- Hecky, R.E. ve Kilham, P. (1973). Diatoms in alkaline saline lakes: Ecology and geochemical implications. *Limnology and Oceanography*, 18: 53-71.
- Herbert, A.R. (1992). A perspective on The biotechnological potential of extremophiles. *Trends in Biotechnology*, 10: 395-402.
- Iteman, I., Rippka, R., Tandeau de Marsac, N. ve Herdman, M. (2002). rDNA Analyses of planktonic heterocystous cyanobacteria, including members of the genera *Anabaenopsis* and *Cyanospira*. *Microbiology* 148: 481-496.
- Javor, B. (1989). *Hypersaline Environments: Microbiology and Biogeochemistry*. Springer-Verlag, Berlin-Germany.
- Kerem, M., Salman, B., Pasaoglu, H., Bedirli, A., Alper, M., Katircioglu, H., Atici, T., Perçin, E.F. ve Ofluoglu, E. 2008. Effects of microalgae chlorella species crude extracts on intestinal adaptation in experimental short bowel syndrome. *World Journal of Gastroenterology*, 14: 4512-4517.
- Laloui, W., Palinska, K.A., Rippka, R., Partensky, F., Tandeau de Marsac, N., Herdman, M. ve Iteman, I. (2002). Genotyping of axenic and non-axenic isolates of the genus *Prochlorococcus* and the OMF- 'Synechococcus' Clade by Size, sequence analysis or RFLP of The Internal Transcribed Spacer of The Ribosomal Operon. *Microbiology*, 148: 453-465.
- McLellan, M.R. (1989). Cryopreservation of diatoms. *Diatom Research*, 4: 301-318.
- Oren, A. (2002). *Dunaliella and Other Halophilic Algae, Halophilic Microorganisms and Their Environments*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-The Netherlands.
- Pick, U. (1999). *Dunaliella acidophila – A Most Extreme Acidophilic Alga*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-The Netherlands.

- Pulz, O. ve Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 65: 635-648.
- Raja, R., Hemaiswarya, S., Ashok Kumar, N., Sridhar S. ve Rengasamy R. (2008). A perspective on the biotechnological potential of microalgae. *Critical Reviews in Microbiology*, 34: 77-88.
- Rath, C.C., Mohanta, H.S. ve Dash, S.K. (2009). *Extremophiles as Novel Cell Factories*. Şu eserde: Mishra, C.S.K. ve Champagne, P. (edlr.). *Biotechnology Applications*, 282-299. I. K. International Publications, New Delhi-India.
- Rath, C.C. (2012). Commercial and industrial applications of microalgae. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 3 (4): 89-100.
- Seckbach, J. (2000). Acidophilic Microorganisms. Şu eserde: Seckbach, J. (ed.). *Journey to Diverse Microbial Worlds*. Kluwer Academic Publishers, 107-116. Dordrecht-The Netherlands.
- Tomambay, M. (2008). *Dünyada Su ve Küresel Isınma Sorunu*. Phoenix Yayınevi, İstanbul-Türkiye.
- Türkeş M, (2006). Küresel iklimin geleceği ve Kyoto Protokolü. *Jeopolitik*, 29: 99-107.
- Türkeş, M. (2007). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan 2007, İstanbul.
- Ugwu, C.U., Aoyagi, H. ve Uchiyama, H. (2008). Photobioreactors for mass cultivation of algae. *Bioresource Technology*, 99: 4021-4028.
- Valerio, E., Chambel, L., Paulino, S., Faria, N., Pereira, P. ve Tenreiro, R. (2009). Molecular identification, typing, and traceability of cyanobacteria from freshwater reservoirs. *Microbiology*, 155: 642-656.
- Wegmann, K., Ben-Amotz, A. ve Avron, M. (1980). Effect of temperature on glycerol retention in the halotolerant algae *Dunaliella* and *Asteromonas*. *Plant Physiology*, 66: 1196-1197.