

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKLİ SPIRULINA ÜRETİMİ

Güner Levent KASAL

Su Ürünleri Yetiştiricilik Ana Bilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 504.04.01

Sunuş Tarihi: 30.06.2006

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Edis KORU

Bornova – İZMİR

2006

Güner Levent Kasal tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak sunulan “ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKLİ SPIRULINA ÜRETİMİ” adlı bu çalışma E.Ü lisans üstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve ../../2006 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı :

Raportör Üye :

Üyeler :

ÖZET**ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKLİ SPIRULINA ÜRETİMİ****KASAL, G. Levent****Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı****Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Edis KORU****Haziran 2006, 76 Sayfa**

Dünya'nın bir çok ülkesinde ticari olarak üretilmekte olan *Spirulina*, gerek gıda hammaddesi gerekse yem sanayinde kullanılmaktadır. Tüm dünyada çok geniş bir kullanım alanı olan *Spirulina* ülkemizde de sanayi ölçekli üretimi başlamıştır.

Bu çalışmada *Spirulina platensis*'in T.C Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri Projelendirme ve Ruhsatlandırma Prosedürleri takip edilerek kurulan, sanayi ölçekte ticari amaçla üretim yapan bir işletme olan Algatek Alg Araştırmaları ve Teknolojileri Ltd.Şti. genel hatlarıyla incelenmiştir. *Spirulina* üretim yöntemlerinden biri olan ve Algatek Alg Araştırmaları ve Teknolojileri Ltd.Şti.nin de üretimini yapmış olduğu kapalı sera sistemi, 4000 m² arazi üzerine 500 m²'lik kapalı sera alanı üzerinde yıllık 5 ton kapasiteli 12 ay kesintisiz hiperintensif üretimin avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

Anahtar sözcükler : *Spirulina platensis*, üretim teknolojisi, Ege Bölgesi, Türkiye

ABSTRACT**INDSUTRIAL SCALE *SPIRULINA* PRODUCTION**

Master Degree Thesis, Department of Aquaculture

Supervisor Asst. Prof. Dr. Ediz KORU

June 2006, 76 Page

As produced commercially in most nations, *Spirulina* is used for both food raw material and animal food. It is used widely in the world as it is just started to be produced in our country.

In this study Algatek Alg Araştırmaları ve Teknolojileri Ltd. şti. is examined in a general frame as they produce *Spirulina platensis* with the guidance of T.C tarım ve Ky İşleri Bakanlığı Designing and Licensing Procedures. One of the ways to produce *Spirulina* is closed greenhouse system which is used by Algatek Alg Araştırmaları ve Teknolojileri Ltd. şti. in 500 m² closed greenhouse on a 4000 m² land and have a yearly production of 5 tons. The advantages and disadvantages of 12 month hyper intensive production is inspected.

Keywords : *Spirulina platensis*, cultivation technology, Aegean Area, Turkey

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımda vermiş oldukları desteklerden dolayı değerli danışmanım Yrd.Doç.Dr. Edis Kuru'ya, *Spirulina*'nın ve diğer Alg kültürü çalışmalarının ülkemizdeki öncüsü Prof.Dr. Semra Cirik'e ve Prof.Dr. Şükran Cirik'e, bana olan inancını ve sabrını kaybetmeyen eşim Su Ürünleri Müh. Elif Kasal'a, tüm yatırım ve üretim boyunca benimle bu uğurda sabırla birlikteliğini eksik etmeyen kader arkadaşım ve ortağım H.Cengiz Özmen ve Eşi Filiz Özmen'e, bu işe başladığımızdan bugüne kadar kararlarımızı destekleyen çok değerli sanayici büyüklerimiz olan babalarımız Atakan Kasal ve Zeki Özmen'e, Elektronik Yük.Müh. Hasan Edebali'ye Algatek Alg Araştırmaları ve Teknolojileri Ltd.Şti çalışanlarına, Algatek'e dizayn ve prototip üretimi yapan Ataçağ Makine ve Su Ürünleri Ltd.Şti çalışanlarına ve daha nice dostlarıma teşekkürlerimi borç bilirim.

Güner Levent Kasal
Su Ürünleri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Özet.....	V
Abstract.....	VII
Teşekkür	IX
Şekiller Dizini.....	XIII
Çizelgeler Dizini.....	XV
Resimler Dizini.....	XVII
1. Giriş	1
2. Spirulina'nın Biyolojisi	7
3. Dünyada Ticari Mikroalg Üretimi.....	9
3.1. Genel Olarak Spirulina Üretim Teknolojileri.....	11
4. Materyal Ve Metod.....	26
4.1. Türkiye'de Ege Bölgesi İzmir Seferihisar İlçesinde Kurulmuş Olan Spirulina Tesisi	26
4.2. Sera Sistemi	28
4.3. Laboratuvar.....	38
4.4. İşletme Ünitesi.....	43
4.5. Algatek İşletmesinde Spirulina Üretimi Aşamaları.....	47
4.6. Otomasyon Ve Kontrol Sistemleri	50
4.7. İşletme Maliyeti.....	51
5. Tartışma Ve Sonuç	53
6. Kaynaklar	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 4.2.1. Sera sistemi ön görünüş çizimi (orijinal)
- Şekil 4.2.2. Sera sistemi yan görünüş çizimi (orijinal)
- Şekil 4.2.3. Sera sistemi üst görünüş çizimi (orijinal)
- Şekil 4.2.4. Genel kanal tipi havuz şekli (orijinal)
- Şekil 4.2.5. Pedal şekli (orijinal)
- Şekil 4.2.6. Havuzlar ve pedalların konumu (orijinal)

ÇİZELGELER DİZİNİ

- Çizelge 1.1. Spirulina ve diğer gıda ürünlerinin protein miktarı
- Çizelge 1.2. 100 gr spiriluna'daki vitamin ve enzim içeriği
- Çizelge 1.3. 100 gr spiriluna platensis'deki yağ ve asit kompozisyonu
- Çizelge 1.4. 100 gr spiriluna'da bulunan mineraller
- Çizelge 1.5. 100 gr spiriluna platensis mikroalginde bulunan pigmentler
- Çizelge 3.1. 1994-2002 yılları arasındaki ticari spirulina üreticilerinden bazıları ve üretim miktarı
- Çizelge 3.2. Ticari mikroalg kültür sistemleri ve kültürü yapılan alg türleri
- Çizelge 3.3. Bir spirulina üretim alanında yatırım ve üretim masraflarının başlıca kalemleri.
- Çizelge 4.6.1. Algatek işletme kuruluş maliyeti (orijinal)

RESİMLER DİZİNİ

- Resim 2.1. Spirulina platensis
- Resim 3.1. Torbada spirulina üretimi
- Resim 3.2. Açık kanal tipi havuz sistemlerinde spirulina üretimi
- Resim 3.3. Kollu ve çarklı havuzlarda kanal tipi üretim
- Resim 3.5. kapalı sera sisteminde dikdörtgen havuzlarda spirulina üretimi
- Resim 3.6. Kapalı ve kontrollü spirulina üretimi
- Resim 3.7. Kapalı kanal tipi havuz sisteminde spirulina üretimi
- Resim 3.8. Fotobiyoreaktörde spirulina üretimi
- Resim 3.9. Kapalı Sistemde tübüler potobiyoreaktörde spirulina üretimi
- Resim 3.10. Açık sistem tübüler fotobiyoreaktörde spirulina üretimi
- Resim 3.11. Sera ortamında fotobiyoreaktörde spirulina üretimi
- Resim 3.12 Bilgisayar kontrollü tübüler fotobiyoreaktörde spirulina üretimi
- Resim 4.2. Seferihisar (İzmir)'da kapalı tam kontrollü sistemde spirulina üretimi (orijinal).
- Resim 4.2.1. Havuz sistemi (orijinal)
- Resim 4.2.2. Sera üretim girişi (orijinal)
- Resim 4.3.1. Laboratuar dıştan görünüm (orijinal)
- Resim 4.3.3. Laboratuar da saf kültürün çoğaltılması üretimi (orijinal)
- Resim 4.3.4. Laboratuarda 1 litre hacimdeki üretim (orijinal)
- Resim 4.3.5. Laboratuar raf sistemi (orijinal)
- Resim 4.3.6. Laboratuar kültür dolabı ve malzeme dolabı (orijinal)
- Resim 4.4.1. Kurutma sistemi (orijinal)
- Resim 4.4.2. Spagetti pres makinesi (orijinal)
- Resim 4.4.3 Spagetti pres makinesi (orijinal)

1. GİRİŞ

Mikro-algler, farklı kimyasal ve biyolojik bileşikleri üretme özelliği nedeniyle ticari önemi olan organizmalardır. Vitaminler, pigmentler, proteinler, mineraller, lipid ve polisakkaritler, mikro alglerden elde edilen başlıca ürünlerdir. Diğer canlı kaynaklarla kıyaslandığında mikro algler, özellikle doymamış yağ asitleri (PUFA), gamma linoleik asit (GLA), allofikosiyenin, c-fikosiyenin, miksoksantofil ve zeaksantin gibi pigmentler açısından da oldukça zengindir.

Spirulina çok eski çağlardan beri gıda olarak kullanılmaktadır . Aztekler, Meksika’da bulunan Texcoco Gölünden topladıkları *Spirulina*’yı kurutmuşlar ve “Tecuitlat” adını vermişlerdir. 1940’da Fransız fikolog Dangered , Afrikada Çad gölü çevresindeki halkın “Dihe” adını verdiği *Spirulina platensis*’i yediğini ve bu insanların çevrede yaşayan diğer kabilelere oranla daha uzun boylu ve sağlıklı olduklarını belirtmiştir. 1965 yılında Fransız Petrol Araştırma Enstitüsü laboratuvarlarında yetiştirdiği *Spirulina* ’nın %60-70 oranında protein içerdiğini yayınlamış ve bilimsel çalışmaların yoğunlaşması bu tarihten sonra olmuştur (Cirik , 1989). *Spirulina* birçok uluslar arası kuruluş tarafından araştırılmış ve üretimi teşvik edilmiştir. 1970’li yıllarda Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi (NASA) tarafından uzay çalışmalarında kullanılmak üzere besin yapımında kullanılmıştır. Merkezi Fransa ‘da olan Beslenme Bozukluklarına Karşı Algokültür ile Mücadele Kurumu (Association Pour Combate La Malnutrition Par Algoculture ACMA) beslenme bozukluklarına karşı Afrika ve Hindistan gibi açlık problemi olan ülkelerde halkı *Spirulina* üretip, yemeye teşvik ederek kalıcı bir yardım sağlama amacı gütmektedir . Bu amaçla yapılan projelerde beslenme

bozukluğu nedeniyle hastanelere yatmış olan hastaların diyetlerine *Spirulina* konulması yoluyla tedavileri gerçekleştirilmektedir (Fox,1993).

