

Biyoyakıt Amaçlı Mikroalg Üretimi İçin Bazı Yetiştirme Parametrelerinin Belirlenmesi

Mustafa GEZİCİ¹, Konuralp ELİÇİN², Recai GÜRHAN¹

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü

²Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü
konuralp.elicin@dicle.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 09.05.2012

Accepted (Kabul Tarihi): 29.06.2012

Özet: Algler, farklı kimyasal ve biyolojik bileşikleri üretme özelliği nedeniyle ticari önemi olan organizmalardır. Küçük tek hücreli türlerden, karmaşık çok hücreli yapılara kadar çeşitlilik gösterirler. Aynı zamanda, biyokütlenin en önemli birincil üreticileri olup, organizmalar içinde en değerli ekolojik gruplardan biridir. Özellikle, mikroalgler üzerinde yapılan son biyoteknolojik ve teknik incelemeler, gıda, ziraat, yem, çevre ve kozmetik gibi alanlarda kullanımlarını arttırmaya yöneliktir. Bu çalışmada, biyoyakıt üretimine uygunluk, farklı yağ oranı miktarına sahip olabilmeye, kolay bulunabilirlik, kontaminasyonadayanıklık ve farklı sıcaklık gereksinimleri gibi faktörler göz önüne alınarak, Chlorophyceae sınıfına ait *Palmellopsismuralis* ve yine Chlorophyceae sınıfına ait *Dunaliellasalina* sp. türleri incelenmiştir. İncelenmeye alınan bu türlerin; farklı dalga boylarına sahip ışık kaynakları (mavi, sarı, kırmızı ve beyaz), farklı aydınlanma süreleri (12/12, 18/6, 6/18 ve 24/0), farklı sıcaklıklar (21 °C, 28 °C ve 35 °C) ve farklı ışık şiddetleri (172 lux, 186 lux ve 265 lux) gibi yetiştirme parametrelerinin; hücre sayıları, pH ve iletkenlik değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, her iki türde de en iyi yetiştirme parametrelerine beyaz ışık kaynağı, 24 saat aydınlanma süresi ve en yüksek ışık şiddeti değerlerinde ulaşıldığı, sıcaklık değerlerinde ise, türlerin farklı yetiştirme davranışları gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerjiler, mikroalgler, biyodizel, *palmellopsis muralis*, *dunaliellasalina* sp.

Determination of Some Growing Parameters of Microalgae Production for Biofuel

Abstract: Algae, are commercially important organisms that produce compounds. They show up small single-celled and complex multicellular structures of diversity. At the some time they are main producers of biomass as well as the most valuable ecological groups of organisms. In particular, recent biotechnological and technical investigations carried out on microalgae, food, agriculture, feed, environment and focuses on increasing use in areas such as cosmetics. In this research, *Dunaliellasalina* sp. and *Palmellopsismuralis* species were examined for suitable for the production of biofuels, the amount of fat is more easily available, contamination resistance and different factors such as temperature requirements. Taken to examine these species, with different wavelengths of light sources (blue, yellow, red and white), different illumination times (12/12, 18/6, 6/18 and 24/0), different temperatures (21 oC, 28 oC and 35 °C) and different light intensities (172 lux, 186 lux and 265 lux) growth parameters were determined on such as, cell counts, pH, and conductivity values. As a result, the parameters of the best growing in both species, the white light source, a 24-hour illumination time and reached the highest values of light intensity, temperature values, the species showed different growth behavior.

Key words: Renewable energy, microalgae, biodiesel, *palmellopsismuralis*, *dunaliellasalina* sp.

GİRİŞ

Algler fotosentez yoluyla ışığı soğurup, inorganik maddeleri organik maddelere dönüştüren, oldukça basit yapıda, canlı, sucul organizmalardır. Küçük tek

hücreli türlerden, karmaşık çok hücreli yapılara kadar çeşitlilik gösterirler. Algler, gezegenimizde biyolojik CO₂/O₂dönüştürücü olarak görev yapmaktadır.

Ayrıca biyomasın en önemli birincil üreticileri olup, organizmalar içinde en değerli ekolojik gruplardan sayılmaktadır. Mikroalgler üzerinde yapılan son biyoteknolojik ve teknik incelemeler, gıda, ziraat, yem, çevre ve kozmetik gibi alanlarda kullanımlarını arttırmaya yöneliktir (Şekil 1).

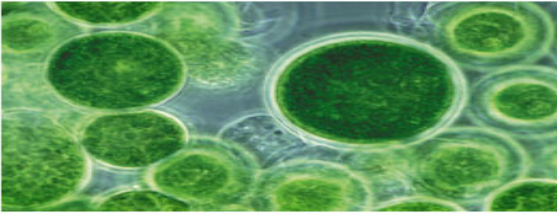


Şekil 1. Alglerin kullanım alanları

Algler, birçok farklı sınıflandırma yapılsa da genel olarak, prokaryotik ve ökaryotik olmak üzere iki ayrı sınıfa dahil edilebilirler (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. Prokaryotik alg örneği



Şekil 3. Ökaryotik alg örneği

Mikroalgler en eski yaşam formlarından biridir. Kök, gövde ve yaprakları yoktur. Fotosentetik pigment olarak klorofil A vardır. Mikroalg yapıları enerji korunumuna öncelik verir ve onların basit gelişimleri, hakim olan çevre koşullarına adaptasyonlarına ve uzun vadede gelişimlerine olanak sağlar.

Alglerin üretim sistemleri

Mikroalg üretiminde büyük çaplı yetiştiriciliğin amacı, az harcamayla verimli ürün geliştirilmesidir. Büyük ölçekli kültür sistemlerinde ışığın etkin kullanımı, sıcaklık, mikroalg kültüründe hidrodinamik dengeyi ve kültürün devamlılığını sağlama gibi ana hususların karşılanması gereklidir. Her mikroalg türünün ideal gelişimi, kendine özgü özel koşulların sağlandığı kültür ortamlarında gösterir. Çizelge 1'de mikroalglerin ortalama üretim şartları verilmiştir.

