

Araştırma Makalesi
Research Article

Algal Biyoteknoloji Çalışmaları

Şevket GÖKPINAR¹, Oya IŞIK^{2*}, Tolga GÖKSAN³, Yaşar DURMAZ¹, Leyla USLU², Burcu AK²,
Süha Kürşat ÖNALAN⁴, Pınar AKDOĞAN¹¹Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Bornova, İzmir²Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balcalı, Adana³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Çanakkale⁴Erzurum Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü* Sorumlu yazar: Tel: 0 (322) 3386480 Faks: 0 (322) 3386439
e-posta: oyaisik@cu.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.06.2013

Kabul Tarihi: 01.08.2013

Abstract

Studies in Algal Biotechnology

Today, interest in microalgal biotechnology has mostly been focused on the efficient algae culture technologies to produce valuable metabolites commercially from algal biomass. Algae can be used in different fields due to the valuable metabolites accumulated in the cells such as food supplement and health-protective, animal feed, fertilizer due to the healing properties on soil structure, natural food colorant, cosmetics as well as wastewater treatment since algae have the ability to bind the metals. At the Ege University, Çukurova University and Çanakkale Onsekiz Mart University carried out various studies on the production of polysaccharide, fatty acid like as ARA (arachidonic acid) and EPA (eicosapentaenoic acid), pigments as phycoerythrin, phycocyanin, astaxanthin on the area of algal biotechnology with the species of *Spirulina (Arthrospira) platensis* (Nordstedt) Gomont, *Haematococcus pluvialis* Flotow, *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck), *Isochrysis galbana* Parke, *Nannochloropsis oculata* (Droop) D.J.Hibberd, *Phaeodactylum tricornerutum* Bohlin, *Porphyridium cruentum* (S.F.Gray) Nägeli (*Porphyridium purpureum* (Bory de Saint-Vincent) K.M.Drew & R.Ross). Especially in the process of crop production to be economical during the harvesting clustering methods and studies are carried out at different wavelengths of light. Recently, the potential of microalgae as a renewable and non-toxic source of energy has been shown for the production of biofuels. Especially, the studies on the stress factors triggering the increase of the lipid content of algae, which is also a raw material for biodiesel, have been continuing. Moreover, the use of macroalgae *Ulva rigida* C.Agardh ve *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (*longissima* (S.G.Gmelin) M.Steentoft, L.M.Irvine & W.F.Farnham) as an organic fertilizer and in hydroponic systems have been studied.

Keywords: Algal biotechnology, microalgal metabolites, algal fertilizer

Özet

Günümüzde mikroalgal biyoteknoloji alanında çalışmalar daha çok algal biyomastan kıymetli metabolitleri ticari olarak üretmek için verimli alg kültür teknolojileri üzerine yönelmiştir. Algler, hücre içinde depoladıkları değerli metabolitleri sayesinde; gıda desteği ve sağlık koruyucu, hayvan yemi, toprak yapısını iyileştirici özellikleri nedeniyle gübre olarak, doğal gıda boyası, kozmetik sanayinde kullanımları gibi farklı alanlarda kullanılabilirler gibi, metal bağlama yetenekleri sayesinde atık su arıtımında kullanılabilirler. Ege Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde algal biyoteknoloji alanında, *Spirulina (Arthrospira) platensis* (Nordstedt) Gomont, *Haematococcus pluvialis* Flotow, *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Beijerinck), *Isochrysis galbana* Parke, *Nannochloropsis oculata* (Droop) D.J.Hibberd, *Phaeodactylum tricornerutum* Bohlin, *Porphyridium cruentum* (S.F.Gray) Nägeli (*Porphyridium purpureum* (Bory de Saint-Vincent) K.M.Drew & R.Ross) türlerinden ARA (arachidonic asit) ve EPA (eicosapentaenoic asit) gibi yağ asitleri, fikosiyenin, fikoeritrin, astaksantin gibi pigment maddeleri ve polisakkarit üretimi üzerine çeşitli araştırmalar yürütülmektedir. Özellikle gerçekleştirilen üretimin ekonomik olması amacıyla hasat işleminde kümeleştirme yöntemleri ve farklı dalga boylarında aydınlatma üzerine de çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda, mikroalgelerin yenilenebilir ve toksik olmayan bir enerji kaynağı olan biyo-yakıt üretimindeki potansiyeli de gösterilmiştir. Özellikle biyodizel için bir hammadde olan yağ içeriğinin alglerde artırılmasını uyaran stres koşulları üzerine araştırmalar devam etmektedir. Ayrıca, makroalglerden *Ulva rigida* C.Agardh ve *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss (*longissima* (S.G.Gmelin) M.Steentoft, L.M.Irvine & W.F.Farnham)'un organik gübre olarak ve hidroponik sistemde kullanımları da araştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Algal biyoteknoloji, mikroalgal metabolitler, algal gübre.

