

Su Ürünleri Dergisi	Cilt No.18/1	Özel Sayı	241 - 248	İzmir – Bornova 2001
J.Fish.Aquat.Sci.	Vol.18/1	Suppl.	241 - 248	İzmir – Bornova 2001

Alg Üretiminde Tübüler Sistemin Yeri ve Önemi

Hilal Kargın Kenan Engin

Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yenişehir Kampüsü, Mersin, Türkiye.

Abstract : *The Place and the Importance of Tubular System in Microalgal Culture.* The main factor affecting the success of rearing the marine fish larvae is feeding the larvae, specifically with live feeds. Thus, not only the quality but also the continuation of these food items carries a great importance for a successful rearings. Rotifers and *artemia* are the main species in rearing the marine fish larvae. Single celled algae are used to feed these organisms so that both the quality and the continuation of these food items is closely connected to the production of algae. Consequently, the continuation of zooplankton production is directly related to the efficiency and the continuation of algal production.

It is well known that the tubular system developed for a dense and continuous algal production, is more effective than the other production techniques and for the development of a suitable algal production technique, the place and importance of the tubular system in algal production are being emphasized.

With the successful use of the continuous tubular production technique, the provision of safe and long term algal production and the increase of the productivity are targeted. In this way, the technique will be a guidance for hatcheries in Turkey and will contribute to the increment in marine fish larvae production indirectly.

Özet : Deniz balıklarının yavru yetiştiriciliğinde başarıyı etkileyen faktörlerin başında beslenme ve özellikle canlı yem gelmektedir. Bu bağlamda canlı yemin kalitesinin yanısıra sürekliliği de büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla kullanılan canlıların başında rotifer ve *artemia* gelmektedir. Tek hücreli algler ise bu canlıların beslenmesinde kullanılmakta ve dolayısıyla bu ürünlerin üretimini gerek kalite gerekse süreklilik yönünden etkilemektedir. Bu nedenle zooplankton üretiminin sürekliliği doğrudan alg üretiminin sürekliliğine ve etkinliğine bağlıdır.

Sürekli ve yoğun alg üretimi için geliştirilen tubuler sistem diğer üretim yöntemlerine göre daha verimli ve ekonomik açıdan daha elverişli bir yöntem olduğu bilinmektedir ve alg üretimi için uygun bir üretim tekniğinin geliştirilmesi amacıyla bu sistemin algal üretimdeki yeri ve önemine değinilmek istenmektedir.

Tubuler sürekli kültür tekniğinin başarılı bir şekilde uygulanması ile uzun süreli ve güvenli alg üretiminin sağlanması ve verimliliğin artırılması hedeflenmekte ve ülkemizdeki deniz balıkları yavru yetiştiriciliği, bu amaçla kurulan kuluçkaevleri (hatchery) için yol gösterici olacak ve üretim artışına dolaylı olarak katkıda bulunacaktır.

Giriş

Akuakültür çalışmalarında ticari öneme sahip birçok deniz canlısının yetiştiriciliğinde mikroalg besin olarak kullanılmaktadır. Mikroalgler bivalvlerin, krustaceaların ve zooplanktonun önemli bir besinini oluşturur. Zooplanktonun önemli bir besinini oluşturan mikroalgler, dolaylı olarak balıkların beslenmesinde oldukça önem arz eder. Ototrof canlılardan olan mikroalgler, fotosentez yoluyla kendi besinini üreten canlılardan olup, heterotrof bir canlı olan zooplanktonun besinini temin edebilen bir organizmadır. Artemia ve rotifer deniz balığı larvasının beslenmesinde kullanılan en önemli canlı yemlerdendir. Günümüzde zooplanktonlardan *Brachionus plicatilis* 60'dan fazla deniz balığı ve 18'den fazla krustase türünün larva yetiştiriciliğinde geniş çapta kullanılan ve kültürü yapılan bir canlı besin durumundadır. Bu kadar öneme sahip olan Rotifer ve Artemia'nın yoğun üretimlerinin yapılabilmesi yine bu canlı besinlerin yoğun üretiminin yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Canlı besin üretimi yaparken en güvenilir ve en uygun üretim sisteminin tercih edilmesi gerekir. Amaçlardan biri ise rotifer üretirken ; istenilen zamanda, istenilen besinsel kaliteye sahip mikroalgin çok daha ekonomik şekilde üretimini gerçekleştirmek, canlı yem üretim maliyetini en düşük seviyede tutmaktır.

