

Su Ürünleri Dergisi J.Fish.Aquat.Sci.	Cilt No.18/1 Vol.18/1	Özel Sayı Suppl.	117 - 127 117 - 127	İzmir – Bornova 2001 İzmir – Bornova 2001
--	--------------------------	---------------------	------------------------	--

## ***Spirulina platensis*'in Açık Hava ve Sera Koşullarında Üretimi**

Meltem Conk Dalay<sup>1</sup>

Semra Cirik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye.

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Bornova, İzmir, Türkiye.

**Abstract :** *Outdoor Production of Spirulina platensis.* *S. platensis* is a blue green algae (cyanobacteria) which has been produced in various culture systems in many countries. If the large land possibilities exists., pedle wheel circulated ponds will be the most preferable pond types in warm climatic conditions. Green houses and the tubuler photobioreactors could be a solution to rise the temperature for European countries.

In this study, advantages and disadvantages of greenhouse and outdoor systems was investigated. And it has been determined that the ponds in green house was more productive and economic for Aegean region of Turkey.,when compared with outdoor ponds

**Özet :** *Spirulina platensis*, pekçok ülkede ve çok çeşitli kültür sistemlerinde üretilen ticari bir mavi yeşil alg (siyanobakteri) dir. Üretim sistemleri, kültürün yapıldığı bölgelerin koşulları dikkate alınarak geliştirilir. Sıcak iklimli yerlerde geniş arazi imkanları mevcutsa pedal sirkulasyonlu açık havuzlar, en çok tercih edilen havuz tipidir. Avrupa ülkelerinde seralar ve tübüler fotobioreaktörler sıcaklığı arttırmak için kullanılabilir.

Bu çalışmada, Türkiye Ege bölgesi koşulları için *S. platensis* kültürlerinde sera içi ve açık hava havuzlarının olumlu ve olumsuz yönleri incelenmiş ve sera içi kültürlerin açık hava havuzlarına göre daha verimli ve ekonomik olduğu tespit edilmiştir.

\* Bu çalışma, EBİLTEM-Özel sektör destekli 2000.Bil.035 nolu "Türkiye koşullarında *Spirulina* algi üretiminin Optimizasyonu" isimli projesinin bir bölümüdür.

### **Giriş**

Mikroalgal Biyoteknoloji , Dünyada 50 yılı aşkın bir süredir hızla gelişen ve önemli bir sektör haline alan bir konudur. Bu konunun kapsamına gıda ve yem amaçlı Alg üretiminin yanı sıra, organik gübre üretimi, alglerin içeriklerinde bulunan yağlar, pigmentler gibi ticari kimyasalların

farmasötikler ve kozmetik ürünlerin içeriklerine katılan alglerin üretimi amacıyla yapılan çalışmaları ve amaca uygun üretim için yeni sistemlerin geliştirilmesi girmektedir.

Alglerin giderek önem kazanmasının sebebi, dünyadaki mevcut besin kaynaklarının azalması ve yeni protein kaynaklarının bulunması konusunda

WHO ve FAO gibi kuruluşların destekte bulunması, doğal içerikli maddelerin hastalıkların tedavisinde sentetik olanlara oranla daha tercih edilir olması, tarımda ekolojik tarım ekolü ile yapay gübrelere alternatif doğal kaynakların aranması, kozmetik bakımdan kayda değer faydaları olan doğal preparatlar oluşları ve bütün bu ihtiyaçları karşılayabilecek yüksek büyüme hızına sahip olmalarıdır.

Algler, su, güneş ışığı ve besin tuzları ile kolaylıkla üreyebilen hatta kültür ortamı olarak doğal atık suları dahi kullanabilen canlılardır. Bu nedenle üretimleri son derece ekonomiktir. Bununla birlikte her türün yoğun bir şekilde üreyebilmek için kendi yaşam ortamının özelliklerini taşıyan koşullara ihtiyacı vardır. Koşullar ve üretim sistemleri, elde edilecek verimi etkileyen temel faktörlerdir.