Giriş

Deniz ve göllerde birincil üreticiler olarak ilk organik maddeyi üreten mikroalgler, hücreleri içerisindeki değerli metabolitleri nedeniyle, destek gıda olarak değerlendirilmelerinin yanı sıra, içerdikleri pigmentleri, yağları, yağ asitleri, polisakkaritleri ile bağışıklığı güçlendirici özellikleri sayesinde antioksidan olarak tüketilmektedirler. Yıl boyu kültüre alınabilmeleri, tarıma uygun olmayan alanlarda üretilibilmeleri, suyu ve güneş enerjisini en verimli kullanan sistemler olmaları nedeniyle son yıllarda, enerji kaynağı ve gübre olarak, yem hammaddesi ve su arıtımı gibi alanlarda değerlendirilmek üzere kütleli üretimleri konusunda çalışmalar hız kazanmıştır. Ege Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültelerinde mikroalgal biyoteknoloji alanında yürütülen araştırmaların özeti olarak hazırlanmış olan bu makale Ülkemizde bu alandaki çalışmalar hakkında bilgilendirme amacıyla hazırlanmıştır.

Ülkemizde ilk mikroalg kültür çalışması *P. tricornutum* ile başlamıştır (Gökpinar, 1980). Yüksek yoğunluklu dışarı mikroalg kültür çalışması ise *P. cruentum*'la ince cam panel fotobiyoreaktörde gerçekleştirilmiştir (Gökpinar ve Durmaz, 2001).

Ülkemizde *Spirulina*'nın besleyici özelliklerine ve üretimine ilk defa yaklaşık 23 yıl önce dikkat çekilmiş (Cirik, 1989) ve Ege Üniversitesi bünyesinde gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde 2000'li yılların başında ülkemizde *Spirulina*'nın ilk defa havuzlarda üretimi Üniversite-Sanayi işbirliği çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Takip eden yıllarda Çukurova ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversiteleri tarafından *Spirulina* üretimi büyük ölçeklerde gerçekleştirilmiş ve bu konuda

çeşitli bilimsel ve eğitsel aktiviteler devam etmiştir.

Çukurova Üniversitesinde faaliyet gösteren Üniversite Sanayi Ortak Araştırma Merkezi ile 2005 yılında, Avrupa Birliği, Aktif İşgücü Programları Projesi (AİPP) kapsamında desteklenen, İŞKUR yönetiminde “*Spirulina* Üretimi ve Pazarlaması Eğitimi” projesi yürütülmüştür.

S. platensis'in serada, dışarıda yapılan kültürlerinde ortam faktörlerinin ürün verimliliği, protein miktarı ve aminoasit bileşimi üzerine etkileri” konulu çalışmada yıl içerisinde mevsime bağlı sıcaklık ve ışık yoğunluğundaki değişimlerin, ürün verimliliği ve besin kalitesi üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçları Çukurova Bölgesi iklim koşullarının *Spirulina* ürün verimliliği ve besin kalitesi açısından son derece uygun olduğunu göstermiştir (Işık vd., 2006; Hızarcı vd., 2009).

Çukurova Üniversitesi'nde yürütülen bir başka çalışmada *Spirulina*'da bulunan değerli pigment fikosiyanın ile ilgili “Çevre koşullarının *S. platensis*'deki fikosiyanın miktarına Etkisi” araştırılmıştır. Mavi renkli fikosiyanın gıda, ilaç ve kozmetik sanayilerinde doğal bir pigment olarak pazar bulmaktadır (Oguz vd., 2011).