Mikroalg üretiminde kullanılan üretim sistemleri incelendiğinde herbirinin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Tubuler sistem mikroalg üretiminde kullanılan diğer üretim sistemlerine göre birçok avantajı olan bir sistemdir. Bu sistemin sunduğu en önemli avantajlardan biri de büyük bir kapital gerektirmeden sistemin dizayn edilebilmesidir. Tubuler sistem büyük

miktarda alge ihtiyaç duyulduğunda uygulanması gereken, tamamen tüp biçimli bir reaktörden ibarettir (Bocci, 1988; Pohl ve ark., 1988). Sistem, değişen ölçeklerde tubuler fotoreaktörlere sahip olup, fotoreaktörlerin istenen miktarda güneş ışığına maruz kalmasını ayarlayacak şekilde geliştirilir.

Ticari öneme sahip deniz canlılarının yoğun üretiminde, üretimin ucuz olduğu, bölge düzeltmelerinin en az olduğu ama performansının çok daha pahalı sistemlerle kıyaslanabilir olduğu bir sistem dizayn etme çalışmaları hızlandırılmış ve bu konuda yapılan araştırmalar yoğunlaşmıştır. Tubuler sistemin uygulanması sonucu uzun süreli ve güvenli bir şekilde mikroalg üretmek mümkün olmaktadır.

Sistem, kültür çökmeden 6 aydan fazla çalışabilmektedir. Bu sistemin uygulanışı ile büyümeye ilişkin detaylı bilgiye sahip olduğumuz mikroalg türleri için uygun bir üretim tekniği geliştirilmiş olacaktır. Sistem kapalı devre üretim sistemi olduğu için türlerin denetimini kolaylaştırır. Işığın etkin kontrolü ve diğer büyüme parametrelerin etkin kontrolü ile üretimde artış sağlanır, üretim performansı garanti altına alınır.

Dünyanın çeşitli ülkelerinde mikroalg üretimini daha ekonomik ve verimli kılmak için bu sistemin işleyişine yönelik çeşitli konfigürasyonlar test edilmiştir: Bocci ve ark. (1988) fototrofik mikroorganizmaların doğal ışık altında büyümesinin araştırılması için dizayn edilen bir aleti tanımlamıştır. Bu sistem 8 adet tubuler fotobiyoreaktör ile fizikokimyasal parametrelerin kontrolü ve gösterimi için gerekli bir araç ile sağlanmıştır. Doğal ışık altında azot kaynağı olarak nitrat ya da amonyağa sahip ortamda *Spirulina platensis* üzerine

Alg Üretiminde Tubuler Sistemin Yeri ve Önemi

yapılan araştırma sonucuna göre, kültürlerin ışık yoğunluğu 800w/ml, biyomas oranı 1.5g/L'den az olduğunda, amonyak alımının etkisinin nitrat almından daha az olduğudur.