Çizelge 1. Mikroalglerin ortalama üretim şartları

Parametreler	Sınır değerleri	Optimum şartlar
Sıcaklık(°C)	16 – 40	18 – 24
Tuzluluk (g/l)	12 – 40	20 – 24
Işık yoğunluğu (lux)	1000 – 10000	2500 – 5000
Işıklanma süresi (Gündüz:gece h)	-	16:8 min. 24:0mak.
pH	7 – 9	8,2 – 8,7

Mikroalglerin hem iç hem de dış mekânda üretimleri yapılabilmektedir. Dış mekân üretim sistemleri olarak, doğal göletler, havuzlar ve her tür malzemeden imal edilen tanklar sayılabilmektedir (Yılmaz, 2006). İç mekân mikroalg üretim sistemleri ise, küçük ölçekli torbalar, tübüler ve düz-levha fotobiyoreaktörler olarak adlandırılırlar.

Üretimlerde, kullanılan diğer sistemler, geniş torbalar ve polyster tanklardır. Bu tanklarda doğal güneş ışığından faydalanılarak üretim yapılmaktadır. Bu sistemlerin dezavantajları ise, üretim performanslarının garanti altında olmayışı ve üretimin önceden belirlenememesidir. Plastik torbalarda mikroalg üretiminin dezavantajları ise, üretimin kesikli olması fazla bir işçilik gerektirirken, sistem hacmi göreceli olarak arttırılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Geniş üretim havuzları

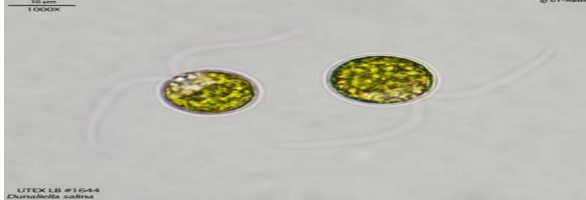
Mikroalg üretimi için kullanılan teknik tasarımlardan oluşan sistemler fotobiyoreaktörler olarak adlandırılmaktadır (Naz ve Gökçek, 2006). Dış mekândaki fotobiyoreaktörler, mikroalg üretimi için tasarlanmış, güneş ışığının yeterli olduğu dış mekânlarda, saydam silindirik borular içerisinde algin bulunduğu, sürekli dolaşım sistemine dayanan modellerdir. Tüpler, dikey ya da yatay bir şekilde düzenlenerek kapalı ya da açık alanlarda belirli açıyla inşa edilirler (Şekil 5).



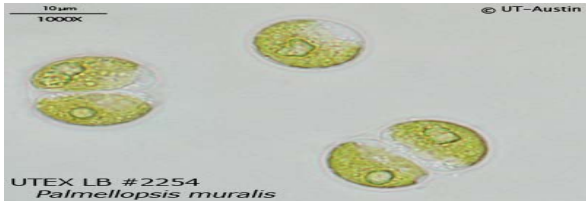
Şekil 5. Dış mekân fotobiyoreaktör örneği

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada materyal olarak, kolay bulunabilirlik, kontaminasyon dayanıklılık ve sıcaklık gibi yaşam faktörleri göz önüne alınarak, Chlorophyceae sınıfına ait *Palmellopsismuralis* ve yine Chlorophyceae sınıfına ait *Dunaliellasalina* sp. türleri seçilmiştir (Şekil 6 ve 7).



Şekil 6. *Dunaliellasalina* sp. mikroskop görüntüsü



Şekil 7. *Palmellopsismuralis* ait mikroskop görüntüsü

Alglerin yetiştirilmesinden sonra denemeler 4 farklı bölümde planlanmıştır. Işık şiddeti ve ışıklanma sürelerinin etkilerinin de incelenecek olmasından dolayı alglerin yetiştirildiği her bir balon jojeye strafor malzemeden ışık geçirmez birer kutu yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Koruyucu kutular

Deneme başlangıcında algler, farklı dalga boylarına sahip renkli ışık kaynakları kullanılarak 24 saat aydınlanma süresine tabi tutularak, sabit ışık şiddeti altında hücre sayıları, pH ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. İlk denemede uygulanan 4 farklı renk ışık kaynağı içerisinde en yüksek ışık şiddetine sahip olan ve yetiştirme parametreleri üzerine olumlu etki yaratan beyaz ışık kaynağı seçilip diğer denemelerde beyaz ışık kaynağı kullanılmıştır. İkinci bölümde beyaz ışık kullanılarak yine sabit ışık şiddetine maruz bırakılan algler, 24 saat aydınlık, 18 saat aydınlık – 6 saat karanlık, 18 saat karanlık – 6 saat aydınlık ve 12 saat aydınlık – 12 saat karanlık, periyotları içerisinde yine aynı parametreler incelenmiştir. Üçüncü bölümde yine aynı şekilde beyaz ışık kullanımı ve sabit ışık

şiddeti altında alglerin, sırasıyla 21 °C, 28 °C ve 35 °C'daki hücre sayılarındaki değişimleri ile pH ve iletkenlik değerleri araştırılmıştır. Denemenin son bölümünde ise, beyaz ışık kaynağı kullanılan ve 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık periyotlar içerisinde ışığa maruz bırakılan alglere, farklı ışık şiddeti uygulanmıştır. Sırasıyla 6V, 9V ve 12V'luk adaptörlerin 60 cm led ışık kaynağına sağladığı ışık şiddetlerinin aynı parametreler üzerindeki değişimleri belirlenmiştir.

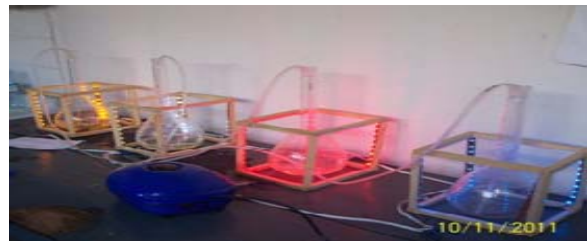
Çizelge 2'de alglere verilen besin maddeleri ve karışım oranları görülmektedir. Bu stok çözelti, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanmıştır. Denemeleri yapılacak tür, balon jojelere dağıtılmadan önce büyük bir fanus içerisinde üretilmiştir. Burada yeterli miktarda üretimi gerçekleştirildikten sonra balon jojelere aynı hacimde (300 ml) dağıtımı yapılmıştır.