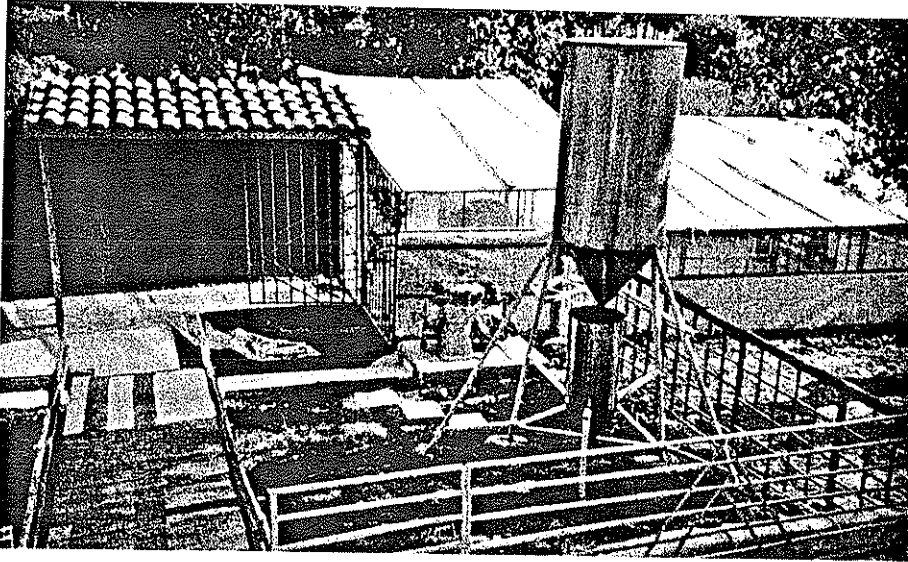
Bu çalışmada Türkiye koşullarında üretimi yapılan ve EBİLTEM (Ege Üniversitesi Bilim Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi) tarafından

desteklenen 99.Bil.006 no'lu üniversite-özel sektör projesi (Conk Dalay ve diğ. ; 2000) ile piyasaya çıkmaya hazır hale getirilen *Spirulina* (Cyanobacteria)'nın üretiminin optimizasyonu\* amacı ile üretimde yaygın olarak kullanılan kullamları iki farklı sistem olan açık hava ve sera koşullarında üretimin olumlu ve olumsuz yönlerinin ve bunların verimliliğe etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi hedeflenmiştir.

#### Materyal ve Metot

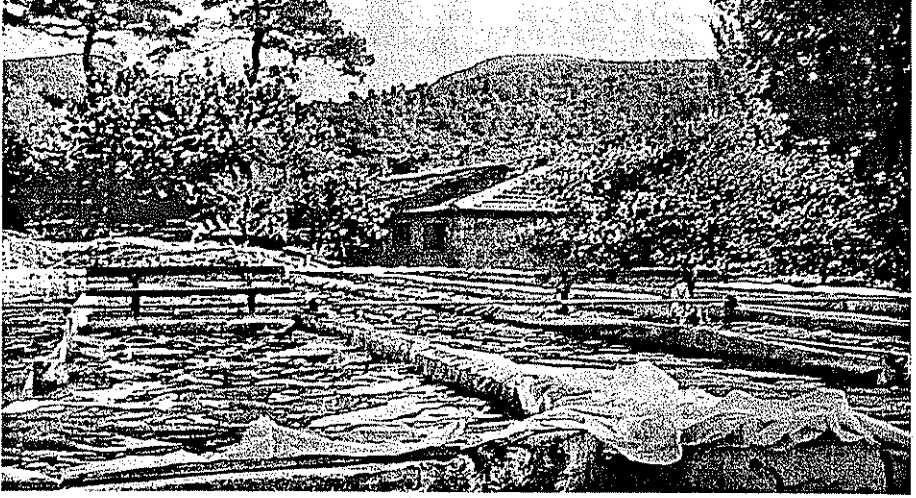
Geniş hacimli alg kültürlerinde kontrolü sağlamak oldukça güçtür. Laboratuvar koşullarında olduğu gibi sabit sıcaklık ve ışık koşullarını doğal ortamda sağlamak mümkün değildir. Kültür bu nedenle pek çok faktörün etkisi altındadır (Oswald ; 1988).

Çalışmada EBİLTEM binası arkasında bulunan seralar (Şekil1) ve Kemalpaşa'da bulunan açık havuzlar (Şekil 2) kullanılmıştır.



Şekil 1. E.Ü. Kampüsü içinde Ebiltem binası arkasında bulunan *Spirulina* üretim pilot tesisi.

## *Spirulina platensis*'in Açık Hava ve Sera Koşullarında Üretimi



Şekil 2. Ebiltem destekli üniversite-özel sektör işbirliği projesi sonucunda Kemalpaşa'da kurulan Türkiye'deki ilk *Spirulina* çiftliği.