Spirulina'nın kimyasal bileşimi protein esansiyel yağ asitleri, karbonhidratlar, vitaminler, mineraller, karotenler, fikosiyenin, klorofil a gibi yapılardan oluşmuştur.

Spirulina, yüksek protein miktarına (kuru ağırlığının %65'i oranında) sahiptir (Çizelge 1.1). Bu oran tavuk etinde %24 iken, tam soya ununda %36 dır. Yüksek protein içeriğinin %10.9'unu lizin, %7,5'ünü valin ve %6,8'ini izolisin gibi esansiyel amino asitler oluşturmaktadır. Ekstraksiyon metodları ile elde edilen *Spirulina* tozundaki yüksek protein gıda maddelerinde katkı olarak kullanılmaktadır. *Spirulina*'nın mukoprotein içermesi, kolay sindirilmesini sağlamaktadır. Bu özelliğinden dolayı mide ameliyatlarından sonra ilk besin olarak verilmesi halinde komplikasyonların görülmediği bildirilmektedir (Henrikson,1994).

Çizelge 1.1. *Spirulina* ve diğer gıda ürünlerinin protein miktarı (Henrikson,1994).

Gıda Türü	Ham Protein %(kuru ağırlık)
Spirulina	65
Tam kurutulmuş yumurta	47
Bira mayası	45
Kaymağı alınmış süt tozu	37
Tam soya unu	36
Parmesan peyniri	36
Buğday özü	27
Yer fıstığı	26
Tavuk	24
Balık	22
Sığır eti	22

Spirulina, yüksek oranda provitamin A içeriğine sahip bir canlıdır (Çizelge 1.2)

Çizelge 1.2. 100 gr *Spirulina*'daki vitamin ve enzim içeriği

VİTAMİN VE ENZİMLER	
Vitamin A (Beta-Carotene)	11,250 IU
Vitamin B1 (Thiamine)	75 mcg
Vitamin B2 (Riboflavin)	110 mcg
Vitamin B3 (Niacin)	450 mcg
Vitamin B6	15 mcg
Vitamin B12	2.0 mcg
Vitamin E (d-a tocopherol)	105 mcg
Inositol	1.7 mg
Biotin	0.8 mcg
Folic Acid	4.5 mcg
Pantothenic Acid	4.5 mcg
Superoxide dismutase - (S.O.D.)	2250 IU

(http://www.cyanotech.com/spirulina/spirulina_analysis.html)

Kuru ağırlığının %4-7 oranında lipid içeren *Spirulina*, linoleik asit (LA) ve γ -linoleik asit (GLA) gibi esansiyel yağ asitlerini bünyesinde taşımaktadır (Çizelge 1.3). Esansiyel yağ asidi gama linoleik asit (GLA)'ce zengin tek gıdadır. GLA bazı hayvanlarda büyümeyi uyararak cilt ve saçlarda parlaklık ve yumuşaklık sağlamaktadır (Kozlenko ve ark.,1998). Gamalinoleik asidin ayrıca bir anti-inflamator olarak işlev göstermekte olduğu ve bazı eklemse rahatsızlıkların semptomlarını azalttığı bilinmektedir (Kozlenko ve ark.,1998). *Spirulina*'da bulunan GLA, prostaglandin E (PGE) sentezini stimule etmektedir. Bu hormonda kandaki kolesterolü etkilemekte ve bu yolla *Spirulina*'nın kolesterolü düşürücü etkisi olduğu bildirilmektedir(Richmond,1992).

Çizelge 1.3. 100 gr. *Spirulina platensis*'deki yağ asit kompozisyonu.

YAĞ ASİTLERİ	
Omega 6 Family	
Gamma Linolenic (GLA)	28 mg
Linoleic	28 mg
Diğer Yağ Asitleri	61 mg
Palmitic	9.9 mg
Oleic	4.2 mg
Palmitoleic	2.5 mg
Stearic	0.6 mg
Eicosatrienoic	0.4 mg
Myristic	0.4 mg
Margaric	0.4 mg
Margaroleic	0.3 mg
Myristoleic	0.3 mg
Eicosadienoic	0.2 mg
Arachidonic	

(http://www.cyanotech.com/spirulina/spirulina_analysis.html)

Demir *Spirulina*'da demir sülfata oranla %60 daha iyi absorbe edilmektedir. Dolayısıyla, anemik hamile kadınlarda yeterli bir demir kaynağı olabileceği bildirilmektedir (Çizelge 1.4)

Çizelge 1.4 100 gr. *Spirulina*'da bulunan mineraller

MİNERALLER	
Calcium	14 mg
Magnesium	23 mg
Iron	3 mg
Phosphorus	30 mg
Potassium	56 mg
Sodium	42 mg
Manganese	96 mcg
Zinc	81 mcg
Boron	90 mcg
Copper	21 mcg
Molybdenum	12 mcg
Selenium	1.0 mcg

(http://www.cyanotech.com/spirulina/spirulina_analysis.html)

Spirulina platensis, kuru ağırlığının yaklaşık %13,6 oranında karbonhidrat içermektedir. Glikoz, ramnoz, mannoz, ksiloz ve galaktoz bunlardan bazılarıdır (Shekharam, et al., 1987). *Spirulina*'nın hücre duvarında selüloz olmaması sindirimi kolaylaştırdığından insanlar için önemli bir gıdadır (Richmond, 1992). Laboratuvar çalışmaları *Spirulina* polisakkaritlerinin hücre nükleus enzim aktivitesini ve DNA sentezini arttırdığını tespit edilmiştir.

Spirulina %2,2 -%3,5 oranında RNA ve %0,6 - %1 oranında DNA içeriği ile *Chlorella* sp. ve *Scenedesmus* sp mikroalglerinde bulunan nükleik asitlerin %5 oranında daha az nükleik asit içermektedir (Cifeli,

1983). *Spirulina*'da bulunan pigmentler, *Spirulina* tüketen bazı flamingo türlerinin karakteristik renklerini oluşturmaktadır (Çizelge 1.5). Bu bilgi, *Spirulina*'nın balıklarda, tavuklarda ve yumurtalarında pigmentasyon kaynağı olarak kullanılabileceği fikrini vermiş ve bu konuda yapılan çalışmalarla yem sanayinde kullanılabileceği saptanmıştır (Cifeli,1983). *Spirulina platensis*, fikosiyanin ve fikoeritrinden oluşan fikobiliproteinler içermektedir. Fikosiyanin ekstrelerinin bağışıklık sistemini uyararak çeşitli hastalıklara karşı koruma etkisi yarattığı ve fikosiyaninin farelerde karaciğer tümör hücrelerinin gelişimini azaltarak lenfosit aktivitesini arttırdığı bildirilmektedir (Richmon, 1986).

Çizelge 1.5 100 gr. *Spirulina platensis* mikroalginde bulunan pigmentler

PİGMENT MADDELERİ	
Beta-carotene 9-cis	1.07
Beta-carotene 13-cis	mg
Beta-carotene 15-cis	0.34 mg
Beta-carotene all-trans	0.08 mg
Zeaxanthin	5.25 mg
Toplam Karotenoidler**	3.0 mg
Chlorophyll	13 mg
Phycocyanin-crude	24 mg
C-Phycocyanin	360 mg
** b Cryptoxanthin echinenone ve diğerleri	165 mg

(http://www.cyanotech.com/spirulina/spirulina_analysis.html)

Spirulina içerdiği β karoten kümes hayvanlarında kırmızı renkte yumurta alımını sağlamaktadır. Su ürünlerinde ise β karoten, zooplanktonlardan Rotifer ve *Artemia*'nın beslenmesinde

kullanılmaktadır. Ayrıca akvaryum balıklarında canlı renklerin elde edilmesinde etkilidir. *Spirulina*'nın içerdiği temel renlendiricilerden biri olan zeaksantin astaksantine dönüşebilmektedir. Kabuklularda, herbivor kültür balıklarında astaksantin dokularda depolanmakla birlikte astaksantin pigmentinin büyümei arttırdığı bildirilmektedir.

Dünyada çeşitli endüstri alanlarında yaygın olarak kullanılan *Spirulina* mikroalgi ile ilgili bu çalışmada Türkiye'de Ege Bölgesi iklim koşullarında tam kontrollü yoğun üretim yapan bir işletmenin kuruluşu ve üretim teknikleri incelenmiş, endüstriyel alg üretim işletmesi kurulmasındaki temel ilkeler açıklanmaya çalışılmıştır.

2. SPIRULINA'NIN BİYOLOJİSİ

2.1 *Spirulina*'nın Taksonomisi

Kingdom	: Monera
Subkingdom	: Prokaryota
Phylum	: Cyanophyta
Classis	: Cyanophyceae
Ordo	: Oscillatoriales
Family	: Oscillatoriaceae
Genus	: <i>Spirulina</i> (<i>Arthrospira</i>)
Species	: <i>platensis</i>

Spirulina ilk kez 1827'de TURPIN tarafından izole edilmiştir (Cifeli, 1983). *Spirulina* filamentoz bir siyanobakteridir. Sarmal (spiral) şekilli mavi yeşil filamentler veya trikomlar *Spirulina*'nın karakteristik

özelliğidir, heterokistleri yoktur. Hücrede sarmal şekilli filamentlerle birlikte gaz dolu vakuollerin bulunması yüzmesine neden olmaktadır. Trikomlar 50-500 mikrometre uzunlukta ve 3-8 mikrometre genişliktedir. Tek hücreli algdır. Kloroplastları yoktur, klorofil a içerir, klorofil b içermez. Karotenoid, fikosiyanin, fikoeritrin içermektedir. Prokaryotik organizmalardır, kalıtsal materyal stoplazma içerisinde dağılmış halde bulunmaktadır. Üremeleri apikal ve interkalav hücre bölünmesi ve fragmentasyon ile olmaktadır. Protein bakımından çok zengindir. Cyanobacterium cinsi üyelerinde ilk olarak büyük değişkenlik olması nedeniyle taksonomisi güçtür; bununla beraber iki ana türü bulunmaktadır. Bunlar; *Spirulina platensis* (Resim 2.1) ve *Spirulina geitleri*'dir (Ciffelli,1983). Hücre içeriğinde en dışta müsilağ tabakası ve bunun dışında da pektin bileşiminde hücre çeperi bulunmaktadır.