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesinde algal biyoteknoloji konusundaki çalışmalar ağırlıklı olarak 2004 yılında başlamıştır. Mikroalglerin havuzlarda üretim çalışmalarına ise 2005 yılının Eylül ayında *S. platensis* ile başlanmıştır. Her biri yaklaşık 15 m² yüzey alanına sahip iki adet üretim havuzunda gerçekleştirilen *Spirulina* üretimi, tüm yıl boyunca kesintisiz olarak bir sera içerisinde sürdürülmüştür.

ÇOMÜ Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi'nde, “*N. oculata*'nın LED Lambalar ile Büyüme ve Yağ Biriktirme özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı çalışma, farklı renkte aydınlatmalı LED lambalar ile gerçekleştirmiş ve sonuç olarak özellikle mavi ışığın *Nannochloropsis oculata*'nın büyümesinde diğer renklere göre daha etkin olduğu görülmüştür (Kural, 2013).

Ülkemizde *H. pluvialis* üzerine gerçekleştirilen ilk çalışmalar, 50 litrelik tüp biyoreaktörlerde İtalya'da yapılan denemelerle başlamış ve hücrelerin 4 gün içinde kuru ağırlığının %3.2'si oranında astaksantin biriktirdiği belirlenmiştir (Göksan, 2003).

ÇOMÜ Su Ürünleri Fakültesi'nin karotenoidler üzerine çalışmaları, 2004 yılında *Haematococcus*'un vejetatif büyümesi üzerine gerçekleştirilen “*H. pluvialis*'in büyük ölçekli vejetatif kültürlerinin optimizasyonu” başlıklı Bilimsel Araştırma Projesi ile başlamıştır. Yürütülen proje kapsamında, *H. pluvialis*'in Ülkemizde ilk defa büyük ölçeklerde üretimi 2007 yılının Ağustos ayında ÇOMÜ'de gerçekleştirilmiştir. Dışarı ortamda yürütülen denemede hücreler kuru ağırlığının yaklaşık %2.5'i oranında astaksantin biriktirmiştir. Güneş ışığından bağımsız olarak, üretimin yıl boyunca devam etmesine olanak sağlayacak laboratuvar çalışmalarında ise hücrelerde %4'e yakın bir oranda astaksantin birikimi sağlanmıştır (Göksan, 2007).

Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde, *H. pluvialis*'ten astaksantin üretimi konusunda yürütülen çalışmada, güçlü bir antioksidan olarak bilinen astaksantin %3.60 oranında üretilmesi sağlanmış bunun için $379 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ aydınlanma şiddeti ve 24°C sıcaklık, havalandırma ve karıştırma ile birlikte kültürler uygulanmıştır (Köksal vd., 2012).

Hücre içinde biriktirmiş olduğu ARA (arachidonic asit) ve EPA (eicosapentaenoic asit) yağ asitleri, pigment maddeleri (fikoeritrin) ve sülfatlı polisakkaritler nedeniyle *Porphyridium* sp. mikroalgal biyoteknoloji alanında önemli türlerden biridir. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde bu türün polisakkarit biriktirme özelliği ve büyük ölçeklerde üretimi çalışılmıştır (Özbaş, 2008).

Çukurova Üniversitesi'nde yürütülen bir başka çalışmada *Begonia* (*B. emperflorens*) bitkisinin büyütülmesinde *S. platensis*'in etkisi araştırılmış, *S. platensis* içeren gruplarda yaprak büyüklüğünün daha fazla artış gösterdiği belirlenmiştir (Mendi vd., 2009).

Alglerin bitki beslenmesindeki olumlu etkileri pek çok araştırmaya konu olmuştur. Çukurova Üniversitesi'nde “Su kültüründe yetiştirilen kıvırcık marul bitkisinde mikroalg (*C. vulgaris*) uygulamasının etkileri” araştırılmıştır. Yapılan yaprak analizlerinde *C. vulgaris* eklenen marul bitkilerinde N, P, Ca, Mg, Na, Mn, Cu ve Zn beslenmesi bakımından artırıcı katkılar sağlandığı belirlenmiştir (Ergün ve Daşgan, 2012).