Çalışmada ışıklandırma, güneş ışığı ile yapılmış, elde edilen verim karşılaştırılarak her iki üretim sisteminin avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir.

Havuzların yapılacağı arazinin düzleştirilmesi, *Spirulina* havuzlarının yapımında öncelikle yapılacak işlemdir. Havuz yüzeyinin düz olması, su yüksekliğinin her noktada aynı olması bakımından önemlidir. Böylece suyun hacmi, buharlaşma oranı gibi konularda doğru tahminlerde bulunulur.(Becker; 1995)

Havuz tabanına konulacak materyalin seçimi ikinci ve kültürün sıcaklığını koruyacak önemli bir faktördür. Havuz yüzeyini toprakla ayıran bu tabaka, topraktan çıkacak otların havuzu delmesi ve topraktaki organik materyalin fermentasyonu gibi olumsuzlukları önler.

Çalışmada kullanılan ve hem sera koşullarında hem de açık hava koşullarında bulunan havuzların tabanına izolasyonu sağlamak amacıyla dört kat izolasyon materyali kullanılmıştır. En altta talaş, üzerine perlit serildikten sonra strafor plaklar döşenmiş, onun üzerine ise elyaf örtü örtülmüştür.

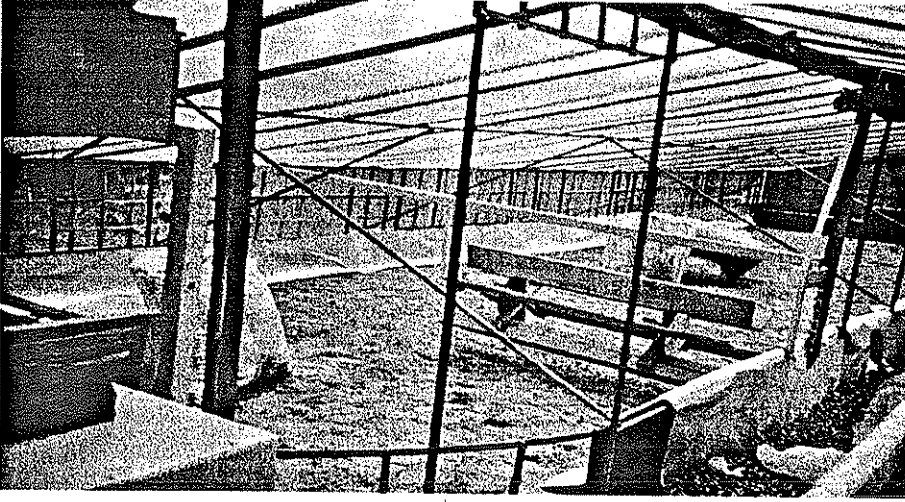
*Spirulina* havuzlarının performansını ve dayanıklılığını etkileyen en önemli faktör, havuz duvarları ve zemin materyalidir. Havuzların yan duvarlarında kullanılan materyal, basit kum veya çakıl setlerden, briket veya çimento konstrüksiyonlara hatta çok daha pahalı plastik materyallere kadar çeşitlilik gösterir.

Çalışmamızda kullanılan sera koşullarında bulunan havuzlarda duvar materyali olarak alüminyum borulardan oluşan bir iskelet üzerine her iki tarafa destek olarak konulmuş kontrplak ve onun üzerine kaplayan tetra pak bir tabaka kullanılmıştır. (Şekil 3) Zemini kaplayan