Resim 2.1. *Spirulina platensis*

(http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~inouye/ino/cy/cy_pic.html)

3. DÜNYADA TİCARİ MİKROALG ÜRETİMİ

Mikroalglerden *Chlorella* sp, *Spirulina* sp, *Dunaliella* sp, *Porphrydium* sp., *Nannochloropsis* sp, ve *Haematococcus* sp. dış ortam kültür denemelerinde kullanılan başlıca ticari türlerdir. İlk mikroalg kültür çalışmaları 1890 yılında *Chlorella vulgaris* ile Beijerinck tarafından başlamıştır. 1960'larda Japonya'da ticari büyük ölçekli mikroalg üretimi *Chlorella* ile devam etmiş (Tsukada ve ark., 1997) ve bunu Meksika Texcoco Gölü'nde *Spirulina* üretimi izlemiştir (Durand-Chastel,1980). İlk *Spirulina* işletmesi 1977 yılında Dai Nippon Ink ve Chemicals Inc. tarafından Tayland'da kurulmuştur.

Bir β karoten kaynağı olan yeşil alglerden (*Chlorophyceae*) *Dunaliella salina*'nın ticari üretimine, 1986 yılında Western Biotechnology Ltd. ve Betatene Ltd. ile başlamıştır. *Dunaliella*'nın ticari üretimi günümüzde β karoten ve gliserol içeriğinden dolayı gerçekleştirilmektedir. Bunun için özel üretim havuzları yanında, doğal açık lagüner alanlar da kullanılmaktadır. Bu türün üretimi Avustralya, ABD, İsrail, Çin ve İspanya gibi ülkelerde yapılmaktadır.

Dünyada ilk *Chlorella* üretim tesis 1964 yılında Tayvan da kurulmuştur. Bu algin yığın kültürler şeklinde ticari olarak üretimi Çin, Japonya ve Tayvan gibi uzak doğu ülkelerinde yaygın olarak yapılmaktadır.

Haematococcus pluvialis, yüksek ışık, tuzluluk, azot ve fosforun ortamdan çekilmesi gibi stres koşulları altında hücre içinde biriktirdiği astaksantin pigmentinden dolayı önemli bir mikroalgdir. Ticari ölçekte *Haematococcus pluvialis* üretiminin İsrail ve ABD de yapıldığı bildirilmektedir.

Çizelge 3.1 1994-2002 yılları arasındaki ticari *Spirulina*

üreticilerinden bazıları ve üretim miktarı.

(<http://www.javeriana.edu.co/univarsitasscientiarum/vol8n1/Jbernal.htm>.)

ŞİRKET İSMİ	BULUNDUĞU YER	TOPLAM ALAN m2	ÜRETİM MİKTARI	
			YILLAR	TON
Earthrise Farm	Calipatria, Kaliforniya, ABD	150.000	1995	360
			1996	400
			2002	450
Myanmar Microalgae Biotechnology Project	Yangon, Myanmar	130.000	1995	32
			1996	40
Cyanotech Corporation	Kailua Kona, Havayi, ABD	100.000	1995	250
			1996	300
Hainan DIC Microalgae co., Ltd	Çin	100.000		330
Nao Pao Resins Co., Ltd	Tainan, Tayvan, ROC	50.000	1995	70
			1996	80
				150
Naotech Food Co., Ltd	Bangpong Rajpuri, Tayland	50.000	1995	30
			1996	40
Genix	Küba	45.000	2001	100
Siam Algae Co. Ltd	Tayland	30.000	2002	135
Solarium Biotechnology	La Huayca , Şili	24.000	2001	29
			2002	13

3.1 GENEL OLARAK SPIRULINA ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Mikroalg üretiminde, tam kontrollü tübüler biyoreaktörlerden düz, çanak reaktörlere, torba sistemlerden (Resim 3.1) açık havuzlardan sera içi havuzlara kadar küçük ve büyük ölçekli pek çok sistem kullanılmaktadır



Resim 3.1. Torbada *Spirulina* Üretimi

Çizelge 3.2 Ticari mikroalg kültür sistemleri ve kültürü yapılan alg türleri (Borowitzka,1999).

KÜLTÜR SİSTEMİ	ALGLER	ORTALAMA MAKSİMUM HACİM lt	KONUM
Tanklar	Akuakültür için çoğu türler	10000	Dünya çapında
Büyük açık havuzlar	Dunaleilla salina	1000000000	Avustralya
Kollu dairesel havuzlar	Chlorella sp.	15000	Tayvan, Japonya
Raceway havuzlar	Chlorella sp.,Spirulina spp,Dunaliella salina	30000	Japonya, Tayvan, A.B.D., Tayland, Çin, Hindistan, Vietnam, Şili, İsrail
Cascade sistem	Chlorella spp	30000	Çek Cum., Bulgaristan, Dünya Çapında
Büyük Torbalar	Çoğu türler(akuakültür için)	1000	Dünya çapında
Fermenters (heteretrofik)	Chlorella spp.,Crypthecodinium cohnii	1000 >	Japonya, Tayvan, A.B.D., Endonezya
2 aşamalı sistem(reaktör ve pedallı havuzlarda)	Haematococcus pluvialis		A.B.D

Algin biyolojisi, arazi maliyeti, işçilik, enerji, su, besinler, üretim eğer açık sistem ise iklim ve hangi amaca yönelik, üretim yapılacağı konusu kültür seçiminde düşünülmesi gereken faktörler arasındadır.

Çeşitli büyük ölçekli kültür sistemlerinin, ışık kullanma verimi, sıcaklığı kontrol edebilme kabiliyeti, algler üzerindeki hidrodinamik stres, unialgal ve/veya aksenik kültürü sağlama gücü ve laboratuvar ölçekli üretimden büyük ölçekli üretime kolay geçebilme gibi temel özellikleri bakımından karşılaştırılması gerekmektedir (Borowitzka, 1999).

Üretimi yapılacak alg türü ve üretimin amacı sistem seçiminde en önemli kriterdir. Sistemin seçiminde iklimsel şartlar, arazi ve suyun maliyeti gibi faktörlerde önemlidir. Alg üretiminde ışık, sıcaklık ve su kalitesi temel sınırlayıcı faktörlerdir. Bu faktörler üretim maliyetinin de önemli bir kısmını teşkil eder.

Spirulina üretimi genel olarak açık sistem ve kapalı sistem olmak üzere iki şekilde sınıflandırmak mümkündür. Her iki sistemde de *Spirulina* türü için en çok tercih edilen akıntı yolu oluşturma esasına dayalı havuz tipleridir. *Spirulina* hücrelerinde bulunan gaz vakuolleri, durağan suda algal biyomasın yüzeyde toplanmasına neden olmaktadır. Kültür ortamının karıştırılması, hücrelerin eşit oranda ışıktan faydalanması, nutrientlerin homojen bir şekilde dağılması, sıcaklık farklılıklarının ortadan kaldırılması gibi kültür verimini arttıran önemli faydalar sağlamaktadır. *Spirulina* üretimi için kullanılan en yaygın karıştırma sistemi çarklı karıştırıcılardır (Resim 3.4). Çarklı karıştırıcıların karıştırma hızının etkili karışım sağlarken, filamentlerin kırılmasına neden olmayacak şekilde ayarlanması önemlidir. Yüz metre karelik dikdörtgen bir havuz için on plakalı bir çarkın dakikada on ve yirmi dönüş arasında dönüş yapmasının en etkili karışım sağlayacağı bildirilmektedir (Cirik, 2001) .

Açık sistemde üretim tamamen doğaya açık, üretim yapılan bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak yapılmaktadır (Resim 3.2). Açık

sistem su derinliğinin onbeş cm den az, yirmibeş cm den fazla olmadığı, sirkülasyonun çarklı karıştırıcılarla (pedal) sağlandığı sıg açık-kanallı (raceway) havuz sistemleridir.



Resim 3.2 Açık kanal tipi havuz sistemlerinde *Spirulina* üretimi
(www.relife.com/Images/earthrise-farm-180w-opt.gif)

Açık hava sistemi üretiminde sıcaklık, ışıktanma, buharlaşma ve su kaybı gibi faktörlere müdahale edilememektedir. Besin maddelerinden azot, fosfor, ve karbon gibi besinler kısmen kontrol edilebilmektedir. Suyun asitliğinin ölçümü ile karbon miktarı tayin edilebilir. Açık sistemde üretimi yapılan *Spirulina*'nın saf olmaması (diğer türlerle karışmış), dış etmenlerden direk etkilenmesi, hijyenik olmaması gibi dezavantajlardan dolayı firesi artmakta ve verimlilikte çok düşmektedir. Bu olumsuzluklarda doğrudan üretim maliyetlerini etkilemektedir.