Çukurova Üniversitesi'nde “*S. platensis* hücrelerinden etkili sitoplazmik protein izolasyonunun araştırılması” konulu Yüksek Lisans tez çalışması yürütülmüş, orijinal *S. platensis* hücreleri ile *Spirulina*/pBR325SLik rekombinant hücrelerinden etkili protein izolasyonu araştırılmış, bu amaçla, farklı yöntemler denenmiştir (Tekdal, 2009).

Son yıllarda petrol fiyatlarının sürekli artması ve fosil yakıt kullanımının küresel ısınmayı artırması, dikkatlerin yenilenebilir enerji kaynakları (biyo-yakıtlar) üzerine çevrilmesine neden olmuştur. Mikroalglerin yağ içeriğinin ve biyodizel elde edilme olanaklarının araştırılması konusunda çeşitli araştırmalar ve projeler yapılmaktadır.

Çukurova Üniversitesi'nde Yeşil alg *C. vulgaris*'in yağ miktarını artırma olanaklarının araştırıldığı tez çalışmasında, Yüksek Lisans öğrencisi Yasemin Bulut, "Kontrollü koşullarda besin eksikliği ve farklı azot kaynaklarının *C. vulgaris* türünde yağ içeriği ve protein miktarına etkilerini çalışmıştır. Laboratuvar koşullarında yürütülen çalışmada %50 ve %100 Azot eksikliğinin yanı sıra, %50 Fosfor+%50 Azot, %50 Fosfor eksikliği ve Nitrit eklemesi muameleleri uygulanmıştır. En yüksek yağ içeriği %100Azot eksikliği uygulanan grupta saptanmış olup protein ve yağ değerleri sırası ile %13.01, %35.59 olarak belirlemiştir (Bulut vd., 2011).

Çukurova Üniversitesi'nde, "Fotobiyoreaktör Sistemde Yeşil Alg *C. vulgaris* kültürü ve yağ içeriği" konulu proje çalışmasında dışarı ortamda, Çukurova bölgesi mevcut iklim koşullarında *C. vulgaris*'ten ortalama günde 0.5 g^l kuru madde ile %35-38 oranında yağ elde edilmiştir. Söz konusu yağın, günlük olarak elde edilebilecek olması, yağ bitkilerine göre önemli bir avantajdır (Uslu vd., 2013).

Çukurova Üniversitesi'nde *I. affinis galbana* (Prymnesiophyceae), *P. tricornutum* (Bacillariophyceae) ve *P. cruentum* (Rhodolophyceae) türlerinde azot sınırlamasının büyüme, lipid ve klorofil a içerikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada azot sınırlamasının *I. affinis galbana* ve *P. tricornutum*'da lipid içeriğinin yükselmesine sebep olduğu saptanmış, %50 Azot eksilmesi ile *I. affinis galbana*'da %30.91 lipid ve 0.755±0.03 g^l biyomas, *P. tricornutum*'da %30.18 lipid ve 0.978±0.02 g^l biyomas belirlenmiştir (Uslu vd., 2012).

Mikroalg hücrelerinin, inorganik maddeleri kullanarak yaşamlarını sürdürmesi esası ile atıksu arıtımında kullanılabilirliği, ilk kulla-

nım alanlarından biridir. Çukurova Üniversitesi'nde yürütülen çalışmada "*S. platensis*'in Cr(III) ve Zn(II) iyonlarını bağlama kapasitesi" belirlenmeye çalışılmıştır (Çölkesen, 2010).

S. platensis favori türümüz olup son derece dayanıklı bir tür olması, hasatının kolay ve düşük maliyetli olması ve bulaşma riskinin çok zayıf olması, tercih için önemli nedenlerdir. Akdeniz iklim koşullarında, özellikle sera içerisinde üretimi hemen hemen yıl boyunca yapılabilir. *Spirulina*'dan %17 yağ ile birlikte günde 1 g^l kuru madde elde edilebilmektedir (Uslu vd., 2011).

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde "İzmir Körfezi'nden toplanan bazı deniz yosunlarının organik gübre yapımında kullanımı" konusunda yürütülen araştırma kapsamında İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından toplatılan makro-alglerin organik gübre kaynağı olarak kullanım olanakları araştırılmıştır.