Çizelge 2. Besin maddesi içeriği

İçerik	Miktar, ml/l	Miktar g/400 ml
NaNO ₃	30	10
CaCl ₂ ·2H ₂ O	10	1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	10	3
K ₂ HPO ₄	10	3
KH ₂ PO ₄	10	7
NaCl	10	0,4
P-IV Metal Solution	6	0,1
Soilwater: GR+ Medium	40	1,5
Vitamin B ₁₂	1	2
Biotin Vitamin Solution	1	0,9
Thiamine Vitamin Solution	1	0,1

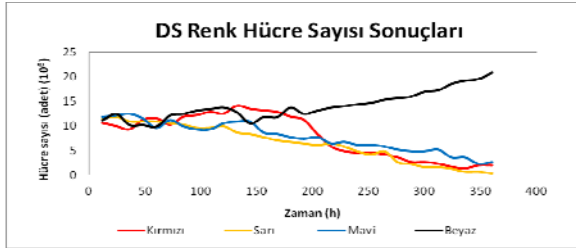
ARAŞTIRMA BULGULARI

Denemelerin ilk bölümünde farklı renkteki ledlerin alg gelişimine etkileri incelenmiştir (Şekil 9). Kutular içerisinde yapılan ışık şiddeti ölçümlerinde, sarı ışık 117 lüks, mavi ışık 194 lüks, kırmızı ışık 224 lüks ve beyaz ışık 265 lüks sonuçları elde edilmiştir. Literatürlere göre ise bazı türlerin düşük, bazı türlerin ise yüksek ışık şiddeti ihtiyaçları olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, 12 V'luk adaptörlerle 60 cm ledlerin sağladığı ışık şiddeti olarak belirlenmiştir. Bu denemede, alglerin zamana bağlı olarak, hücre sayıları, pH ve iletkenlik değişimleri gözlemlenmiştir.



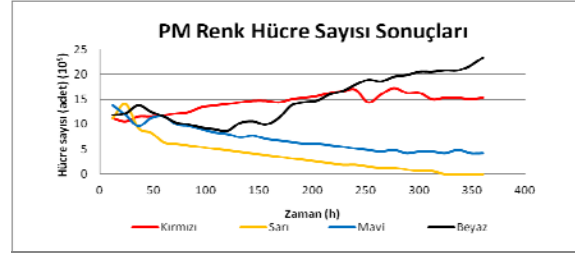
Şekil 9. Renk denemeleri

Denemelerin başlangıcında ortalama olarak her bir balon jochenin içine 1150000 adet/l hücre sayısı içeren tür yerleştirilmiştir. *Dunaliellasalina* sp. mikroalg türünde, kırmızı ışık altında yapılan denemelerde 6. gününsonuna kadar bir hücre artışı tespit edilmiş, yaklaşık olarak 1400000 adet/l hücre sayısına ulaşmıştır. Ancak daha sonra hücre sayısında bir azalma görülmüş ve denemelerin sonlandırıldığı 15. günün sonunda hücre sayısının 192000 adet/l' ye düştüğü belirlenmiştir. Sarı ışıkla gerçekleştirilen denemelerde ilk günden itibaren hücre sayısında çok hızlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Denemelerin sonunda 32000 adet/l gibi çok düşük hücre sayıları tespit edilmiştir. Mavi ışık altında gerçekleştirilen denemelerde ise dalgalı bir seyir izlemesine rağmen, hücre sayıları gene 15. günün sonunda 256000 adet/l değerlerine gerilemiştir. Beyaz ışık altında gerçekleştirilen denemelerde ise, ilk 2 günü bir miktar dalgalı geçirmesine rağmen izleyen günlerde sürekli bir artış görülmüş ve 15. günün sonunda 2080000 adet/l hücre sayısına ulaşmıştır(Şekil 10).(Demirbaş, 2010; Tapan, 2006).



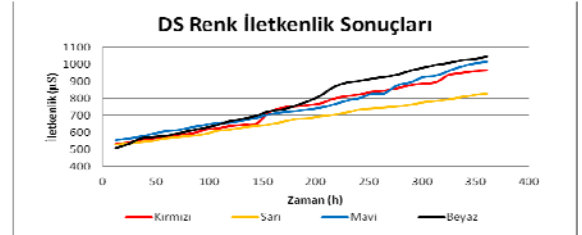
Şekil 10. *Dunaliella salinasp.* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen hücre sayılarındaki değişimler

Palmellopsismuralis türünde ise, kırmızı ışık kullanarak yapılan denemelerde 11. güne kadar sürekli bir artış gözlemlenirken, daha sonraki 3 gün içerisinde ise bir miktar azalarak, 1536000 adet/l hücre sayısına ulaşmıştır. Sarı ışık kaynağı kullanılarak yapılan denemelerde ilk 2 gün içerisinde hücre sayısı hızla azalmış ve 13. günün sonunda hiçbir canlı hücre tespit edilememiştir. Mavi ışık kaynağı kullanılarak yapılan denemelerde ise ilk 2 gün hücre sayılarında herhangi bir değişim gözlemlenmezken, 15. günün sonunda ise 416000 adet/l hücre sayısı tespit edilmiştir. Beyaz ışıkla yapılan denemelerde ise, ilk 5 gün içerisinde bir miktar azalmalar tespit edilse de, bu tarihten sonra 15. günün sonuna kadar artış eğilimine girmiş ve 2336000 adet/l gibi çok yüksek bir hücre sayısına ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 11) (Ilgaz, 2003; Tapan, 2006).