Bunun yanı sıra açık sistemlerdeki üretimlerde işçilik maliyetleri de bir hayli fazla olmaktadır. Açık sistemlerin kullanılmasında ki esas tercih sebebi ilk kuruluş maliyetlerinin bir hayli az olması, mevsimsel döngüyü yakalayıp hızlı bir şekilde üretime geçip erken ürün alınabilmesidir. Bunun yanı sıra bu tür üretim sistemleri mevsimsel değerlerin çok fazla değişmediği, suyun bol olduğu, üretimin fazla etkilenmeyeceği, sıcak bölgelerde tercih edilip yapılmaktadır. Açık sistemlerde yapılan üretimin sonucunda elde edilen üründe kalite standardı günün mevsimsel şartlarına ve farklılıklarına göre değişmektedir. Bu da beraberinde birden fazla kalite sınıflandırması meydana getirmektedir. Bu sınıflandırma sonucu ürünün kullanım alanı değişmektedir. Dolayısıyla ürünün kalite sınıfına bağlı olarak değerde azalmaktadır. Açık sistemde yapılan üretimin rekoltesi kesin belli olmayıp geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu da üretimde belirsizlik meydana getirmektedir. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve riskleri azaltabilmek amacıyla açık sistemlerde üretim havuz ve sistemlerinin sayıları arttırılmaktadır. Bu artışa paralel olarak personel, enerji, arazi ve sarf giderleri de artmaktadır.



Resim 3.3. Kollu ve Çarklı havuzlarda ve kanal tipi üretim
(<http://www.spirulina.com/>)

Açık sistemlerinde *Spirulina* üretiminde diğer bir önemli ve üzerinde durulması gereken etken havuzların kanatlılara, sürüngenlere, amfibik, kemirgenlere ve diğer bölgesel vahşi yaşam türlerine ve ziyaretçilerine de açık olmasıdır. Açık tip üretim sistemlerinde baş edilemeyen en büyük sorun sinekler ve sucul böcekler olup bunların yok edilmesi ve uzaklaştırılması pestisitler ile gerçekleşmektedir. Pestisit kullanımı da toksik etki oluşturmaktadır. Oluşan bu toksisiteyi bertaraf etmek sanıldığı kadar kolay değildir. Bu tür kimyasalların ve ilaçların kullanılması, insan gıdası olarak kullanılacak ürünlerde önemli kayıplara yol açmakla beraber bazı riskleri de doğurmaktadır. İşte noktada dikkat edilmesi gereken nokta insan tüketimine sunulacak ürünün her şeyden önce hastalık yapan ve hayvanlarda bulaşan bakterilerden ve kullanılmış olan olası toksik maddelerden arındırılmasıdır. Bu arındırma işlemi, ürüne ek bir işçilik ve kimyevi uygulamalar getirmektedir. Bu uygulamalarda ürünün kalitesini, organik yapısını ve doğallığını bozduğu gibi tüketilebilirlik açısından da çeşitli endişeleri doğurmaktadır.

Kapalı üretim sistemlerde alg üretim alanı daha az olmakla beraber tüm koşullar kontrol edilip müdahale edilebilir olduğundan üretim miktarı biraz daha fazladır. Kapalı üretim sistemin de *Spirulina*'nın tüm kriterlerini takip edip kontrol altında tutulabilir. Kapalı üretim sistemleri, açık üretim sistemlerine göre yatırım maliyetleri çok yüksektir (Resim 3.5). Buda yatırım sırasında başlıca göz önüne alınması gereken bir etkidir. Kapalı sistemlerde *Spirulina* üretiminde önem arz eden sıcaklık ve ışıklandırma etkenleri mevsim şartlarından bağımsız olarak değiştirilebilmektedir. Kapalı sistemlerde en önem husus sistemin tamamen her noktası ve parametresi kontrol edilebilir olmasıdır.



Resim 3.5. Kapalı sera sisteminde dikdörtgen havuzlarda *Spirulina* üretimi (www.spirulinasource.com)

Sistem doğal ortamdan ve dış etkenlerden yalıtılmış olması gerekmektedir. Aksi takdirde hiçbir işlevselliği kalmaz. Kapalı sistemler *Spirulina*'nın üretim parametrelerinin tamamı en küçük ayrıntısına kadar incelenerek, hiçbir nokta gözden kaçırılmadan ve hiçbir masraftan kaçınılmadan kuruluş aşamasında yatırım tam olarak yapılmalıdır. Kapalı sistemler tam anlamıyla kurulup üretime başladıktan sonra ürün kalitesi tek standartta üretilmektedir. Ürünün kalitesini ve standardını belirleme üretimi yapan personelin bilgisi, becerisi ve tecrübesi oranında gerçekleşmektedir. Kapalı sistemlerde elde edilen, doğru bir yapılanma ve üretim protokolü çerçevesinde saftır. Gerekli koşullar sağlandığında diğer türlerin bulaşma riski ortadan kalkar. Ortam yalıtılmış olduğundan hijyeniktir (bu üretim protokolüne bağlıdır). Uygulanan üretim protokolüne bağlı olarak kalite sabit ve standart kalır. Kapalı sistemde

koşullar kontrol altında tutulduğu sürece standart rekolte elde edilir. Kapalı sistem üretimde küçük hacimlere müdahale edilerek üretim yönlendirilebilir. Sistem doğal ortamdan izole edildiğinden kanatlı, sürüngen, kemirgen, amfibikler gibi bölgesel vahşi hayat canlılarından kaynaklanan hastalık yapıcı bakterilerin bulaşmasından da uzaktır. (Resim 3.6) Bunun yanı sıra kapalı sistemlerde açık sistemlerde olduğu gibi sinek ve sucul böcek riski önlemlerin alınması halinde söz konusu olmamaktadır. Buna bağlı olarak da herhangi bir kimyevi müdahaleye gerek duyulmaz (Resim 3.7). Kapalı sistemler üretimin doğallığını bozmamaktadır.



Resim 3.6. Kapalı ve kontrollü *Spirulina* üretimi
(<http://www.visana.de/g/custom/product/>)



Resim 3.7. Kapalı kanal tipi havuz sisteminde *Spirulina* Üretimi
(http://perso.orange.fr/petites-ouvelles/spiruline/pnoct05_fichiers/image007.png
)

Kapalı sistemlerde en yoğun ve kontrollü üretim fotobiyoreaktör (Resim 3.8) ve tübüler sistemlerde yapılabilir (Resim 3.9). Tübüler sistemlerde yapılan üretim tam kontrollü üretimdir.



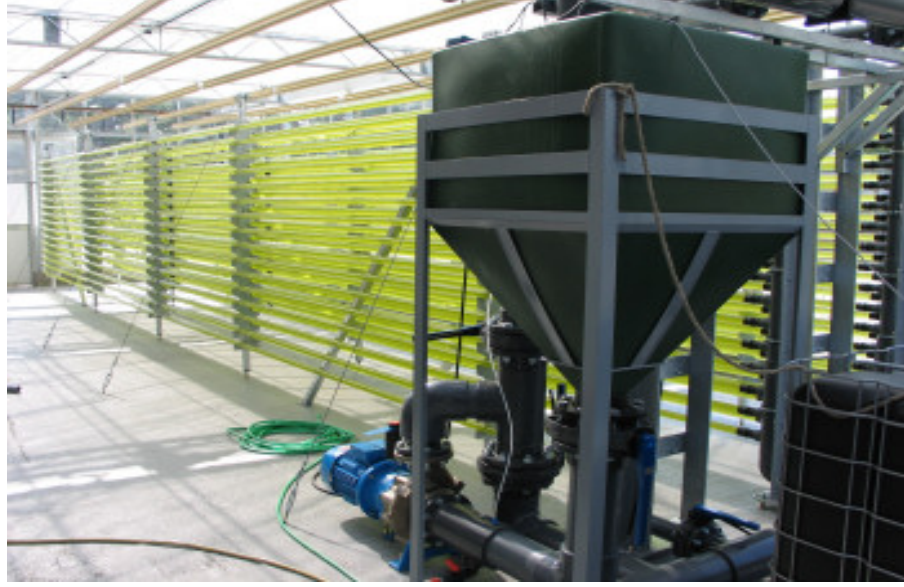
Resim 3.8. Fotobiyoreaktörde *Spirulina* üretimi
(<http://lemons.k.u-tokyo.ac.jp/SATO/research/Ghgt/reactor.htm>)

Spirulina üretiminde, kabul edilmesi gereken üretim şekli kapalı, tam kontrollü üretim sistemi olmalıdır (Resim 3.12). Dünyada birçok ülke *Spirulina* üretimi yapmaktadır. Açık sistemde üretim yapan çoğu üretici gelecek yatırımlarını kapalı sistem üretimine çevirmektedir. Günümüz de bu bir ayrıcalık sayılıp, kapalı sistemde üretim yapan firmalar sahip oldukları pazarda ürünlerinde bunu belirterek üretim farklılığını ve güvenilirliğini ayrıcalık olarak kullanmaktadır.

Geniş hacimli alg üretiminde kontrolü sağlamak güçtür. Laboratuvar koşullarında olduğu gibi sabit sıcaklık ve ışık koşullarını sağlamak doğal ortamda sağlamak mümkün değildir. Kültür bu nedenle pek çok faktörden etkilenmektedir. Açık sistemde ışık ve populasyon yoğunluğu, azot, fosfor, karbon, sıcaklık ve karıştırma oranı gibi faktörler mikro alg üretiminde önemli faktörlerdir. Kültürü optimal yoğunlukta çalıştırmak önemlidir. Sürekli üretimde kültürün en etkili yoğunlukta tutulabilmesi ve ışığın en iyi şekilde kullanılabilmesi avantajdır. Hücre yoğunluğu arttıkça spesifik büyüme oranı düşmektedir. Verim oranını optimal yapmak için hücre yoğunluğu optimal olmalıdır. Hücre yoğunluğu arttıkça hücre başına düşen ışık miktarı azalmaktadır (Richmond,2004).

Cirik ve Dalay (2001), Türkiye Ege Bölgesi iklim koşullarında açık hava ve sera ortamlarında *Spirulina* üretiminin avantaj ve dezavantajlarını belirlemek üzere yaptıkları çalışmalarda sera koşullarının kültür verimini yıllık ortalama 300 gr/metrekaare arttırdığını saptamışlardır.

Kapalı sistemlerden olan tübüler sistemde en basit tasarımlar düz çanak reaktörler(Pulz,1994; Hu ve ark.,1996; Tredici ve Zitelli,1997) ve tübüler fotobiyoreaktörlerdir (Miyamoto ve ark.,1998; Richmond ve ark.,1993; Borowitzka,1996; Torzillo,1997).