Toplatılan algler Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Urla yerleşkesinde yıkanıp kurutulduktan sonra Ziraat Fakültesi Bahçe bitkileri bölümünün uygulama seralarında çeşitli bitkilerin büyümesi üzerinde denenmiştir. Bu çalışma ile İzmir körfezinde doğal populasyonlar oluşturan makro alglerin organik gübre kaynağı olarak kullanım olanakları araştırılmaktadır (Önalın ve Gökpinar, 2012).

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde yürütülen bir başka çalışmada "Topraksız Organik Tarımda Deniz Yosunu *Ulva rigida* (Ulvaceae) Kullanımı" araştırılmıştır. Bu çalışmada İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından toplatılan ve çöpe atılan makroskobik alglerden *U. rigida*'nın topraksız ve organik tarımda alternatif gübre kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda, *U. rigida*, çiftlik gübresiyle eş değer sonuçlar göstermiştir. Topraklı ve topraksız tarımda hedeflenen verim elde edilmiştir. Çalışma sonucunda *U. rigida*'nın topraksız ve organik tarımdaki gübre ihtiyacını karşılayabileceği gösterilmiştir (Gökpinar vd., 2009).

Mikroalglerin üretim maliyeti, mikron düzeydeki hücrelerin hasat edilmesindeki zorluklar nedeniyle karasal bitkilere göre daha yüksektir. Bu amaçla en yaygın kullanılan yöntem santrifüj tipte separatörlerin kullanılmasıdır. Fakat bu sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin ve uzun çalışma süreleri nedeniyle enerji sarfiyatının yüksek olması, mikroalglerin üretim maliyetlerinin yüksek olmasında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle kültürün bir ön yoğunlaştırma işleminden geçirildikten sonra santrifüj edilmesi, üretim maliyetlerinin düşürülmesinde önemli katkı sağlayacaktır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde yürütülen, “*N. oculata* (Droop)'in Hasadında Kümeleştirme Yöntemlerinin Etkinliği” konulu çalışmada, polielektrolitler, pH, elektroflokülasyon ve ultrasonik flokülasyon gibi kümeleştirme yöntemleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda özellikle yüksek pH ve elektroflokülasyon yöntemlerinin başarılı bir şekilde uygulanabileceği sonucuna varılmıştır (Uludüz, 2012).

Kaynaklar

- Bulut Mutlu Y., Işık, O., Uslu, L., Koç, K. ve Durmaz, Y. 2011. The Effects of Nitrogen and Phosphorus Deficiencies and Nitrite Addition on the Lipid Content of *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae). African Journal of Biotechnology, Vol.10(3), pp. 453-456. DOI: 10.5897/AJB10.1390.
- Cirik, S.1989. Zengin Bir Bitkisel Gıda *Spirulina*. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Ankara: 22,257:19-20.
- Çölkesen Doğru, F. 2010. *Spirulina platensis*'in Cr (III) ve Zn (II) İyonlarını Bağlama Kapasitesinin

Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.