Kaplan ve ark. (1988) çalışmalarında mikroalg ve diğer fototrofik mikroorganizmaların kapalı kültür sisteminde bir eksenindeki yığın yetiştiriciliği için özel olarak dizayn edilmiş yeni bir fotobiyoreaktörü tanımlamışlardır. Bu biyoreaktör silindirik şekilli ve iç aydınlatma sistemine sahiptir. Algler karıştırıcı ile havalandırılır ve hasat edilir. Bu yeni biyolojik tekniğin kontrollü ve kontrolsüz koşullar altında, sık hasat ile alg kültürlerinin korunmasına izin vermektedir. Bu sistemde en iyi biyoreaktör işlemlerinin havalandırma, karıştırıcı, hasat, steril filtre ve bilgisayar sisteminde kontrol ile sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Pohl ve ark. (1988) nın Almanya'da yaptıkları çalışma mikroalglerin fotobiyoreaktörde kültüre edilmesi üzerinedir. 20-250 lt hacme sahip, 35-100 cm yükseklikte, 20-60 cm çapında silindirik paslanmaz çelikten biyoreaktörler geliştirmişlerdir. En üst kısım yassı bir çelik kapakla kapalıdır. Biyoreaktörün yaklaşık 1/3'lük en alt kısmı çift duvarlı silindirik bir çelik ile kaplıdır. Burada değişmeyen sıcaklık, sirkülasyon vardır. Bunun yanında fotobiyoreaktörlerin pH, O₂, CO₂ ölçümlerini gerçekleştirmek için elektrodlar yerleştirilmiştir. Fotobiyoreaktörler iç içe aydınlatma sistemine sahiptir. 4 tane ışık geçiren cam veya fiberglas tüpler biyoreaktörün üstündeki silindirden aşağıdaki kapağa doğru ve kapaktaki delikten geçirilir. Her tüpün geçtiği delik bir florasan tüp ile aydınlatılır. Alglerin hasatı genellikle sistem tarafından tüketim basamağında

hızlı ve yeterli bir şekilde taşınabilir. Mikroorganizmalar hasat edilirken hem hava hem de sistem kapatılır. Mikroalgin fotobiyoreaktörün tabanına çökmesi sağlanır. 1-6 saat bu şekilde durduktan sonra sistem çok yavaş hareket eden emici pompaya bağlanır. Biyoreaktörün tabanındaki yoğun alg tabakası tekrar tüplere gönderilir. 250 lt'lik fotobiyoreaktörler içinde algin yaklaşık 5 lt'lik kısmının hasatına müsaade edilir. Hasat sonunda biyoreaktör tekrar kapatılır. Ortamdaki serbest algler steril filtrasyon aletiyle biyoreaktöre tekrar sirküle edilir. Bu sistemde alglerin sadece bir kısmının hasat edilmesi ve geri kalanının tekrar kültüre edilebilmesi bir avantajdır. Fotobiyoreaktörde yarı- sürekli yoğun alg kültürleri sirkülasyon koşulları altında, alglerin geç büyüme evrelerinde dahi sık sık hasadına imkan sağlar. Araştırmacılara göre, 3 ton'luk kesikli kültürle elde edilen üretim, yukarıda tanımlanan sistemden elde edilen üretime denktir.

Chaumont ve ark. (1988) de labratuarlarında 6 yıl boyunca mikroalglerin Tubuler fotobiyoreaktörde yığın kültürleri üzerine ve özellikle *Porphyridium cruentum* üzerine çalışmışlardır. Sonuç olarak, *Porphyridium cruentum* 'un optimal yetiştiricilik koşullarında yegane azot kaynağı gibi üre ile de mikroalglerin yığın kültürü mümkündür.

Mikroalg üretiminde bu sistemin diğer sistemlere göre üstünlüğünün anlaşılması ile birlikte dünyada birçok bu sistem kullanılarak gerçekleştirilen mikroalg üretimine yönelik denemeler gerçekleştirilmiştir. Fakat ülkemizde henüz bu sisteme yönelik çalışmalar bir veya iki sektör dışında oldukça azdır.

Tubuler sistemin genel çalışma prensipleri

Mikroalglerin yoğun üretimi için kullanılan bu sistem tamamıyla tüp şeklinde bir reaktörden oluşmaktadır. Reaktörde birbirine paralel olarak yerleştirilmiş fiberglas tüplerden yapılmış bir kapalı dolaşım sistemi mevcut olup bu sistemin çalışma prensibi sürekli uzun dönemli kullanımlara göre dizayn edilmiştir (Byelna ve ark., 1988). Bütün tubuler reaktörler aynı prensiplere göre çalışırlar;

- (1) Tubuler bir solar receptör (CO₂ fotopolimerizasyonu için)
- (2) Karbonasyon kulesi,
- (3) Pompa (solar receptör ile karbonasyon kulesi arasındaki dolaşımı sağlamak için).