Resim 3.9. Kapalı sistemde tübüler fotobiyoreaktörde *Spirulina*  retimi (<http://www.irccm.de/greenhouse/project.html>)



Resim 3.10. Açık sistem tübüler fotobiyoreaktörde *Spirulina*  retimi (<http://www.irccm.de/greenhouse/project.html>)

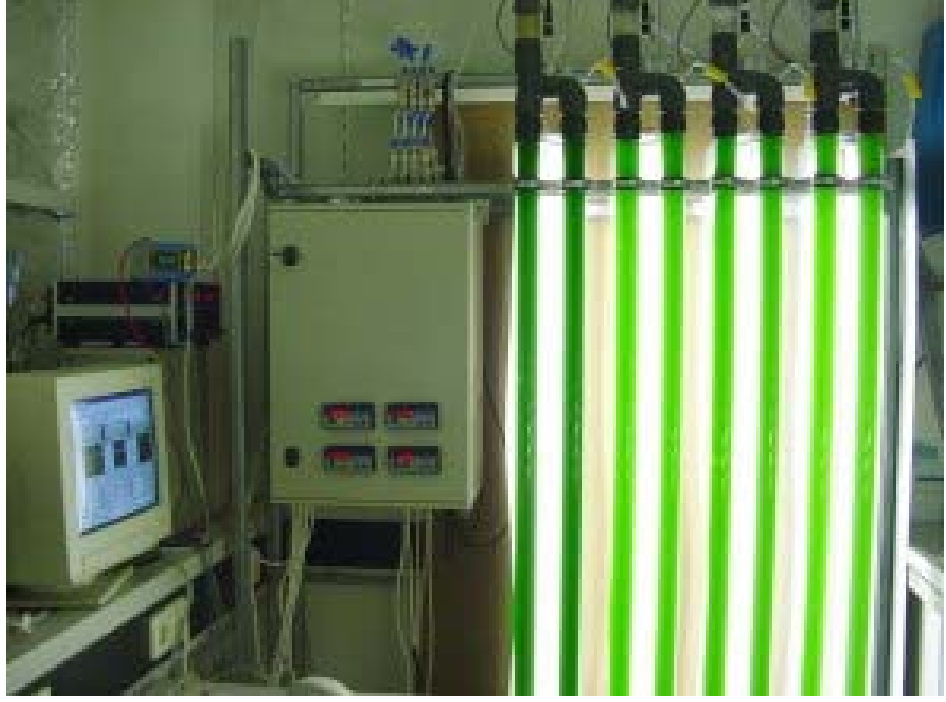
Tübüler sistem, büyük çapta mikroalg üretimine yönelik tüp şeklinde tasarlanmış, birbirine paralel reaktörlerden oluşmaktadır. Sistem değişen ölçeklerde tübüler fotoreaktörlere sahiptir ve fotoreaktörlerin istenen miktarda güneş ışığına maruz kalmasını ayarlayacak şekilde geliştirilmektedir.pompalama mekanik yollarla, organizmalara az miktarda kuvvet uygulayarak hava kaldırma (hava asansörü) pompasından faydalanarak yapılmaktadır (Resim 3.10).

Tübüler sistemler 20-5000 lt kapasiteli ve daha büyük üretim gereksinimleri için daha fazla hacimlerde üretilmektedir (Resim 3.11). Sistem uzun süreli işletim için dizayn edilir. Kültür çökmeden 6 aydan fazla çalışabilmektedir. Tübüler sürekli üretim sistemi diğer üretim yöntemlerine göre daha verimlidir. Sistem hem işçilik hem de aşırı kapasiteli üretim ihtiyacını karşılama açısından elverişlidir. Sistem, kapalı devre üretim sistemi olduğu için türlerin denetimi kolaylaşır, ışık ve büyümeyi etkileyen diğer parametrelerin etkin kontrolüne bağlı olarak daha fazla üretim yapılabilir. Tübüler sistemde üretime bir otomasyon getirilirken başlangıçta yatırım maliyetleri çok yüksektir. Sistem havuz üretimlerinin aksine, kültür çökmesi olmaksızın uzun süreli üretime olanak sağlar(Richmond,2004).



Resim 3.11. Sera ortamında fotobiyoreaktörde *Spirulina* üretimi (<http://www.irccm.de/greenhouse/project.html>)

Arazinin hazırlanması ve geliştirilmesi(alan işlemleri), su ve güç sisteminin oluşturulması, binaların (laboratuvar,ofis) yapımı, depo ve stok, havuzlar(iç kaplama, pompa ve karıştırma dahil), hasat (süzme, kurutma ve paketlenme dahil) gibi masraflar yatırım masraflarını oluşturmaktadır. Yıllık işletme masraflarını, işgücü, tamir ve bakım, sabit işletme masrafları, değişken işletme masrafları(yakıt, besinler, güç vs.), yönetim, amortisman gibi kalemler oluşturmaktadır (Vonshak(1997), 1 dönümlük toplam havuz alanına sahip bir *Spirulina* üretim alanında yatırım ve işletme masraflarının başlıca kalemlerini belirtmiştir (Çizelge 3.3).



Resim 3.12. Bilgisayar kontrollü tübüler fotobiyoreaktörde *Spirulina*  retimi (<http://www.uni-kiel.de/ftzwest/ag2/projekte/rpbr-e.shtml>)

Çizelge 3.3 . Bir *Spirulina* üretim alanında yatırım ve üretim masraflarının başlıca kalemleri(Vonshak,1997).

Kalem	Maliyet (bin ABD doları)
Yatırım masrafları	
Arazinin hazırlanması ve geliştirilmesi	27,6
Su ve güç ağı	51,4
Binalar (lab.ofis,işleme vs)	79
Depo ve stok	10
Havuz;iç kaplam, pompa ve karıştırma	98,6
Hasat;süzme,kurutma,paketleme	541
ARA TOPLAM	807,6
Yıllık Üretim Masrafları	
İş gücü	64
Tamir ve bakım	42
Sabit işletim masrafları	32,6
Değişken işletim masrafları	24,6
Yönetim,sermaye ve amortisman	78
ARA TOPLAM	241,2
GENEL TOPLAM	1048,8

4.MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada materyal olarak *Spirulina platensis* mikro alginin Parachas suşu kullanılmıştır.

Çalışma metodu olarak Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su ürünleri Projelendirme ve Ruhsatlandırma Mevzuatı kullanılmıştır.

4.1 TÜRKİYEDE EGE BÖLGESİ İZMİR SEFERİHİSAR İLÇESİNDE KURULMUŞ OLAN SPİRULİNA TESİSİ

Türkiye de mikro alg türlerinin üretiminin tümü Su Ürünleri Yetiştiriciliği kapsamına girmekte olup, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığından mutlak üretim iznine tabidir. Üretim izni olmadan ürünün ticareti ve kullanılması mümkün olmamaktadır. Üretilen ürünün pazarlanabilmesi için işleme ve paketlenme gerektiğinden bu izinlerinde alınması gerekmektedir.

Spirulina üretimi için yer seçimi çok önemli olmakla beraber ülkemizde bir haylide zor bir meseledir. *Spirulina* tesis kurulacak yer; kalabalık yerleşim yerlerinden uzak, şehirden uzak, bacalı sanayi ve endüstriyel kuruluşların olmadığı, evsel ve sanayi atıkların bulunmadığı, çevrede tarımsal faaliyetin yapılmadığı, büyük ve küçük baş hayvancılık ve kanatlı yetiştiriciliği yapılmayan, ilaçlama yapılmayan, orman içi olmayan, yüksek dağlarla çevrelenmeyen, rüzgar almayan, güneşlenmenin fazla olduğu, ısı farklılıklarının yüksek olmadığı, çevre yolları ve hava alanlarından uzak, deniz trafiği ve ticareti yapılmayan, temiz yer altı ve deniz suyu bulunan, elektriği ve yolu olan, doğal ve arkeolojik sit alanı olmayan, yerel belediyelerin, bayındırlık ve iskan müdürlüğünün işyeri

ruhsatı verebileceği niteliklere sahip bir yer olması gerekmektedir. Tüm bu koşullar sağlandıktan sonra üretimimizin kapalı ve ya açık sisteme göre işletme kurulacak bölgenin öncelikle jeolojik yapısı incelenir, zemin etüdü ve su kaynaklarının kimyasal ve biyolojik tam analizi yapılır. Meteorolojik geçmiş incelenir. Tüm bu bilgiler bize işletmenin büyüklüğü, üretim kalitesi yatırımı yönlendirmede önemlidir.

Algatek Alg Araştırmaları ve Teknolojileri Ltd.Şti. üretim tesisi başlangıç olarak 4080 m²'lik arsanın 500 m² taban alanı üzerine sera sistemi olarak kurulmuştur (Resim 4.1). Şirketin Spirulina üretim tesisi sera haricinde aşağıdaki birimlerden meydana gelmektedir.

- 1- Sera ünitesi (üretimhane)
- 2- Laboratuvar
- 3- İşleme ünitesi
- 4- İdari bina
- 5- Su şartlandırma ve filtrasyon

Spirulina üretiminde laboratuvar ve üretimhane önem teşkil eden üniteler olup, üretimin her noktasında kontrol ve hijyen şarttır. Bu önlemlerin temelinde kontaminasyonun zararları ve kayıpları yatmaktadır. Bu sebepten her noktada dolayı tam yalıtılmış ve hijyen sağlanmış bir sistem kurulmuştur. Tesiste suyun temininden ürünün sevk edilişine kadar tam kontrollü bir üretim protokolü izlenmektedir.

Üretim aşamasında dış ortamla bağlantı yok denilecek kadar az hale getirilmiş olup, üretimle ilgili tüm üniteler tek bir grup içinde toplanmış ve birbirine geçiş sağlanmıştır.