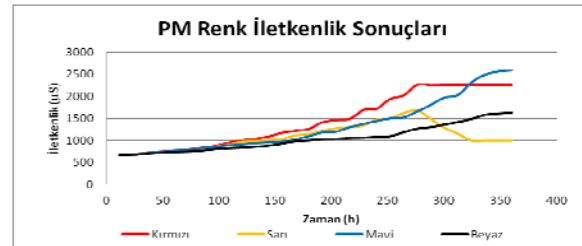
Şekil 11. *Palmellopsismuralis* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen hücre sayılarındaki değişimler

Her iki tür içinde, farklı renkli ışık kaynaklarının kullanıldığı zamana bağlı olarak gerçekleştirilen denemelerde, iletkenlik değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir (Şekil 12). *Dunaliella salinasp.* türünde en iyi iletkenlik değerine 1047 μ S değeriyle beyaz ışıkta ulaşılırken, en düşük değere 830 μ S değeriyle sarı ışıkta ulaşmıştır (Demir ve ark., 2007).



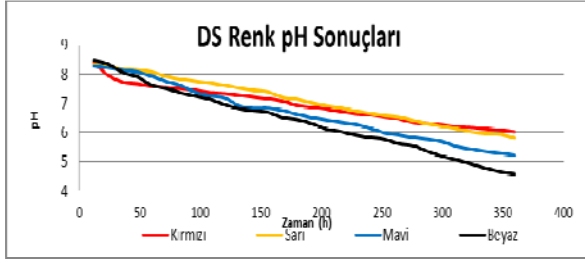
Şekil 12. *Dunaliella salinasp.* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen iletkenlik değerlerindeki değişimler

Palmellopsis muralis türü ile gerçekleştirilen denemelerde ise, *Dunaliella salinasp.* türüne oranla yaklaşık olarak 2 kat daha yüksek iletkenlik değerleri tespit edilmiştir. Bu türde, mavi ışıkla yapılan denemede iletkenlik 2600 μ S, kırmızı ışıkla yapılan denemede 2260, beyaz ışıkla yapılan denemede 1634 μ S ve son olarak sarı ışıkla yapılan denemede 298 μ S olarak tespit edilmiştir. Sarı ışıkta olan bu gerilemenin nedeninin 10. gün sonunda oluşan kontaminasyon olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 13) (Agruet al.,1996).



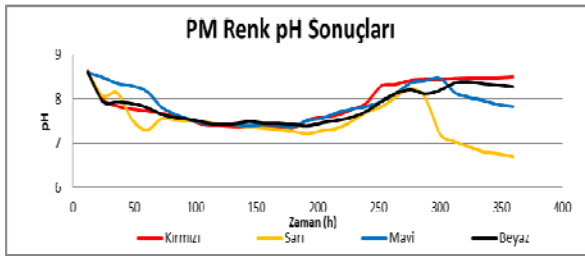
Şekil 13. *Palmellopsis muralis* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen iletkenlik değerlerindeki değişimler

Farklı ışık kaynaklarıyla gerçekleştirilen denemelerde *Dunaliella salinasp.* türünde zamanla pH değerlerini sürekli azaldığı gözlemlenmiştir. Deneme başlangıcında yetiştirme ortamlarında ortalama olarak 8,4 değerinde pH bulunurken, deneme sonunda en düşük pH değerlerine 4,57 değerine beyaz ışıkta ulaşılmıştır (Şekil 14). Diğer sonuçlara bakılacak olursa, kırmızı ışıkta, 6.02, sarı ışıkta, 5.81, mavi ışıkta ise 5.22 değerleri tespit edilmiştir (Demir ve ark., 2007; Eliçin ve ark., 2009).



Şekil 14. *Dunaliella salinasp.* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen pH değerlerindeki değişimler

Farklı ışık kaynaklarıyla ise, denemelerde *Palmellopsis muralis* türünde zamanla pH değerlerinin ilk 7 gün içerisinde önce düştüğü, daha sonra ise tekrar artarak hemen hemen aynı başlangıç değerlerine yaklaştığı belirlenmiştir. En düşük pH değerine sarı ışıkta ulaşılmıştır (Şekil 15). Sarı ışığın yine diğer renklerden farklı karakter göstermesi kontaminasyondan kaynaklanmaktadır (Vonshak, 1997; Gökpinar ve Cirik, 1991).

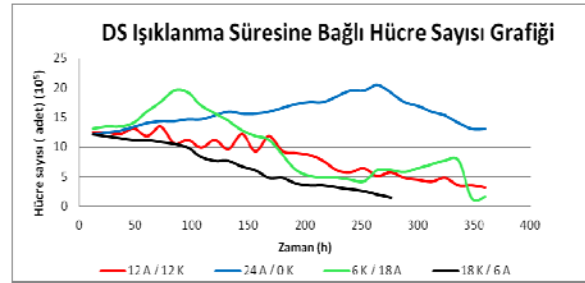


Şekil 15. *Palmellopsis muralis* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen pH değerlerindeki değişimler

Denemelerin ikinci bölümünde ışıklandırma sürelerinin algilerin yetiştirilmesine etkileri incelenmiştir. Burada, önce 24 saat aydınlık, ikinci de 18 saat aydınlık 6 saat karanlık, üçüncüde 6 saat aydınlık 18 saat karanlık ve son olarak 12 saat aydınlık 12 saat karanlık durumları incelenmiştir. Sadece beyaz ışık veren led ışık kaynağı kullanılmıştır. Yine 12 V'luk

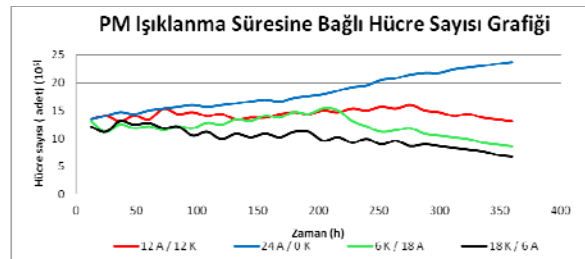
adaptörler ve 60 cm led uzunluğundaki ışık kaynağından 265 lüks ışık şiddetinde denemeler yapılmış ve yine aynı parametreler incelenmiştir (Brown et al., 1989; Agra et al., 1996).

Işıklanma süresine bağlı olarak *Dunaliella salinasp.* türüyle yapılan denemelerde en iyi sonuç 24 saat sürekli beyaz ışık verilen denemede ortaya çıkmıştır. Bu denemede 1216000 adet/l hücre sayısından, 1312000 adet/l hücre sayısına ulaşılırken, diğer tüm deneme koşullarında hücre sayıları önemli oranda azalmıştır (Tawfiq et al., 2004; Demir ve ark., 2007). 18 saat karanlık ve 6 saat aydınlık deneme koşulunda 11. günde canlı hücre tespit edilememiştir (Şekil 16).