Tubuler sistemde tubuler reaktörler esas olarak fiberglass tüplerden meydana gelmektedir. Reaktör bantlar halinde toplanmış biyolojik üretim fabrikaları güneş ışığının günlük değişikliklerine benzer aydınlatma sağlayacak şekilde, laboratuvar koşullarında ya da dış ortamda dizayn edilirler. Koruyucu bölmede bulunan reaktörlerin içinde birbirine paralel fiberglas tüpten yapılmış olan kapalı dolaşım sistemi bulunur.

Bu sistemi oluşturan tüpler su geçirmez flanşlarla birbirine bağlanmıştır. Reaktörlerin ışık geçirmeyen karanlık kısmı ile kültür süspansiyonunu içeren transparan tüpler arasında yeterli oranda nutrient çözeltisinin depo edildiği nutrient tankından besin sürekli olarak sirküle edilir.

Çevrim sistemi besinlerin ve CO₂ nin ideal alımını sağlamaktadır. Kültür süspansiyonları, mekanik değişken hızlı bir sürücü ve indüksiyon motoru tarafından işletilen PVC Pompasıyla

tubuler reaktörlerin içine doğru pompalanmaktadır.

Kültür süspansiyonunun tubuler reaktörlerin içine doğru olan akım hızları 0.2-0.5 m/sn arası istenen değere ayarlanabilir. Maksimum hızda kültürün tüm tubuler sistemi dolaşması 45 sn sürer. Minimum hızda ise 110 sn'ye içinde tüm tubuler sistemi dolaşır. Sistemin sonunda, kültür süspansiyonu 3 lt'lik hacimli silindirik kaplara aktarılır. Her reaktörün içinde 50 lt hacminde kültür ortamı bulunur. Bunun 37 lt'lik bölümü cam tüpler içinde, 13 lt'lik kısmı ise reaktörün ışık geçirmeyen karanlık kısımlarında bulunmaktadır. Kültürün pH değerleri bir amplifikatöre bağlı olan cam elektrodlarla kontrol edilmektedir. Kültür içindeki oksijen basıncının belirlenmesi, kültürün giriş ve çıkış kısımlarına yerleştirilen iki elektrotla gerçekleştirilir. Transparan tüp duvarları maksimum fotosentetik verimi sağlayacak olan ve yüzey bozunma ürünlerini elimine edecek olan yumuşak bir kazıma mekanizması ile sürekli temiz tutulmaktadır. Çeşitli boyutlarda ve konfigürasyonlarda biyo-reaktörler mevcuttur.

Biyo-reaktörlerin uygulanması sonucu;

- Chlorella sp ve Spirulina sp alg türlerinin üretimi,
- Akuakültür ortamında alglerin sürekli üretimi,
- Bakteriyal ve algal muamelede ölü organizmalarca üretilen kimyasalların hasatı,
- Fotosentetik organizmaların büyük çapta üretimi sağlanabilmektedir.

Sistemin özellikleri pek çok etmene bağlıdır. Biyo-reaktörler yapıyı desteklemeye uygun belirgin birbirine paralel tüplerin dizilmesinden oluşur. Her bir tüp sonunda ana tanka açılan ortak manifoldlara bağlıdır. Bu konfigürasyon etkin ışık kullanımı ve gaz değişimi ile

Alg Üretiminde Tubuler Sistemin Yeri ve Önemi

fotoşamasında basınç damlacıklarının etkin bir biçimde uygulanması ile sağlar.

Sistemde pompalama

Pompalama mekanik yollarla, organizmalara az miktarda kuvvet uygulayarak hava kaldırma pompasından faydalanılarak yapılır.