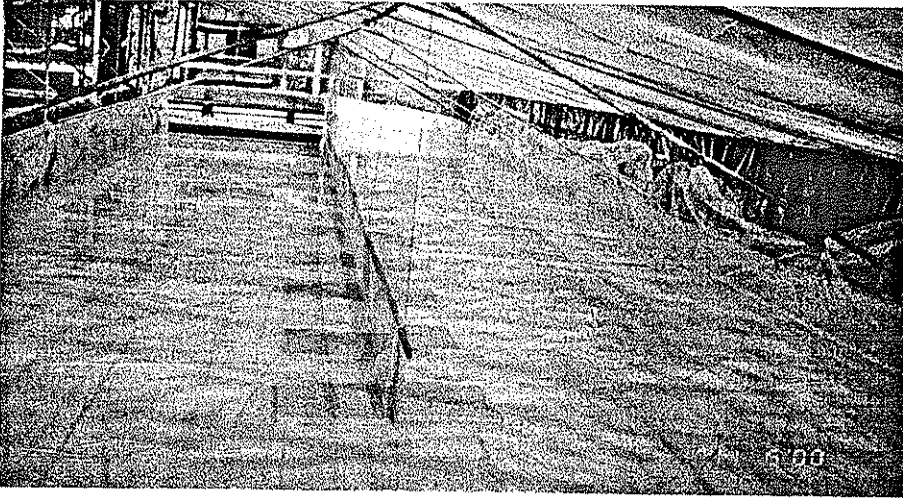
*M. Conk Dalay, S. Cirik*

elyaf örtü, havuz duvarının üstünü de kaplamıştır (Şekil 4 ). Böylece hem ısı izolasyonu sağlanmış hem de sert ve sivri köşelerin havuzun zeminine serilecek

materyali delmesinin önlenmesi amaçlanmıştır. Kemalpaşa'da bulunan açık hava havuzları ise tuğladan örülmüş duvarlarla çevrilidir. (Şekil 5 )

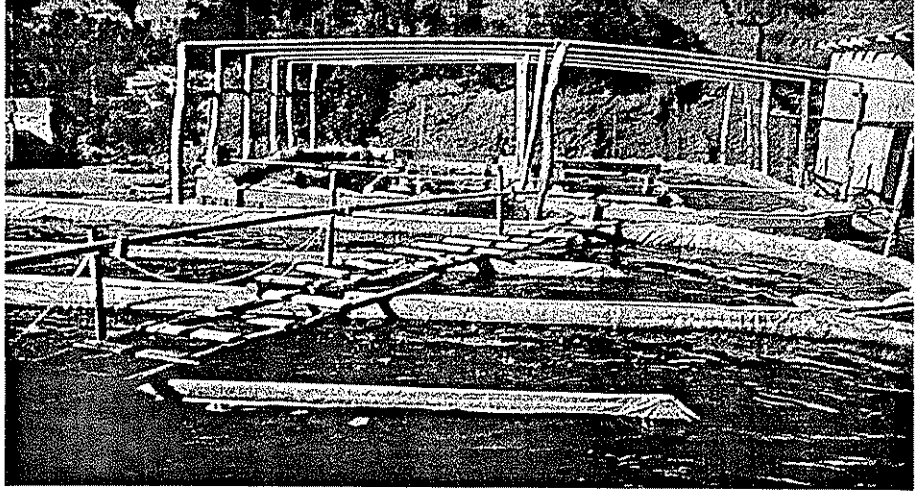


Şekil 3. Sera koşullarında bulunan havuzun yapım aşaması.



Şekil 4. Sera koşullarındaki havuzun zemini.

### *Spirulina platensis*'in Açık Hava ve Sera Koşullarında Üretimi



Şekil 5. Egert *Spirulina* - Kemalpaşa çiftliğinde bulunan tuğla duvarlı havuzlar.

Havuz zeminini oluşturan materyal, hem havuzun dayanıklılığı hem de kültür maliyetini etkileyen önemli bir faktördür ve bu materyalin özelliği kültürün kalitesi bakımından da önem arz eder. Havuzun yapımında kullanılan malzeme dayanıklı ve uniform özellikte olmalıdır. Ortam kaçaklarına izin vermemelidir, kimyasallara ve UV'ye karşı dayanıklı olmalıdır. Değişik sıcaklıklarda esnek ve sağlam yapısını korumalıdır ve toksik olmamalıdır ( Becker; 1994).. Kültürle direkt temas halindeki bu materyalin özelliği, algal biyomasın kimyasal kompozisyonunu da etkiler, bu nedenle bu materyalin dayanıklılığının yanısıra kimyasal kompozisyonu da önemle devreye girmektedir. Örneğin plastik materyalde bulunan ağır metaller, alg tarafından absorbe edilebilir.

Bu nedenle çalışmamızda kullandığımız havuz kaplama materyali, ağır metal içerikli boyalar içermeyen ve UV'ye dayanıklı polietilen malzemeden seçilmiştir. Şekil 4 'de pilot tesisimizde

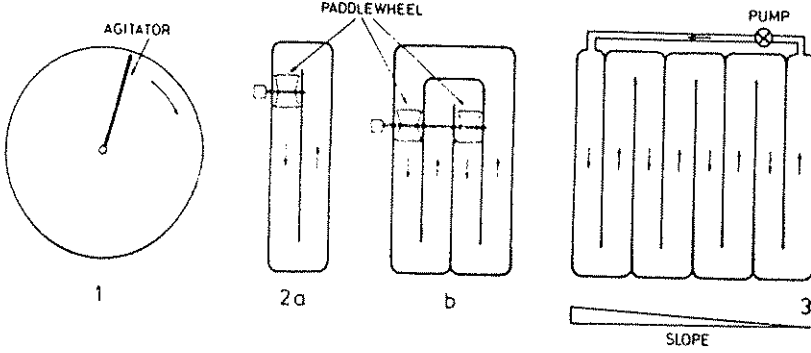
kullanılan materyalle kaplanmış havuzlar görülmektedir.