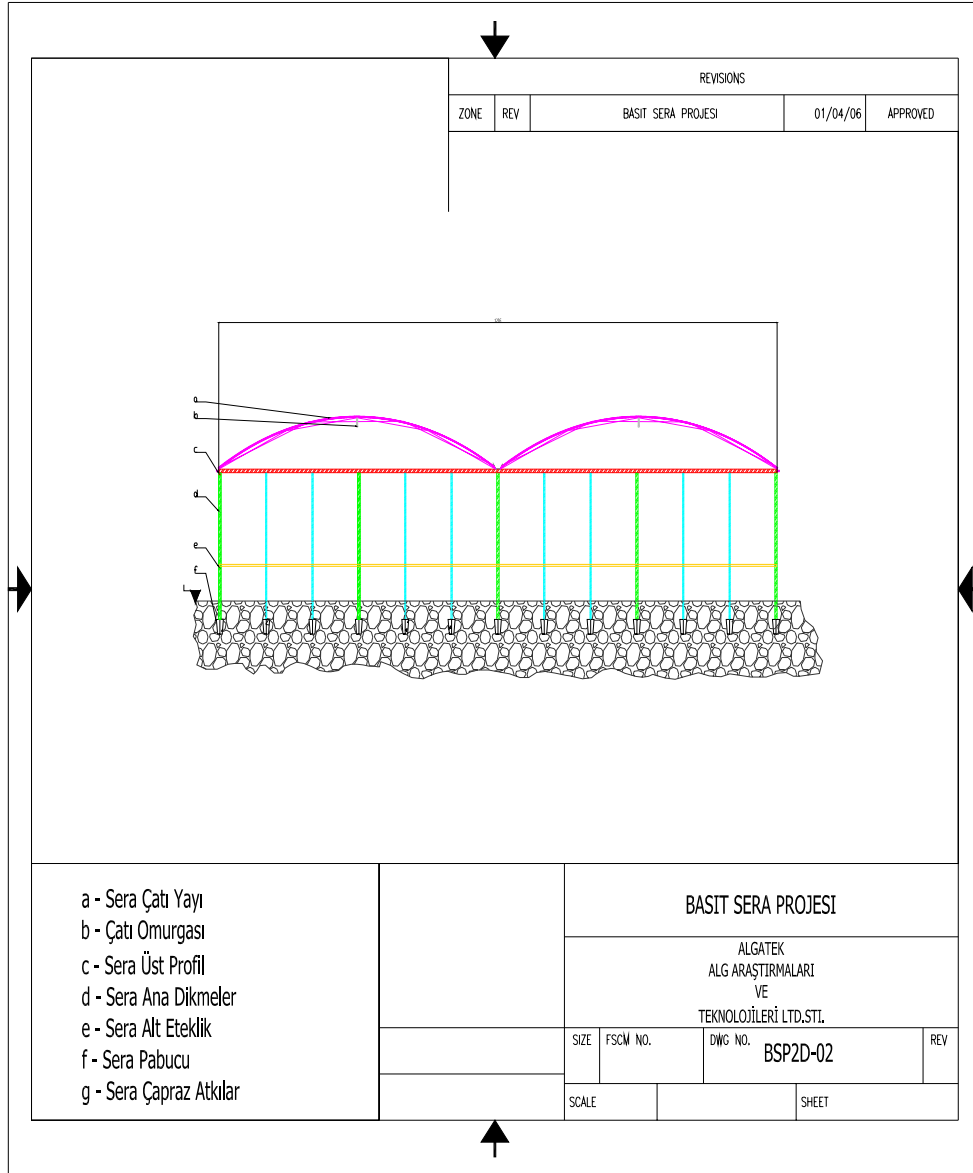
Sera haricindeki üniteler; özel projelendirilmiş ve imale dılmış olan tam yalıtımlı, çelik konstrüksiyon prefabrike taşınabilir yapılardandır (Şekil 4.1). Tüm üniteler en kullanışlı şekilde inşa edilmiştir.

4.2 SERA SİSTEMİ

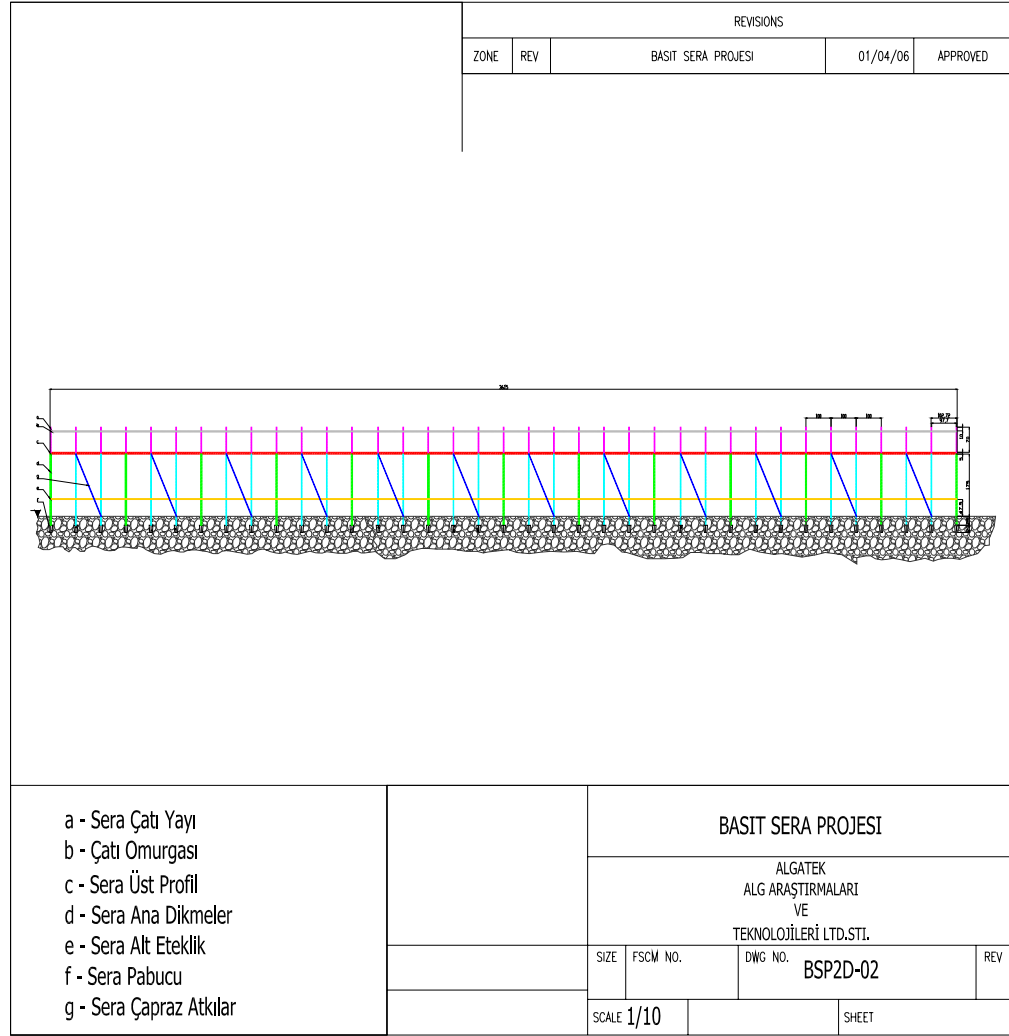
Projelendirme aşamasında işletmenin kurulacağı arazinin kot farkları çıkarılmış olup su analizleri de aynı zamanda yapılmıştır (Şekil 4.2.1 ve Şekil 4.2.2). Kot farklarına uygun olarak zemin düzeltilmiş ve taban betonu atılmıştır. Taban betonu m² de 1000 kg taşıma kapasitesi hesap edilerek atılmıştır. Betonun yüzeyi Sika'lı şapla sertleştirilip, su tutmayacak özelliğe getirilip, düz bir yüzey haline getirilmiştir. Beton atma işlemi gerçekleşmeden önce kalıplar çakılırken sera ayaklarının pabuçları milimetrik olarak projedeki ölçülere birebir uyularak yerleştirilmiştir. Sera pabuçları hesap edilirken bölgenin, rüzgarlanma, yağış, toprağın yapısı, seranın büyüklüğü, kullanılacak malzemenin türü ve ölçüleri, havuzların kurulum pozisyonu hesap edilmelidir (Şekil 4.2.4). Aksi takdirde serada istenmeyen eğilmeler, çökmeler, patlamalar ve yırtılmalar, daha da kötüsü yıkılmalar meydana gelebilir. Unutulmamalıdır ki yapılacak sera da su ürünleri üretimi yapılacaktır. Dolayısıyla üretimin bilinci ve ciddiyetinde, ileride zarara yol açmayacak şekilde yapılmalıdır.



Resim 4.2. Seferihisar (İzmir) de kapalı tam kontrollü sistemde *Spirulina* üretimi (orijinal)



Şekil 4.2.1. Sera sistemi ön görünüş çizimi(orijinal)



Şekil 4.2.2. Sera sistemi yan görünüş çizimi(orijinal)

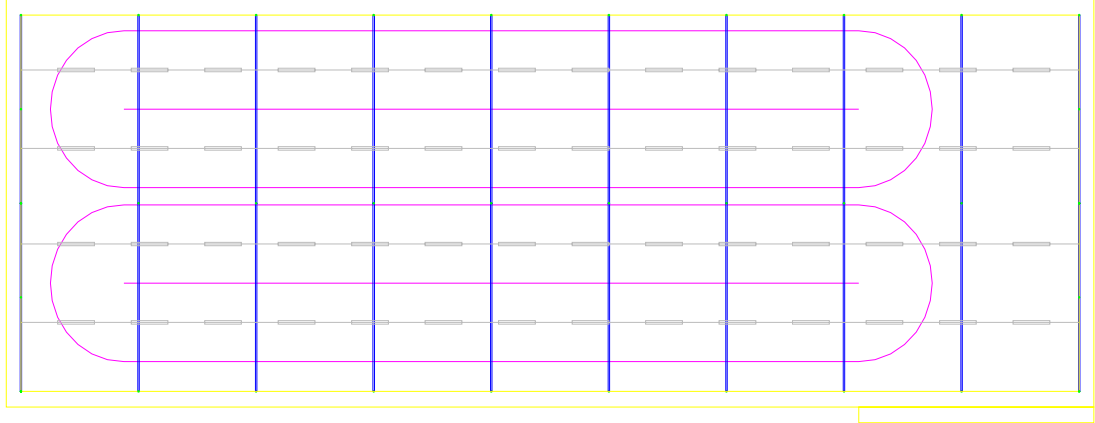
Sera yapımında kullanılan malzeme nemli ortam olduğundan dolayı korozyona dayanıklı malzeme seçilmiştir. Kullanılan malzeme ölçüsü daha öncede bahsedildiği üzere yerin tüm koşulları ele alınarak seçilmektedir. Algatek firmasında seçilen malzeme aşağıdaki gibidir.