Şekil 16. *Dunaliella salinasp.* türünün farklı ışıklandırma sürelerine bağlı olarak hücre sayılarındaki değişim

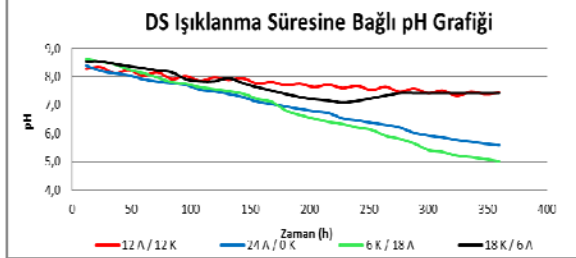
Işıklanma süresine bağlı olarak *Palmellopsis muralis* türüyle yapılan denemelerde de en iyi sonuç 24 saat sürekli beyaz ışık verilen denemede tespit edilmiştir. Bu süre içerisinde hücre sayıları 1344000 adet/l'den 2368000 adet/l'ye yükselmiştir (Şekil 17). Diğer tüm ışıklandırma sürelerinde hücre sayılarında düşüşler görülmüştür (Tawfiq et al., 2004; Ilgaz, 2003). Bu tür için ışıklandırma süresinin çok önemli olduğu görülmüştür.



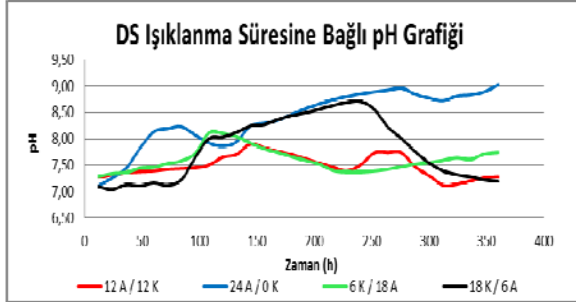
Şekil 17. *Palmellopsis muralis* türünün farklı ışıklandırma sürelerine bağlı olarak hücre sayılarındaki değişimler

Her iki türde de farklı ışıklandırma sürelerinde yapılan denemelerde iletkenlik parametrelerinde aynı değişimler gerçekleşmiştir. *Dunaliella salinasp.* türünde 18 saat karanlık 6 saat aydınlık ışıklandırma durumunda iletkenlik miktarı diğer ışıklandırma sürelerine göre, daha

yüksek belirlenmiştir (Demir ve ark., 2007). Fakat bu durumda bu türe has bir özellik olduğu ya da hücre sayısının artmayışından meydana gelen atlama yapan (başkalaşım yeni bir türe dönüşen) bir türün neden olduğu ifade edilebilir (Şekil 18, Şekil 19).



Şekil 18. *Dunaliellasalinasp.* türünün farklı ışıklenme sürelerine bağlı olarak pH değerlerinde değişimler

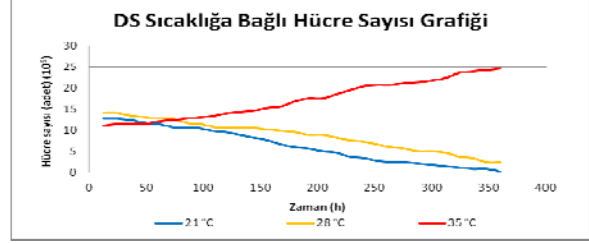


Şekil 19. *Palmellopsismuralis* türünün farklı ışıklenme sürelerine bağlı olarak pH değerlerinde değişimler

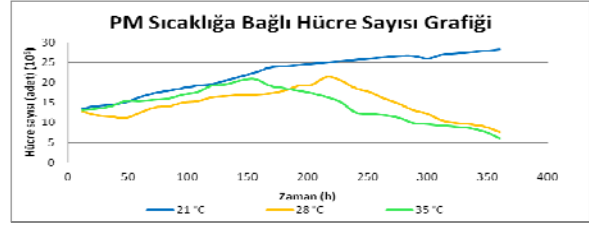
Denemelerin üçüncü bölümünde yine aynı şekilde beyaz ışık kullanılmıştır. 12 V'luk adaptörlerin sağladığı 268 lüks'lük ışık şiddeti altında alglerin, sırasıyla 21 °C, 28 °C ve 35 °C'daki hücre sayılarındaki değişimler, pH, tuzluluk ve iletkenlik değişimleri 12 saat aydınlık – 12 saat karanlık süreleri içinde 12 saate bir ölçüm alınarak aynı parametreler incelenmiştir.

3 temel sıcaklık belirlenerek yapılan denemelerde, *Dunaliellasalinasp.* türünde sıcaklığın artmasıyla hücre sayılarında önemli oranda artışlar belirlenmiştir. 35 °C'da hücre sayıları 1120000 adet/l'den 3360000 adet/l'ye artarken, 28 °C ve 21°C'daki denemelerde ise hücre sayıları sırasıyla 256000 adet/l ve 32000 adet/l'ye düşmüştür (Tawfiqet al., 2004; Brown et al.,1989) (Şekil 20).

Palmellopsis muralis türünde ise aynı sıcaklıklarda yapılan denemelerde ise, 28 °C ve 35 °C'da önce hücre sayıları artmış, daha sonra ise zamana bağlı olarak hücre sayıları düşmüştür. Fakat 21°C'da yapılan denemelerde ise hücre sayılarının 1344000 adet/l'den, 2816000 adet/l'ye yükseldiği belirlenmiştir (Ilgaz, 2003; Tawfiqet al., 2004) (Şekil 21).