Çalışmamızda kullanılan havuzlar, pedallı çark yardımı ile karıştırma sağlanan sirkulasyonlu tipteki havuzlardır. Sera koşullarında bulunan havuzların ortasındaki seperat, havuz kaplama materyali olarak kullanılan şeffaf polietilen malzemeden yapılmıştır.

Kemalpaşa'da bulunan açık havuzlarda ise havuz ortasında bulunan seperatlar tuğladan yapılmıştır ve havuzlar, zemin materyali hem seperatı hem de dış duvarları kaplayacak şekilde dizyn edilmiştir.

Şekil 6 'da alg kültürü için kullanılan bazı havuz sistemleri şematize edilmiştir. *Spirulina* kültürleri için en çok tercih edilen havuz tipi, akıntı yolu oluşturma esasına dayalı havuz tipleridir. ve yine *Spirulina* kültürleri için en yaygın olarak kullanılan sirkülasyon aparatı, çarklı karıştırıcılardır. Çalışmamızda kullanılan

havuzlarda, tek seperatlı yuvarlak kenarlı ve çark sirkulasyonlu tiptedir.



Şekil 6:Alg kültürü için kullanılan bazı havuz sistemleri: 1, dönen karıştırıcılı dairesel havuz. 2a, Çarklı karıştırıcı, tek bölmeli dikdörtgen havuz. 2b, çarklı karıştırıcı, bitişik bölmeli dikdörtgen havuz. 3, sirkülasyon pompalı eğimli, geçişli havuz ( Becker; 1994).

*Spirulina* hücrelerinde bulunan gaz vakuelleri, havuzda bulunan algal biyomasın yüzeyde toplanmasına neden olur. Kültür ortamının karıştırılması, kültürün eşit düzeyde ışık alması, nütrientlerin homojen bir şekilde dağılması, mevcut karbondioksitin daha etkili kullanılması ve sıcaklık farklarının ortadan kaldırılması gibi kültür verimini arttıran önemli faydalar sağlar.

*Spirulina* kültürleri için kullanılan en yaygın karıştırma sistemi, çarklı karıştırıcılardır.

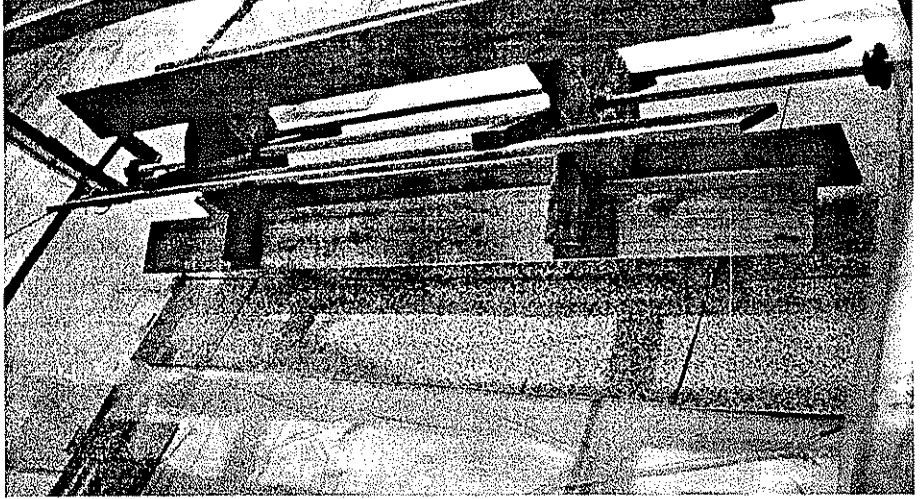
Şekil 7'de sera koşullarında bulunan havuzlardaki 6 ahşap plakadan oluşmuş çarklı karıştırıcılar görülmektedir. Çarkın

altına sıralanan yer döşeme karoları, zemin materyalini fikse etmek ve çarka dolanmasını önlemek amacıyla kullanılmıştır.