Sistemin boyutları

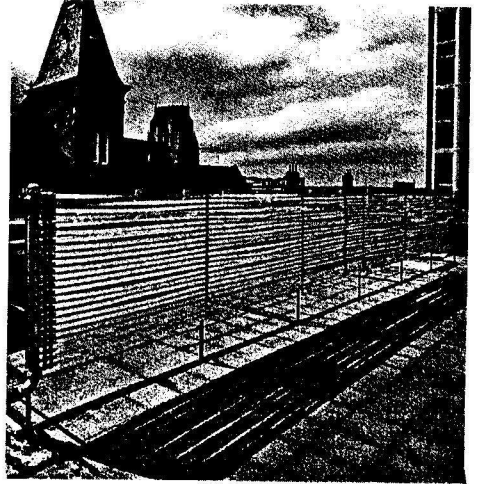
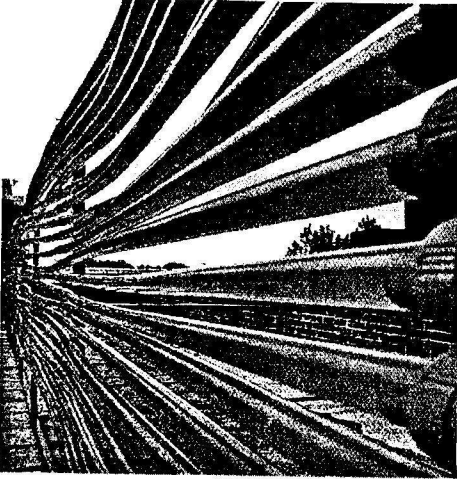
Sistemler 20 ile 5000 lt kapasiteli ve daha büyük üretim gereksinimleri için katları olarak üretilebilir. 5000 lt'lik birim günde 2500 lt alg üretilir (tür ve çevre koşullarına bağlı olarak). Her litrede mevcut olan alg sayısı torba kullanılarak elde edilen türün en az 4 katıdır.

Sistemin işletimi

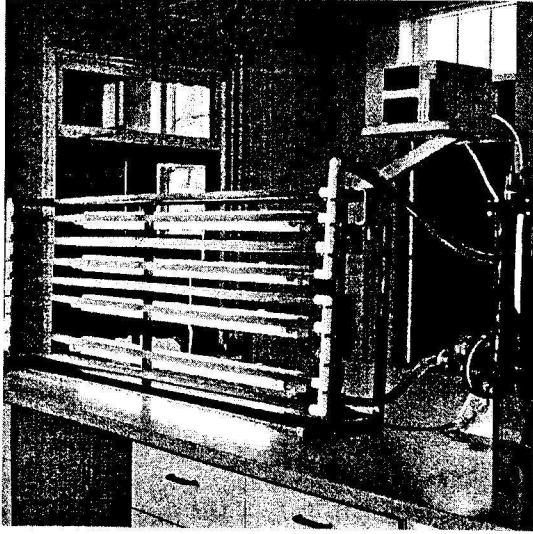
Çalışma prosesi sürekli olduğu için, işletim belirli izleme ve haftada bir ortam depo tankının yeniden doldurulmasını içerir. Ortam sterilizasyonu ayda bir değiştirilecek olan filtre kullanımı ile sağlar. Sürekli besleme yöntemi gereksinime uygun değilse biyo-reaktör yarı sürekli ya da kesikli besleme tabanı kullanılabilir.

Sistem uzun süreli sürekli işletim için dizayn edilmiştir ve kültür çökmeden 6 aydan fazla çalışabilir. Sistemden yüksek verim sağlanması için verimli bir sürekli temizleme yöntemi kullanılması gerekir.