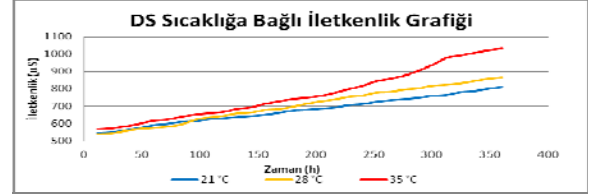


Şekil 20. *Dunaliellasalinasp.* türünün sıcaklığa bağlı olarak hücre sayılarındaki değişimleri

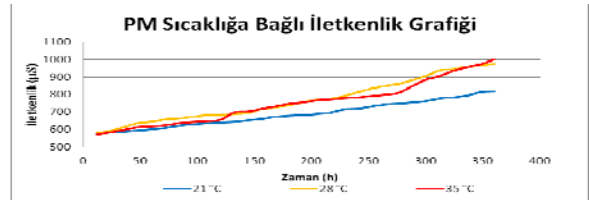


Şekil 21. *Palmellopsismuralis* türünün sıcaklığa bağlı olarak hücre sayılarındaki değişimleri

Her üç sıcaklık denemesinde ve her iki türde zamana bağlı olarak yapılan denemelerde sıcaklık yükseldikçe iletkenlik değerlerinde yüksek seviyelerde artışlar görülmektedir (Eliçin ve ark., 2007) (Şekil 22, Şekil 23).

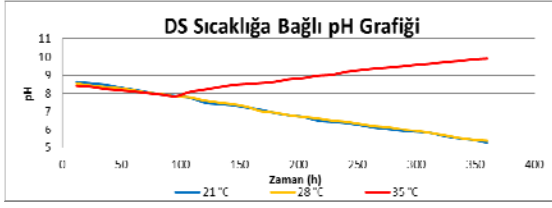


Şekil 22. *Dunaliellasalinasp.* türünün sıcaklığa bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler

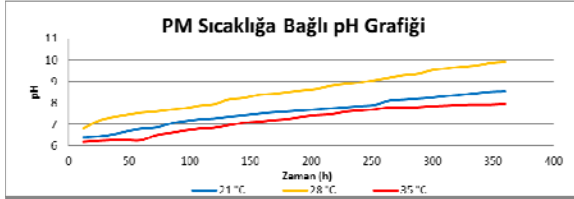


Şekil 23. *Palmellopsismuralis* türünün sıcaklığa bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler

Şekil 24 ve Şekil 25'de *Dunaliella salinasp.* ve *Palmellopsis muralis* türünün sıcaklığa bağlı olarak pH değerlerinde belirlenen değişimler görülmektedir. *Dunaliella salina* sıcaklığın artmasıyla pH değerleri artmıştır. Bu tür literatürde sıcaklığı seven bir alg türü olarak anılmaktadır. *Palmellopsis muralis* türünde ise sıcaklığın artmasıyla pH değerleri düşmüştür (Demirbaş, 2010; Demir ve ark.,2007; Eliçin ve ark., 2009).



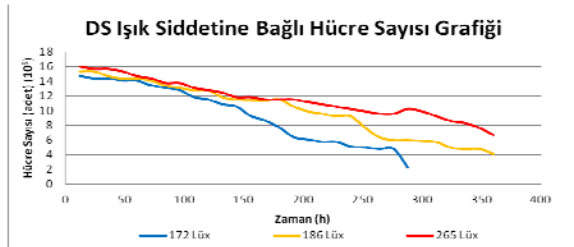
Şekil 24. *Dunaliellasalinasp.* türünün sıcaklığa bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler



Şekil 25. *Palmellopsismuralis* türünün sıcaklığa bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler

Beyaz ışık kaynağı kullanılan ve 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık periyotlar içerisinde ışığa maruz bırakılan alglere, farklı ışık şiddeti uygulanmıştır. Sırasıyla 6V, 9V ve 12V'luk adaptörlerin 60 cm led ışık kaynağına sağladığı ışık şiddetleri sırasıyla, 172 lüks, 186 lüks ve 265 lüks olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında hücre sayıları, pH ve iletkenlik değişimleri belirlenmiştir.

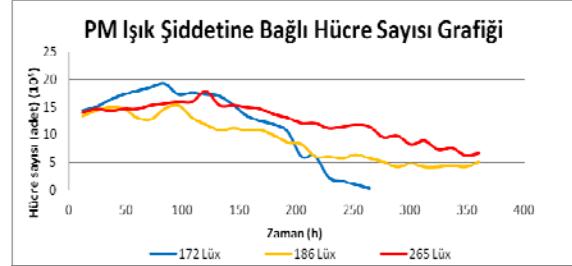
Dunaliella salinasp. ve *Palmellopsis muralis* türlerinin farklı ışık şiddetine bağlı olarak hücre sayısındaki değişimler Şekil 26 ve Şekil 27'de görülmektedir. Şekillerde anlaşılacağı üzere ışık şiddetinin artırılmasıyla hücre sayısındaki düşüşler daha da azalmıştır. Bu eğrilerde de ışık şiddetlerinin algler üzerindeki etkisi belirlenebilmektedir (Gökpinar, 1983; Scragg *et al.*, 2002). Burada hücre sayısındaki düşüşler ışıklandırma süresinin 12 saat karanlık 12 saat aydınlık şeklinde olmasından kaynaklanmaktadır.



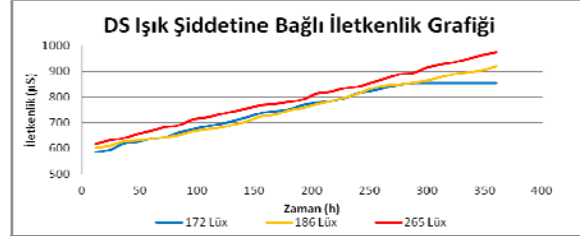
Şekil 26. *Dunaliellasalinasp.* türünün ışık şiddetine bağlı olarak hücre sayısı değerlerindeki değişimler

Dunaliella salinasp. ve *Palmellopsis muralis* türlerinin farklı ışık şiddetine bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler Şekil 28 ve Şekil 29'da görülmektedir. Şekillerde anlaşılacağı üzere ışık şiddetinin artırılmasıyla iletkenlik değerlerinde artış gözlenmektedir. *Palmellopsis muralis* türünün 172 lüks

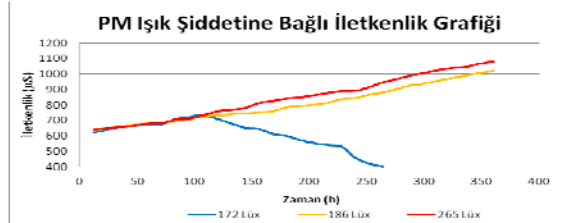
değerlerindeki ani düşüş ise yine bu deneme şartlarında kontaminasyona bağlı canlı hücrenin bulunmayışından kaynaklanmaktadır (Johnson and Wen, 2009). Hücrelerin kontaminasyona bağlı olarak ölmesiyle denemelerin son gününe kadar beslenmeye devam edilmesi, bu iki değer artışını hızlandırmaktadır.