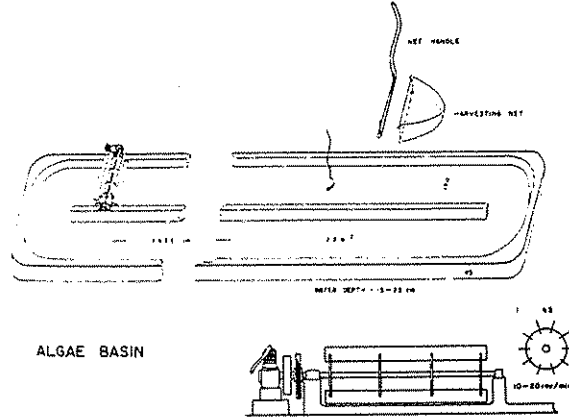
Çarklı karıştırıcıların karıştırma hızının, etkili karışım sağlarken filamentlerin kırılmasına neden olmayacak şekilde ayarlanması önemlidir.

Şekil 8'de görülen örnekte 100 m<sup>2</sup>'lik dikdörtgen bir havuz için on plakalı bir çarkın dakikada 10-20 dönüş yapmasının en etkili karışım sağlayacağı bildirilmiştir (Fox 1983). Bizim çalışmamızda da çark döngüleri, havuz ebatlarıyla orantılı olarak bu değerler dikkate alınarak ayarlanmıştır.

*Spirulina platensis*'in Açık Hava ve Sera Koşullarında Üretimi



Şekil 7. Suya dayanıklı ahşap plakalardan yapılmış çarklı karıştırıcı.



Şekil 8: Örnek bir *Spirulina* havuzu ve bu havuzun sirkülasyonu için tasarlanmış çarklı karıştırıcı (Fox;1983).

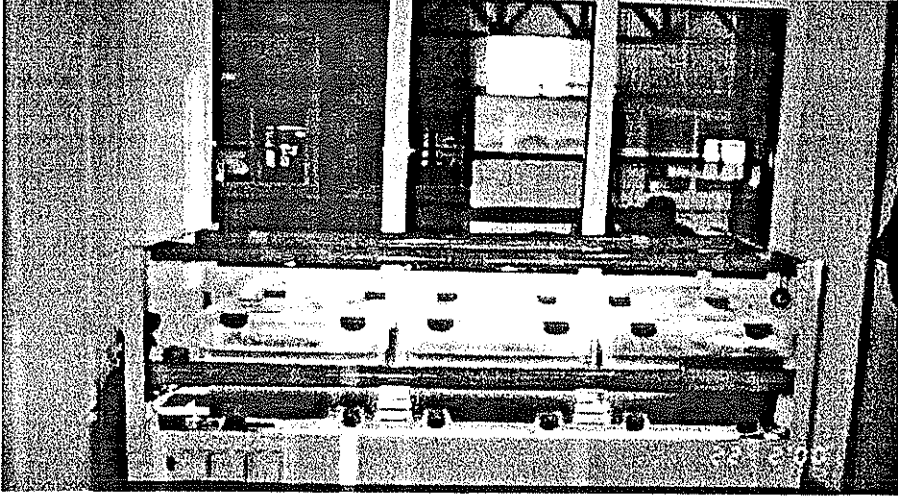
Havalandırma yoluyla karıştırmanın sağlanması, özellikle laboratuvar kültürleri için kullanılan etkili bir yoldur. Şekil 9'da kültürlerin başlangıç aşamasında arttırılması için ve karşılıklı yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan laboratuvar tipi bir reaktör görülmektedir.

Geniş havuzlara alınmadan önce kültürün hacmini arttırmakta veya deneysel çalışmaların yapılmasında kullanılan polyester tanklar da havalandırma ile karıştırılabilir. (Şekil 10) Ege Üniversitesi bünyesinde bulunan ve EBİLTEM

M. Conk Dalay, S. Cirik

tarafından desteklenen 99.Bil.006 nolu projenin bitiminde özel sektör (EGERT) tarafından EBİLTEM Algal Teknoloji Ar-Ge birimine bağışlanan pilot çaplı

*Spirulina* üretim tesisinin serası, alüminyum borulardan oluşmuş bir iskelet ve bunun üzerine sabitlenmiş sera naylonundan yapılmıştır



Şekil 9: Ölçek artırma ve karşılıklı deneysel çalışmaların yapılması amacıyla tasarlanmış laboratuvar tipi bir fotobiyoreaktör.