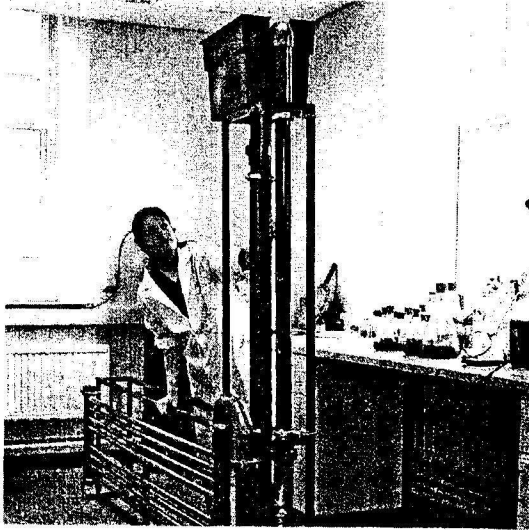
Biyo-reaktörler duruma göre dış ortamda ya da laboratuvar koşullarında dizayn edilebilir. Bulunduğu ortama göre destekleyici ısı ve ışıklandırmanın konulması gerekebilir (Şekil1 ve 2).



Şekil 1. Dış ortamda dizayn edilmiş Tubuler Sistem (Rochford, 1998).



Şekil 2. İç ortamda dizayn edilmiş Tubuler Sistem (Rochford, 1997).



Şekil.3 Laboratuvar koşullarında Tubuler Sistem (Rochford, 1997).

Dünya talebi mikroalg ihtiyacını daha çok doğal alg alanlarından hasat ile ya da açık su birikintileri, havuzlardan karşılamaktadır. Bu iki yönteminde bazı sakıncaları vardır:

- Işığın yeterince verimli bir şekilde kullanılmaması ve çevresel etmenlerin yeterince iyi denetlenmemesi sonucu ürün veriminin azalması,
- Her iki sistemde açık ortamda olması kirlilik riskinin fazla olmasını kirlenici

Alg Üretiminde Tubuler Sistemin Yeri ve Önemi

organizmalardan kaçınılmayacağını gösterir. Test edilen bazı ürünlerin biyomas yoğunluğunun % 20'sinin kirletici organizmaların oluşturduğunu gösterir.

• Önceden bilinmeyen üretim özellikle doğal bölgelerden hasat edilmiş alglerde daha çok görülür. Yılda ancak iki ay algal büyüme için doğru koşullar olabilir ve o zaman bile çevresel koşullar değişirse ürün her yıl olmayabilir (Rochford, 1998).

Ticari amaçlı üretim çiftliklerinin birçoğunda bugün algler başlatıcı kültürle doldurulmuş olan plastik torbalarda üretime alınmaktadır. Buna bağlı olarak maksimum yoğunluğa ulaşıncaya dek kesikli üretimle büyütülmektedir. Ancak bu sisteminde bazı dezavantajları vardır:

• Plastik torbada üretimde, sistem tarafından ışık kısıtlaması sonucu toplam üretim azalmaktadır. Fotosentetik açıdan etkin-aktif ışık ise yoğun alg kültürlerinde ancak 3 cm'e kadar nüfus edebildiği için aydınlatma ya da ışıktan yararlanma düşük olmaktadır.

• Üretimin kesikli yapısı nedeniyle etkin bir işçilik istemekte,

• Sistemde göreceli olarak gerekli üretimin sağlanabilmesi için üretim kapasitesi artırılmalıdır (Rochford, 1998).

Tubuler sürekli üretim sistemi var olan diğer üretim yöntemlerine göre daha verimli ve ekonomik açıdan daha elverişli alternatifler sunmaktadır.

• Sistem hem işçilik gereksinimlerini hem de aşırı kapasiteli üretim ihtiyacını karşılama açısından elverişlidir. Sistem, kültür yoğunluğunu arttırmaya katkıda bulunur.

• Tüp şeklinde bir fotobiyoreaktörden ibaret olan tubuler sistem, ışığın etkin bir şekilde kullanılması ile üretimi artırır.

Tipik olarak Isochrysis galbana''ın kültür yoğunluğu 1 gram/lit''in üzerinde tutulabilir (ya da yaklaşık 1.3×10^7 hücre/ml).

• Sistem kültür çökmesi olmaksızın uzun periyotlarda çalışabilir .