- 1- Kolon boruları 2” termozinkat
- 2- Kolon arası taşıyıcılar 1 ½” termozinkat

- 3- Atkı profilleri 60x40 termozinkat
- 4- Kirişler 60x40 termozinkat
- 5- Tünel yayları $\frac{3}{4}$ " elektrozinkat
- 6- Tünel taşıyıcı omurgası $\frac{3}{4}$ " elektrozinkat
- 7- Kolon ve kolon arası , çapraz mensek atkılar $\frac{1}{2}$ " termozinkat
- 8- PE örtü tutucuları $\frac{1}{2}$ " ve $\frac{3}{4}$ " elektrozinkat
- 9- Kuşak bağlantı çubukları Ø 12 mm elektrozinkat
- 10- Tünel yayı kiriş bağlantıları $\frac{3}{4}$ "
- 11- Su oluğu 45x45x2 mm INOX
- 12- Sera pabuçları 50x50x50 ankerajlı bağlantı
- 13- PE örtü UV katkılı 500 mikron/katman
- 14- Örtü tutucular $\frac{1}{2}$ " ve $\frac{3}{4}$ " sert plastik çakma klips

Sera inşaatı yukarıdaki malzemelerden yapılmıştır. Sera taban alanı 40 m x 15 metre olup kullanılan malzemeler sonucunda sera ağırlığı da 9.656 kg.dır.

Sera inşaatı başlamadan önce havuz yapılacak yerler, yürüme yolları ve tesisat hattı belirlenmelidir (Şekil 4.2..3).



Şekil 4.2. 3. Sera sistemi üst görünüş çizimi(orişinal)

Şekil 4.2.3 de kırmızı çizgi havuz hattını belirtmektedir. Gri hat enerji hattını belirlemektedir. Mavi hat ise seranın kirişlerini dolayısıyla bağlantı ve askı noktalarını göstermektedir. Kenarlarda ve havuz aralarında min. 50 cm hizmet yolu bırakılmıştır. Sera içerisine havuzlara dağıtımı kolay yapılabilecek şekilde;

- 1- Hava hattı (blower)
- 2- Basınçlı hava hattı (kompresörden)
- 3- Tatlı su hattı
- 4- Tuzlu su hattı
- 5- Karbondioksit hattı
- 6- Oksijen hattı

döşenmelidir.

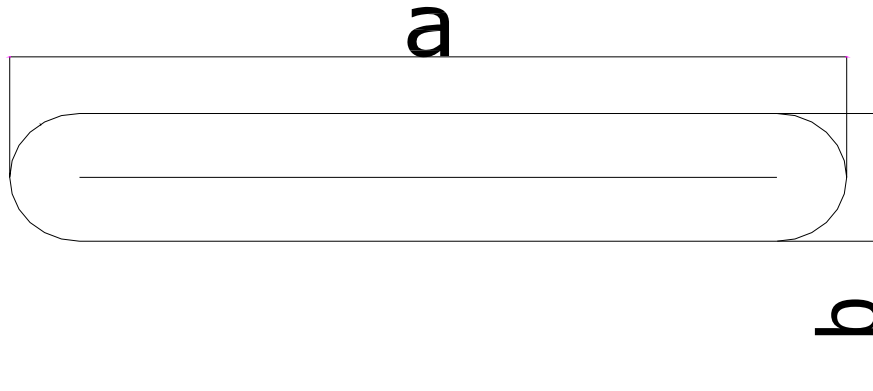
Bunun yanı sıra sera içerisine trifaze (380 volt) ve monofaze (220 volt) enerji hattı izoleli, topraklanmış ve güvenlik önlemleri alınmış şekilde döşenmelidir. Çalışılan ortamın sürekli nemli ve sıcak olduğu unutulmamalıdır.

Havuz boyları 36 m, enler 6 m ve derinlikte 45 cm olduğu göz önüne alınır ve 35 cm su derinliğinden hesap edilirse su kapasitesi yaklaşık olarak 65.000 litre ve iki havuz olduğundan da 130.000 litredir (Resim.4.2.1)

Havuzlar gıda sertifikalı polyester maddeden imal edilmiş olup, tüm havuz için özel çelik kalıp hazırlanmıştır. Bunun amacı orijinal formda mukavemet sağlamak ve dayanıklılığı arttırmaktır. Kalıptan çıkan yüzeyler kalıbın kalitesine bağlı olup pürüzsüz, kaygan ve dümdüzdür. Havuzlar hesap edilirken, su kapasitesine göre ve suyun hareketine göre yan duvarların kalınlığı hesap edilmelidir. Havuzlar polyesterden olabileceği gibi beton, polyetilen örtülü gömme tip olabilir. Beton havuzların içi kalın epoksi ile kaplanmaktadır.

Havuzların dönüş akıntısını oluşturabilmek için ortaya bir perde duvar yapılır. Bu ayırıcı duvar, kanal (raceway) tipi havuzlarda suyun tek yöne ve sabit olarak hızlı dolaşmasını sağlamaktadır (Şekil 4.2.1; 4.2.2; 4.2..3). Ne tip havuz olursa olsun sağlamlık, kolay temizlenebilirlik, müdahale olanağı olan, suya herhangi bir madde bırakmayacak şekilde yapılmalıdır.

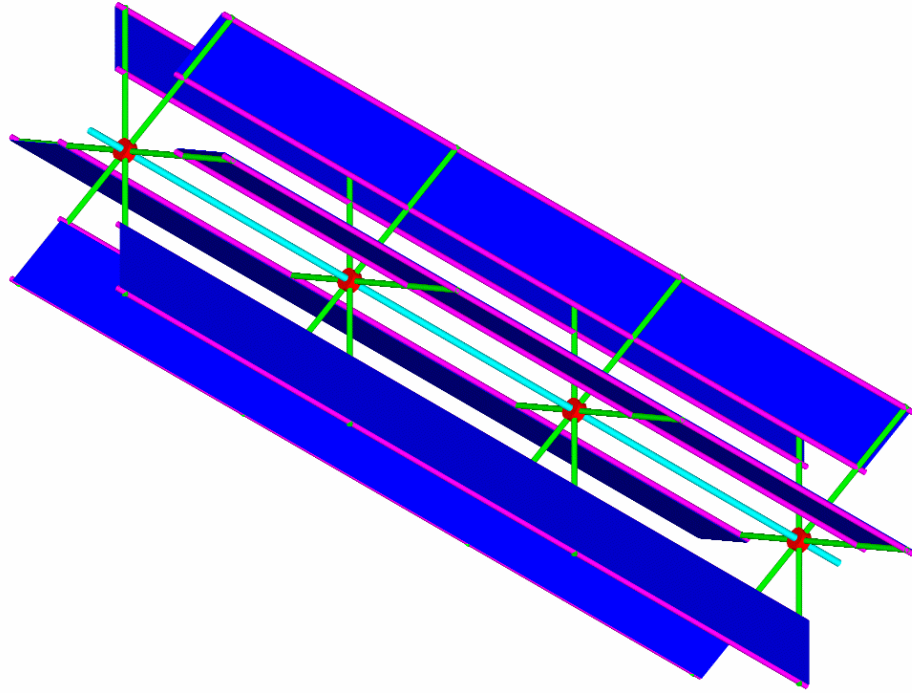
Raceway havuzların oval kenarları suyun rahat dönüşüne izin verecek şekilde ve ölü alan kalmayacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu sayede su dönüşlerde hız kaybetmez, girdap oluşturmada homojen karışım sağlanır. Hesaplamalar yapılırken suyun kopma noktasında itibaren açılal hızları ve dalga hareketleri göz önünde tutulmalıdır.



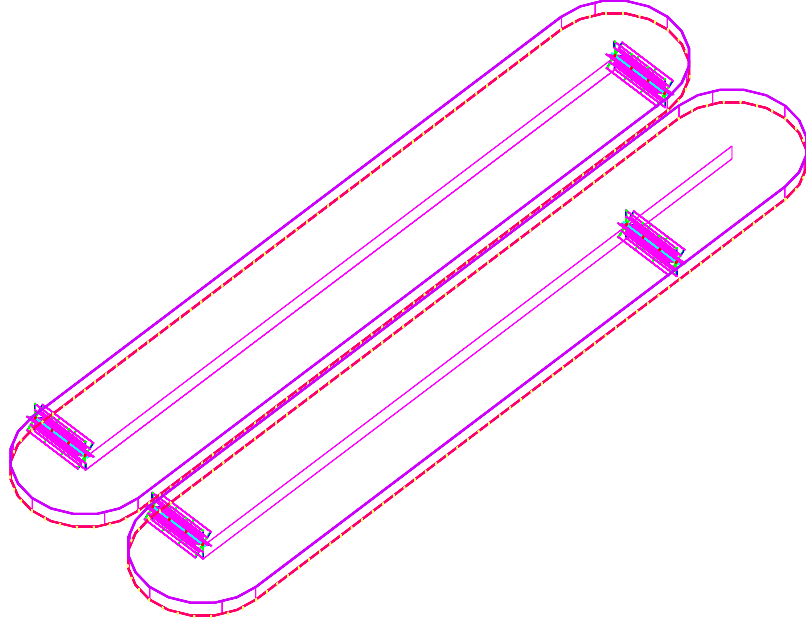
Şekil 4.2.4 Genel kanal tipi havuz şekli. (orijinal)

Havuzlarda suyun sirkülasyonu için pedal kullanılmaktadır. Algatek firması pedallarını hafif ve hijyenik olması bakımından yüksek yoğunluklu polietilen borudan imal etmiştir. Firma pedalları 6 kanatlı olarak dizayn etmiştir. Pedalların çevirme yüzeylerini de polietilen levhadan yapılmıştır. Ancak çarklı karıştırıcıların karıştırma hızının etkili karışım sağlarken, filamentlerin kırılmasına neden olmayacak şekilde ayarlanması önemlidir. Yüz metre karelik dikdörtgen bir havuz için on plakalı bir çarkın dakikada on ve yirmi dönüş arasında dönüş yapmasının en etkili karışım sağlayacağı (Cirik,2001) göz önüne alındığında ve uygulandığında algatek pedallarının aslında AISI316L Inox materyalden ve on kanatlı olması gerektiği ortaya çıkmaktadır ki yapılan prototip deneylerle de Cirik'in (1999) sonucunun uygulanması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu tip karıştırıcı sistemde hücrelerin daha az kırıldığı ve sudaki hız ve dalgalanmanın en aza indiği görülmüştür. Pedal, bakteri barındırmayan ve üretmeyen, korozyona uğramayan, toksik madde içermeyen, çok kolay temizlenebilen, üzerinde algin tutunmasına izin vermeyen materyalden yapılmalıdır. Ahşap, demir, kurşun içerikli

malzemelerden uzak durulmalıdır. Algatek firmasında pedallar 2.5 hp gücünde, redüktörlü (şanzuman) motor kullanılmıştır. Redüktör çıkış devri 21 devir/dakikadır. Her havuzda çaprazlama 2 adet pedal bulunmaktadır. Serada aydınlatma olarak 40W 128 adet floresan ampul kullanılmıştır (Resim 4.2.1; 4.2.2).