Şekil 10: Polyester tanklarda havalandırma ile karıştırılan kültürler.

Sera koşullarında yapılan üretim ile karşılaştırılması yapılan açık hava havuzları ise bu proje sonucundan elde

edilen sistem bilgileri doğrultusunda kurulan ve Türkiye'nin ilk *Spirulina*



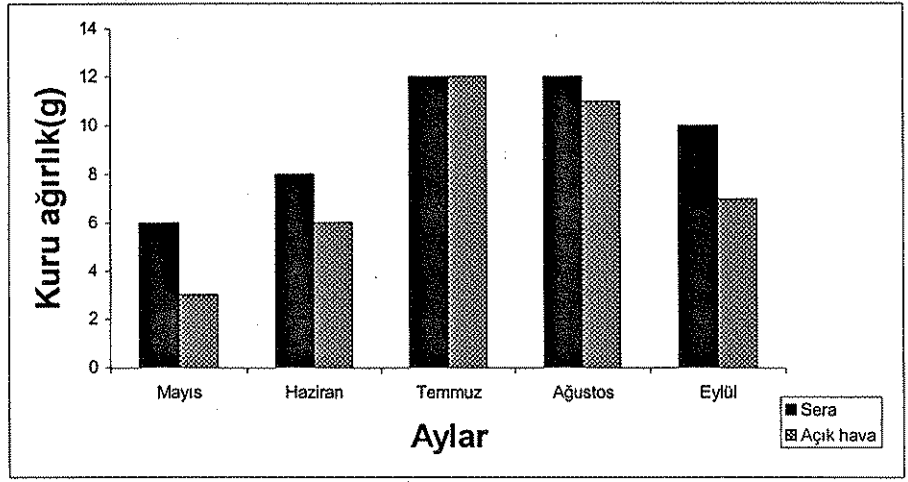
### *Spirulina platensis*'in Açık Hava ve Sera Koşullarında Üretimi

çiftliği olan İzmir Kemalpaşa'daki Egert *Spirulina* Çiftliği havuzlarıdır.

#### Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma, Türkiye koşullarında ilk kez denenen açık hava ve sera koşullarında

*Spirulina* üretiminin avantaj ve dezavantajlarını belirlemek üzere yapılmıştır. Nisan-Eylül 2001 tarihleri arasında takip edilen kültürlerin yıllık verimleri, Şekil 11 'de verilmiştir.



Şekil 11. Sera ve açık hava koşullarında yapılan kültürlerin aylık verim grafiği.

Grafikten de görüldüğü gibi sera koşulları, kültür sezonunu uzatmada oldukça etkili rol oynamaktadır. İzmir ili iklimsel koşullarında yapılan çalışmamızda sera koşullarının kültür verimini yıllık ortalama 300 gr./m<sup>2</sup> arttırdığı saptanmıştır. Türkiye koşullarında bir seranın maliyeti 5.6 \$/m<sup>2</sup> dir. Bunun 3.75 \$/m<sup>2</sup> si alüminyum boru konstrüksiyon, 1.85 \$/m<sup>2</sup> si ise naylon kaplama giderleridir. Naylon kaplama her yıl değiştirilmekle beraber alüminyum boru konstrüksiyon, dayanıklı bir malzemedir ve 5-10 yıl arası kullanılabilir. Ortalama 7 yıl kullanılacağı varsayılırsa yıllık maliyeti yaklaşık 0.5 \$/m<sup>2</sup> olacaktır. Böylece bir sera, açık havuza oranla üretim maliyetini sadece 2.35 \$/m<sup>2</sup> arttıracaktır. Bu da elde

edilecek ürün ile kıyaslandığında çok düşük bir maliyettir.

Mikro alglerin üretiminde, tam kontrollü tübüler fotobiyoreaktörlerden flat plate reaktörlere açık havuzlardan sera içi havuzlara küçük ve büyük ölçekli pek çok sistem kullanılmaktadır (Torzillo, G. 1996, Tredici ve Zittelli 1996.). Tüm bu sistemlerin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Üretimi yapılacak alg türü ve üretiminin amacı sistem seçiminde en önemli kriterdir.