• Sistem kapalı devre üretim sistemi olduğu için türlerin denetimi kolaylaştırır. Işığın etkin kontrolü ve büyümeyi etkileyen parametrelerin etkin kontrolüne bağlı olarak daha fazla üretim ve üretimi önceden tayin etme şansını sağlar. Yani performansı garantilidir.

• Bu sistem basit yöntemlerle pek çok değişik şekilde dizayn edilebilir. Pek çok tüp şekli fotobiyoreaktörlerin tersine bu sistemlerin sunduğu avantaj büyük bir kapital gerektirmeden sistemin dizayn edilebilmesidir.

• Sistemin tam kurulması, şirketin en üstün kalitede ilmi destek sağlayacak yeni projelere ve ürünlere, araştırma projelerini gerçekleştirebilecek yaygın labratuar etkinliğini sağlamasıdır (Rochford, 1997).

Sonuç

Tubuler sürekli kültür tekniğinin uygulanması sonucunda uzun süreli ve güvenli alg üretiminin sağlanması ve verimliliğin artırılması hedeflenmektedir. Sistemin başarılı bir şekilde uygulanması ülkemizdeki deniz balıkları yavru yetiştiriciliği ve bu amaçla kurulan kuluçka evleri (hatchery) için yol gösterici olacak ve üretim artışına dolaylı olarak katkıda bulunacaktır.

Kısaca, tubuler sistemle üretime bir otomasyon getirilirken başlangıçta masraflı olmasına karşın, sistem kurulduktan sonra hem masrafın, hem de işçiliğin azaltılmış olması bu sistemin en önemli avantajıdır. Sistem hem işçilik gereksinimlerini hemde aşırı kapasiteli üretim ihtiyacını karşılama açısından elverişlidir.

Kaynakça

- Bocci, F., Torzillo, G., Vincenzini, M., Materassi, R., 1988. Growth Physiology of *Spirulina platensis* in Tubular Photobioreactor Under Natural Light (T. Stadler, J. Mollio, M.-J. Verdus, Y. Karamanoz, H. Morvan and D. Christiane, Ed.) Elsevier Uplit Scasse, London and New York, pp. 219-228.
- Byelna, G., Pouliot, Y., Noye La de, J., 1988. Performance and Operating Parameters of a Photobioreactor (T. Stadler, J. Mollio, M.-J. Verdus, Y. Karamanoz, H. Morvan and D. Christiane, Ed.) Elsevier Uplit Scasse, London and New York, pp. 189-197.
- Chaumont, D., Thepenier, C., Gudin et C., Junjas, C., 1981-1987. Scaling up a Tubular Photoreactor for Continuous culture of *Porphyridium cruentum* from laboratory to pilot plant. Association pour la recherche en bioenergie solaire centre d'etudes nucleaires cadarache 13108 St paul lez durance cedex France, 199-208.
- Kaplan, D., Christianen, D., Arad, S., 1988. Binding of Heavy Metals by Algal Polysaccharides. In: T. Stadler, V. Mollio, M.J. Verdus, Y. Karamanos, H. Morvan, D. Christianen (Eds.). Elsevier Uplit Scasse, London and New York, pp. 179-187.
- Pohl, P., Kohlhase, M. and Martin, M., 1988. Photobioreactors for the Axenic Mass Cultivation of Microalgae (T. Stadler, J. Mollio, M.-J. Verdus, Y. Karamanoz, H. Morvan and D. Christiane, Ed.). Elsevier Uplit Scasse, London and New York, pp. 209-216.
- Rochford, J., 1997. Bio-Fence, Algae for use in the health food industry, Applied Photosynthetics ltd. , Campus Ventures Centre University of Manchester Oxford Road- Manchester M13 9PL.
- Rochford, J., 1998. Bio-Fence, The Bio-Fence and aquaculture, Applied Photosynthetics ltd. , Campus Ventures Centre University of Manchester Oxford Road- Manchester M13 9PL.