Şekil 27. *Palmellopsismuralis* türünün ışık şiddetine bağlı olarak hücre sayısı değerlerindeki değişimler

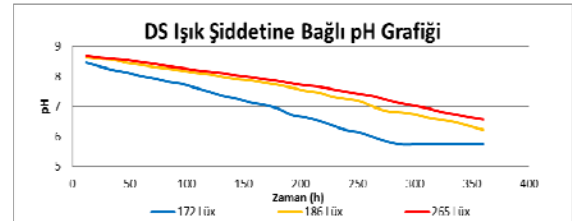


Şekil 28. *Dunaliellasalinasp.* türünün ışık şiddetine bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler

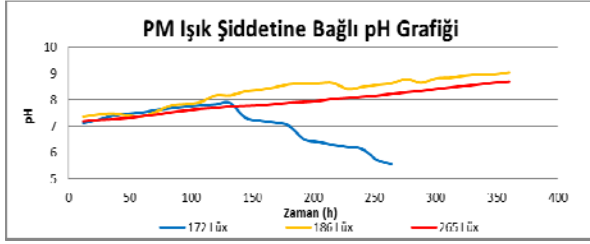


Şekil 29. *Palmellopsismuralis* türünün ışık şiddetine bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler

Dunaliella salinasp. türünün ışık şiddetine bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler Şekil 30'da görülmektedir. Işık şiddetinin artmasıyla pH değerlerindeki düşüşler azalmaktadır (İlgi ve Şebnem, 2007; Xu *et al.*, 2006). 172 lüks ışık şiddetinde yapılan denemelerde 10. günde canlı hücre kalmamıştır.



Şekil 30. *Dunaliellasalinasp.* türünün ışık şiddetine bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler



Şekil 31. *Palmellopsismuralis* türünün ışık şiddetine bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler

Palmellopsis muralis türünde ise pH değerlerindeki değişimler Şekil 31'de görülmektedir. Bu türde çok anlamlı değişimler tespit edilememiştir. Bu türün düşük sıcaklıkta ve düşük ışık kaynağında daha fazla randıman verdiği görülmüştür.

SONUÇLAR

Renkli led denemelerinde, *Dunaliella salina* sp.türü için en iyi büyüme hücre sayılarına bakıldığında beyaz ışık altında gözlemlenmiştir. En yüksek ışık şiddeti; mavi, kırmızı, sarı ve beyaz renkli ledlerde 265 lüks ile beyaz led'e aittir. İletkenlik değerleride ışık şiddetiyle doğru orantılı olarak artmıştır. pH değerlerinde ise iletkenliğin tam tersine ışık şiddeti arttıkça yani beyaz led kullanımında düşüş gözlemlenmiştir.

Palmellopsis muralis' e ait renk denemelerinde en iyi hücre artışına beyaz led'de ulaşılmıştır. En düşük hücre sayısını sarı led'de göstermiştir ve 13. gün sonunda canlı hücre belirlenememiştir. İletkenlik değerlerinde ise mavi led'de *Dunaliella salina* sp.'nin 2 katı kadar arttığı belirlenmiştir. pH verileri değerlendirildiğinde ise ilk 7 gün içerisinde düşüş daha sonraki 8 günde ilk gün değerlerine kadar yükselme görülmüştür.

Işıklanma süresi denemelerinde, *Dunaliella salina* sp.türü için 24 saat aydınlık ortamda en yüksek hücre sayısı belirlenmiştir. 18 saat karanlık/6 saat aydınlık ortamda ise en düşük hücre sayısı gözlenmiştir. 18 saat karanlık/6 saat aydınlık ortamda iletkenliğin arttığı belirlenmiştir. pH değerlerine bakıldığında karanlık süresinin artmasıyla pH değerlerindeki düşüş azalmıştır fakat genel anlamda pH değerlerinde bir azalma söz konusudur.

Palmellopsis muralis'e ait ışıklandırma süresi verilerine bakıldığında, en yüksek hücre sayısını 24 saat aydınlıkta göstermiştir. En düşük hücre sayısını ise 18 saat karanlık/6 saat aydınlık ortamda göstermiştir. İletkenlik değerlerinde ise 24 saat

aydınlık ortamda artış gözlemlenmiştir. pH verileri değerlendirildiğinde ise iletkenlik gibi pH'nın da 24 saat aydınlık ortamda arttığı belirlenmiştir.

Sıcaklık denemelerinde, *Dunaliella salina* sp.türü en yüksek hücre sayısına 35°C ulaşarak sıcaklığı seven bir tür olduğunu göstermiştir. En düşük hücre sayısına 21°C'da ulaşılmıştır. İletkenlik verileri değerlendirildiğinde sıcaklıkla doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. pH ise iletkenlik gibi sıcaklık arttıkça artmaktadır.

Palmellopsis muralis türüne ait sıcaklık denemelerinde ise; en yüksek hücre sayısına 21°C'da ulaşılmıştır. Yüksek sıcaklık olan 35°C ise hücre sayısında önemli bir düşüş görülmüştür. İletkenlik değerlerine bakıldığında ise sıcaklık arttıkça iletkenlik değerinin arttığı belirlenmiştir. pH verileri ise iletkenlikle ters orantılı olduğunu göstermiştir. Düşük sıcaklıklarda yüksek pH değerleri ölçülmüştür.