- Ergün, O. ve Daşgan, H.Y. 2012. Su kültüründe yetiştirilen kıvrıcık marul bitkisinde mikroalg (*Chlorella vulgaris*) uygulamasının etkileri. 9. Ulusal Sebze Sempozyumu, 12-14 Eylül 2012, Konya: Bildiri Kitabı sayfa: 330-335
- Gökpinar, Ş. 1980. Deniz Diatomu *Phaeodactylum tricornutum* BOHLIN'un kültürü üzerine gözlemler. TUBİTAK VII. Bilim Kongresi, Kuşadası, Aydın: 827-840.
- Gökpinar, Ş., Boran, G., Engin, Y.Ö., Ergürhan, E., Tenker, O. ve Aktaş, B. 2009. Topraksız Organik Tarımda Deniz Yosunu *Ulva rigida* (Ulvaceae) Kullanımı. XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Temmuz 2009, Rize.
- Gökpinar, Ş. ve Durmaz, Y. 2001. *Porphyridium cruentum*'un ince cam panel fotobiyoreaktörlerde laboratuvar dışında yapılan kültürleri. XI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Hatay: 2:786-792.
- Göksan, T. 2003. *Haematococcus pluvialis* Flotow'un (Chlorophyceae) laboratuvar ve dış ortam koşullarında kültürü sırasında pigment kompozisyonu ve fotokimyasal parametrelerinde meydana gelen değişimler. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir.
- Göksan, T. 2007. *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae)'ten Büyük Ölçekli Kültürlerde Astaksantin Pigmenti Üretimi. TUBİTAK 104V060.
- Hızarcı Uslu, L., Işık, O., Sayın, S., Durmaz, Y., Göksan, T. ve Gökpinar, Ş. 2009. The Effect of Temperature on Protein and Amino Acid Composition of *Spirulina platensis*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Vol:26, No:2, 139-142.
- Işık, O., Hızarcı, L., Sayın, S., Gökpinar, Ş., Durmaz, Y. ve Göksan, T. 2006. The Effect of the Environmental Factors on the Vitamin C (Ascorbic Acid), E (Alpha-Tocopherol), β -Carotene Contents and the Fatty Acid Composition of *Spirulina platensis*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Vol 23, No 3-4, 257-261.
- Köksal, M., Işık, O., Uslu, L. ve Mutlu, Y. 2012. Işık, Sıcaklık, Besin Eksikliği Ve Havalandırmanın *Haematococcus pluvialis* Flotow'da Büyüme ve Astaksantin Miktarına Etkisi. Journal of Fisheries Sciences, 6(4); 297-305. DOI: 10. 3153 /jfscom.akdeniz004.

- Kural, Ö. 2013. *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd (Eustigmatophyceae)'in LED Lambalar ile Büyüme ve Yağ Biriktirme Özelliklerinin Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Mendi, Y.Y., Eldogan, S., Unek, C., Uslu, L., Torun, A., Curuk, P. ve Işık, O. 2009. The Usage of *Spirulina* on Acclimatization of Invitro Begonia (*B. semperflorens*) Plantlets, Proceedings of the 23rd International Eucarpia Symposium Section Ornamentals, Colorful Breeding and Genetics, Acta Horticulturae, No. 836. Ed. J.M.van Tuyl. Netherlands
- Oguz, H., Işık, O., Uslu, L., Sayın, S. ve Kargın Yılmaz, H. 2011. Çukurova Bölgesi (Adana-Türkiye) İklim Koşullarının *Spirulina platensis* Cyanophyta)'in C-fikosiyanin Miktarına Etkisi. Journal of Fisheries Sciences, 5(2); 146-152.
- Önalın, S.K. ve Gökpinar, Ş. 2012. Ekmeklik Buğday (Bezostaya)'ın Metabolik Özellikleri ve Büyüme Parametreleri Üzerine Organik Gübre Olarak Mikroskobik yosun (*Nostoc* sp.)'in Etkisi. Tagem, Organik Tarım Araştırmaları Program Değerlendirme Toplantısı .19-21 Mart, Antalya.
- Özbaş, B. 2008. *Porphyridium cruentum* (Rhodophyceae) Kültürlerinde Büyüme ve Biyokimyasal Kompozisyonda Meydana Gelen Değişimler. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Tekdal D. 2009. *Spirulina platensis* (Cyanophyta)'e Elektroporasyon Yolu İle Gen Aktarım Olanaklarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Uludüz, Ö. 2012. *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd (Eustigmatophyceae)'in Hasadında Kümeleştirme Yöntemlerinin Etkinliği. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Uslu, L., Durmaz, Y., Işık, O., Mutlu, Y., Koç, K. ve Ak, B. 2013. Nitrogen Limitation Increases Lipid Content of *Chlorella vulgaris* at Photobioreactor System. Journal of Animal and Veterinary Advances, Vol.12(1), 51-57. DOI: 10.3923/javaa.2013.52.57.
- Uslu, L., Işık, O., Koç, K., Göksan, T. 2011. The Effects of Nitrogen Deficiencies on the Lipid and Protein Contents of *Spirulina platensis*. African Journal of Biotechnology, Vol. 10(3), pp. 386-389. DOI: 10.5897/AJB10.1547.
- Uslu, L., Işık, O., Mutlu, Y. 2012. Besleyici Element Kompozisyonundaki Değişikliklerin Mikroalglerde Lipid İçeriğine Etkisi. Journal of Fisheries Sciences, 6(3); 176-183. DOI: 10.3153/jfscom.2012021.