Alg kültürlerinde ışık ve sıcaklık, temel sınırlayıcı faktörlerdendir. Bu iki unsur aynı zamanda kültür maliyetinin de önemli bir kısmını teşkil eder. Bu nedenle alg kültürü ışık ve sıcaklık kaynağı olarak güneşin kullanılabildiği durumlarda daha

ekonomik olur. Bununla birlikte doğal koşullar kontrol edilemediği için zaman zaman sıcaklık ve ışık optimum değerlerin üzerine çıkabilir veya altına düşebilir Bu gibi durumlar takip edilerek gerekli durumlarda sera örtüleri ve gölgeleme gibi dışsal uygulamalarla kültürün ihtiyaç duyduğu koşullar sağlanabilirse doğal ekstremliklerin yarattığı olumsuzluklar büyük ölçüde giderilebilir.

Türkiye, iklimsel özellikleri bakımından alg kültürü için son derece uygun bir ülkedir. Özellikle Akdeniz ve Ege bölgesinde uzun süren güneşli ve sıcak iklim, kültür maliyetini düşürmek adına son derece olumlu özelliklerdir. Ayrıca alg kültürleri için sığ havuzlar ve geniş araziye ihtiyaç vardır. Bu bölgelerde mevcut olan hatta tarımda kullanılmayan topraklar alg kültürü için kullanılabilir. Aynı zamanda tarımsal sulama için uygun olan tuzlu yer altı suları da alg kültürleri için kullanılabilir.

Bu çalışmada, Türkiye’de ilk kez ticari anlamda üretimi yapılan alg olan *Spirulina*’nın Ege bölgesi şartlarında sera koşullarında ,kontrollü olarak ve açık hava koşullarında ,tamamen doğal faktörlerin etkisi ile, üretimi yapılmış ve her iki üretimden elde edilen verim karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu iki üretim şeklinin ekonomik ve teknik değerlendirmesi yapılmıştır.

## Sonuç

Yapılan çalışmanın sonucunda, sıcaklığın düştüğü ve gece-gündüz arası sıcaklık farkının arttığı ilkbahar ve sonbahar mevsiminde Sera koşulları sağlanması halinde üretim sezonunun uzayacağı ve verimin artacağı bununla birlikte sıcaklığın çok yüksek olduğu yaz aylarında ise seranın yanlarının açılmasının hatta çok sıcak günlerde gölgeleme yapılarak kültür sıcaklığının optimum değerlere düşürülmesinin uygun olacağı tespit edilmiştir.

Alg kültürünün ticari önem kazanması ileriki yıllarda ülkemiz ekonomisine önemli katkı sağlayacak bir kazanç olacaktır. Avrupa ülkelerinde aranan bir ürün olan algler, soğuk iklimli ve geniş arazi imkanları olmayan bölgelerde yüksek üretim maliyeti nedeni ile üretilmemekte ve ithal edilmektedir. Ülkemiz de uygun üretim şartlarına sahip olmasına rağmen *Spirulina*, *Chlorella* gibi algleri ithal eden ülkeler arasındadır.

Dileğimiz, önümüzdeki on yılın sonunda Türkiyeyi alg üretimi ve ihracatı ile kazanç sağlayan bir ülke olarak görmektir. Ayrıca, yüksek kalitede ve verimli üretim yapılması amacı ile gerçekleştirilecek optimizasyon ve ar-ge çalışmaları da önemli bir hedef teşkil etmektedir..

*Spirulina platensis* 'in Açık Hava ve Sera Koşullarında Üretimi

**Kaynakça**

- Becker, E. W. 1995. Microalgae, biotechnology and microbiology. pp.63-114 Cambridge university press. ISBN 0521 350204.
- Conk Dalay, M., Cirik, S., Akdeniz, C., Yılmaz, M. 2000. Ülkemiz Koşullarına Uygun Spirulina Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi. E. Ü. Araştırma Fonu Proje Raporu. E.Ü. Bilim Teknoloji Uyg. ve Ar. Merk. -İzmir.
- Fox., R 1983. Algoculture. p.336 These. L' Universit" Louis Pasteur de Strasbourg pour obtenir le Doctorat D'univerite. France.
- Oswald, W. J. 1992 Large scale algal culture systems. pp.357-394 Micro-algal biotechnology. Edited by M.A. Borowitzka and L.J. Borowitzka. ISBN 0521 323495 Cambridge univ. press
- Torzillo, G. 1996. Tubular bioreactors. Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and Biotechnology Taylor & Francis publishers.
- Tredici M. R., Zittelli 1996. Sultivation of Spirulina (Arthrospira) platensis in flat plate reactors. Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and Biotechnology Taylor & Francis publishers.