Işık şiddetine bağlı yapılan denemelerde, *Dunaliella salina* sp. türünde en yüksek hücre sayısına 12 V yani 265 lüks'de ulaşılmıştır. Şekil 28'de düşüş görülmesinin sebebi denemelerin 12 saat aydınlık 12 saat karanlık periyodunda yapılmasından kaynaklanmaktadır. İletkenlik değerlerinde ise, hücre sayısı gibi ışık şiddetinin artmasıyla iletkenlikte de bir artışın söz konusu olduğu belirlenmiştir. pH verilerinde ise genel anlamda bir düşüş söz konusudur. Fakat Şekil 30 incelendiğinde ışık şiddetinin artmasıyla pH değerlerindeki düşüşler azalmaktadır.

Palmellopsis muralis türüne ait ışık şiddeti değerleri incelendiğinde, en yüksek hücre sayısına 265 lüks' de ulaştığı görülmüştür. Şekil 27' de ki hücre sayısının giderek düşmesinin sebebi ise 12 saat aydınlık/12 saat karanlık periyodundan kaynaklanmaktadır. İletkenlik verileri incelendiğinde ışık şiddetinin, hücre sayısı üzerine etkisinde olduğu gibi iletkenlik üzerinde de etkisinin olduğu ve ışık şiddeti arttıkça iletkenliğinde arttığı görülmektedir. *Palmellopsis muralis* türüne ait ışık şiddeti denemesinde, ışık şiddetinin pH üzerine yaptığı etkilerde çok anlamlı değişimler tespit edilmemiştir.

Sonuç olarak, *Dunaliella salina* sp. türünün yüksek sıcaklık isteyen ve ortam koşullarından çok çabuk etkilenen ve çabuk kontamine olmasından ötürü dış ortamlardan ziyade kapalı ortamlarda yetiştirilmesi gerekmektedir. *Palmellopsis muralis* türü ise düşük sıcaklıkta en iyi büyümeyi göstermesi ve ortam koşullarından *Dunaliella salina* sp.'ye göre daha az etkilenmesi, kontamine riskinin az olması sebebiyle dış mekanlarda daha rahat yetiştirilebileceği belirlenmiştir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Agra, I.B.,S. WarnijatiandF. Wiratni, 1996. Twostepethanolysis of castoroilusingulfuricacid as catalystoproducer motor oil. World RenewableEnergyCongress, p., 1025, June 15 – 21, Colorado.
- Brown, M.R., S.W. Jeffreyand C.D. Garland, 1989. Nutritionalaspects of microalgaeused in mariculture: a literaturereview. CSIRO Mar. Lab. Rep. 205, 44.
- Demir, N.,U.M. Kırkağaç, A. Topçu, Ö. Zencir, S. Pulatsü ve K.Ç. Benli, 2007. Sarısu-MamucaGöleti (Eskisehir) Su Kalitesi ve Besin Düzeyinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. Sayı 13(4), 385-390.
- Demirbaş,A., 2010. Use of algae as biofuelsources. Journal of Energy Conversion and Management. Volume 51, pp: 2738-2749.
- Eliçin, A.K.,K. Saçılık ve D. Erdoğan, 2007.Haşhaş Yağı Esterlerinin Bir Diesel Motorda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 5-6 Eylül, Kahramanmaraş.
- Eliçin, A.K.,A. Kılıçkan, ve A.O. Avcioğlu, 2009. MikroalglerdenBiyodizel Üretimi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Sayfa 273-278, Isparta.
- Gökpinar, Ş., 1983. Observations on theculture of a marinediyatomPhaeodactylumtricornitumBohlinindifferen tnutrientandsalinityconcentration. Ege Ü. Fac. of Science, Volume 6; pp: 77-86.
- Gökpinar, Ş. ve S. Cirik, 1991. Phaeodactylumtricornitum'un Geniş Ölçekli Yiğın Kültürleri ÜzerineTuzluluk Faktörünün Etkisi. Ege Ü. Su Ürünleri F. Eğitiminin 10. Yılında Su Ürünleri Semp., 12-14 Kasım, İzmir, pp: 429-438.
- Ilgaz, S., 2003. Farklı Tuzluluk Derişimlerinin Nannochloropsisoculata ve IsochrysisgalbanaTürlerinin Büyüme Hızlarına Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- İlgi, K.K. ve A. Şebnem, 2007. Sürekli İşletilen Alg-Fotobiyoreaktör Sisteminde Atık Sudan Azot Giderimi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiri Kitabı, İzmir. Sayfa 267-273.
- Johnson, M.B. andZ. Wen, 2009. Production of BiodieselFuelfromtheMicroalgaSchizochytriumlimacinum by Direct Transesterification of AlgalBiomass. Journal of EnergyFuels, pp. 79-83.
- Naz, M. ve K. Gökçek, 2006. Fotobiyoreaktörler: Fototropik Mikroorganizmalar için Alternatif Üretim Sistemleri. Ulusal Su Günleri 2004, 6-8 Ekim 2004, İzmir.
- Scragg, A.H.,A.M. Illman, A. CardenandS.W. Shales, 2002. Growth of MicroalgaeWithIncreasedCalorificValues in a TubularBioreactor. Journal of BiomassandBioenergy. Volume 23, pp: 67-73.
- Tapan, D., 2006. Çevre Koşullarının Bazı Mikroalg Türlerinin Büyümesi Üzerine Etkisinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Tawfiq, S. A.,A.H. SuadandD.A. Jacob, 2004. Optimum CultureConditionsRequiredForTheLocallyIsolatedDunaliel lasalina. Journal of AlgalBiomassUtilization. Volume 1(2), pp: 12-19.
- Vonshak, A., 1997. Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell biologyandBiotechnology. Taylor and Francis, London, Great Britain; pp: 213-226.
- Yılmaz, H.K., 2006. Mikroalg Üretimi için Fotobiyoreaktör Tasarımları. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. 23 (1/2) : 327-332.
- Xu, H.,X. MiaoandQ. Wu, 2006. High Quality Biodiesel Production From a Microalga Chlorell aprothecoidesby Heterotrophic Growth in Fermenters. Volume 126, pp: 499-507.
- Utex- Alg türleri kültür koleksiyonu <http://www.sbs.utexas.edu/utex/search.aspx?txtSearch=dunaliella+salina>) Erişim tarihi: 21.11.2011