Şekil 4.2.5 Pedal şekli(orijinal)



Şekil 4.2.6 Havuzlar ve pedalların konumu(orijinal)



Resim 4.2.1 Havuz sistemi(orijinal)



Resim 4.2.2 Sera üretim girişi(orijinal)

4.3 Laboratuvar

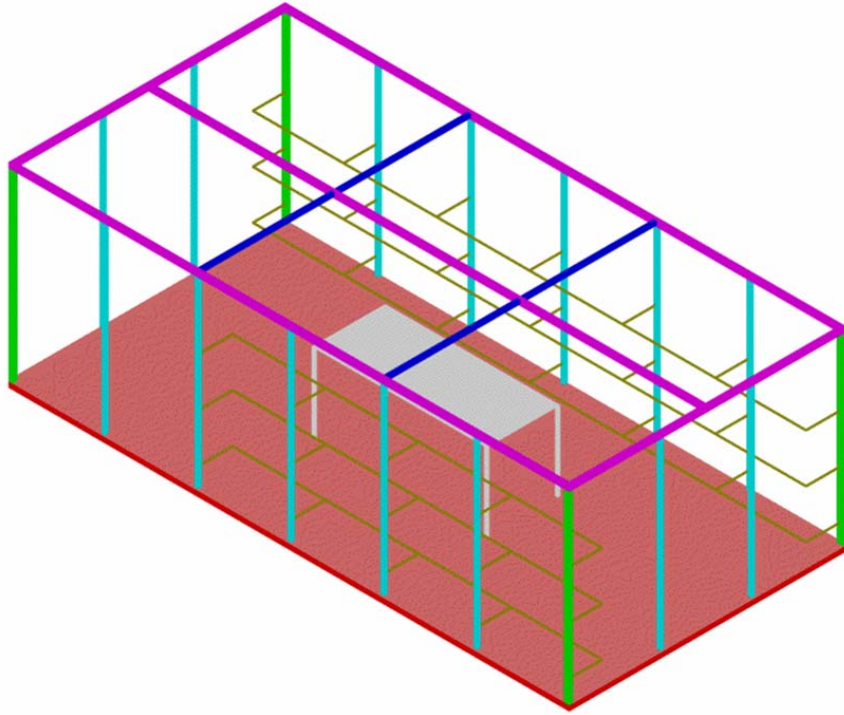
Laboratuvar inşa edilirken dikkat edilmesi gereken en önemli yerdir. Isı izolasyonu sağlanmış ve dış ortamdan tam olarak yalıtılmış olmalıdır (Resim 4.3.1). Algatek firması kendi üretimine uygun olarak 6m x 3.5 metrelik prefabrike bir laboratuvar tasarlamış ve inşa etmiştir(Şekil 4.3.1). Bu laboratuvarın ısı izolasyonu yaz, kış sürekli içerisi aynı sıcaklıkta kalacak şekilde yapılmıştır. Laboratuvar zemini epoksi ile boyanmıştır. Aydınlatma olarak 96 adet floresan ampul kullanılmıştır. Tüm duvarlar boyunca raflar dizilmiş olup laboratuvar üretimi şeffaf şişelerde yapılmaktadır (Resim 4.2.5). Laboratuvar da her şişeye hava, karbondioksit ve karışım gaz verebilecek şekilde tesisat döşenmiştir. Laboratuvar da saf kültürü saklayabilmek amacıyla, kültürü dolabı kullanılmaktadır (Resim

4.3.6). Laboratuarda kullanılan cam, plastik ve nutrient ve hammaddelerin muhafa edilebileceği bir adet dolap bulunmaktadır. Laboratuarda kullanılmakta olan hiçbir malzeme laboratuvar dışında kesinlikle kullanılmamakta olup laboratuardaki kültürün kontaminasyonunu önlemede önemli bir koruyucu davranıştır. Aynı şekilde üretimde kullanılan hiçbir malzeme ve madde laboratuara sokulmamaktadır. Laboratuarda görevli personel her giriş ve çıkışta seril olmaktadır. Eldiven ve bone kullanılması da şarttır. Laboratuarda kullanılan tüm malzeme steril edilerek kullanılmaktadır. Cam malzemeler asitlenerek steril edilmektedir. Tek kullanımlık pipet kullanılmaktadır.

Algatek Laboratuvar malzeme listesi aşağıdaki gibidir.

- 1- Kültür dolabı (Resim 4.3.6)
- 2- Klima
- 3- Aydınlatma sistemi
- 4- Havalandırma sistemi
- 5- pH metre
- 6- Refraktometre
- 7- Salinometre
- 8- Oksijen metre
- 9- Hassas terazi (00.00)
- 10- Pipump
- 11- Mikroskop
- 12- Dijital termometre
- 13- Manyetik karıştırıcı

- 14- Su ısıtıcı
- 15- El tipi karıştırıcı
- 16- Yüksek devirli medyum karıştırıcı
- 17-Spektrofotometre
- 17- Cam malzemeler
- 18- Dezenfektanlar
- 19- Su analiz kitleri



Şekil 4.3.1 Laboratuar inşa planı(orijinal)



Resim 4.3.1 Laboratuar dıştan görünüm(orijinal)



Resim 4.3.2. Laboratuar da saf kültürün çoğaltılması üretimi (orijinal)



Resim 4.3.3. Laboratuarda 1 litre hacimdeki üretim(orijinal)



Resim 4.3.4. Laboratuar raf sistemi(orijinal)



Resim 4.3.5. Laboratuvar kültür dolabı ve malzeme dolabı (orijinal)

4.4. İşleme ünitesi

Algatek işleme ünitesi diğer üniteler gibi prefabrike olup ürünün hasattan sonra işlendiği bir yerdir. burada hasat edilen ürün spaghetti formuna getirip kurutulmaktadır (Resim 4.4.2; 4.4.3). İşletmede iki tip kurutma sistemi mevcuttur. Birincisi ilk başta çok küçük kapasiteler için kullanılmakta olan vantilasyonlu kurutma sistemidir (Resim 4.4.1). Buradaki kurutma mantığı sıcak havanın ürünle temas etmesi sırasında ürünlerdeki suyun buharlaşması prensibidir. İkinci kurutma sistemi “Spray Dryer” olup düşük kapasiteli üretimlerde pek ekonomik olmayan ancak ideal kurutma sistemidir.



Resim 4.4.1 Kurutma sistemi(orijinal)

Kurutulan ürün değirmenden geçirilip 100-200 mikrometre büyüklükteki taneciklerden oluşan toz haline getirilir. Daha sonra bu tozlar kraft çuvallara konarak ağızları kapatılır. Ağız kapatılmış olan çuvallar Algatek paketleme tesisinin kurulu olduğu Kemalpaşa'da (İzmir) ki fabrikaya gönderilir. Burada bulunan bakteriyoloji laboratuvarında her üründen örnek alınarak 3M sticklerle bakteri ekimi yapıp, ürünün toplam bakteri, koliform, fekal koliform, küf, maya, mantar testleri yapılır. Laboratuvarımızda otoklav, etüv, hassas terazi, nem kontrol cihazı, saf su cihazı, cam malzemeler bulunmaktadır. Paketleme tesisinde ürün pazar ihtiyacına göre;

- 1- Flek (naturel)
- 2- Toz
- 3- Tablet forma getirilerek el değmeden ambalajlanıp paketlenmektedir.

Algatek tabletlerinin diğer ürünlerden ayırt eden en önemli özelliği hiçbir bağlayıcı madde kullanılmadan, bilgisayar kontrollü özel tablet makinesinde basılıyor olmasıdır.



Resim 4.4.2 Spagetti pres makinesi(orijinal)



Resim 4.4.3 Spagetti pres makinesi(orijinal)

Filtrasyon

Tesiste üretim amaçlı kullanılacak su tam kontrollü olarak filtre edilmekte ve daha sonra kullanılmaktadır. Bu da ortamı istenildiği kontrol edilmesini sağlamak ve dışarıdan bulaşabilecek etkenleri ortadan kaldırmaktadır. İşletmede uygulanan filtrasyon aşaması sırasıyla aşağıdaki gibidir.

- 1- Su kaynağı
- 2- Grup kartuş filtre (1 mikrometre süzme kapasiteli otomatik geri yıkamalı 16 metreküp/saat kapasiteli)
- 3- Ozonlama (15 dr/sa) kapasiteli
- 4- Ultravioleto filtre (2 adet ;1 adet 20 m³/h 1 adet 15m³/h)
- 5- Aktif karbon filtre
- 6- Anyonik filtre (tam otomatik 3m³/h)
- 7- Katyonik filtre (tam otomatik 3m³/h)

Not: Laboratuarda saf su kullanılmaktadır.

Algtek işletmesinde filtre edilmeden hiçbir noktada su kullanılmamaktadır. Unutulmamalıdır ki su her şeydir. Değeri ve önemi bilinmelidir.

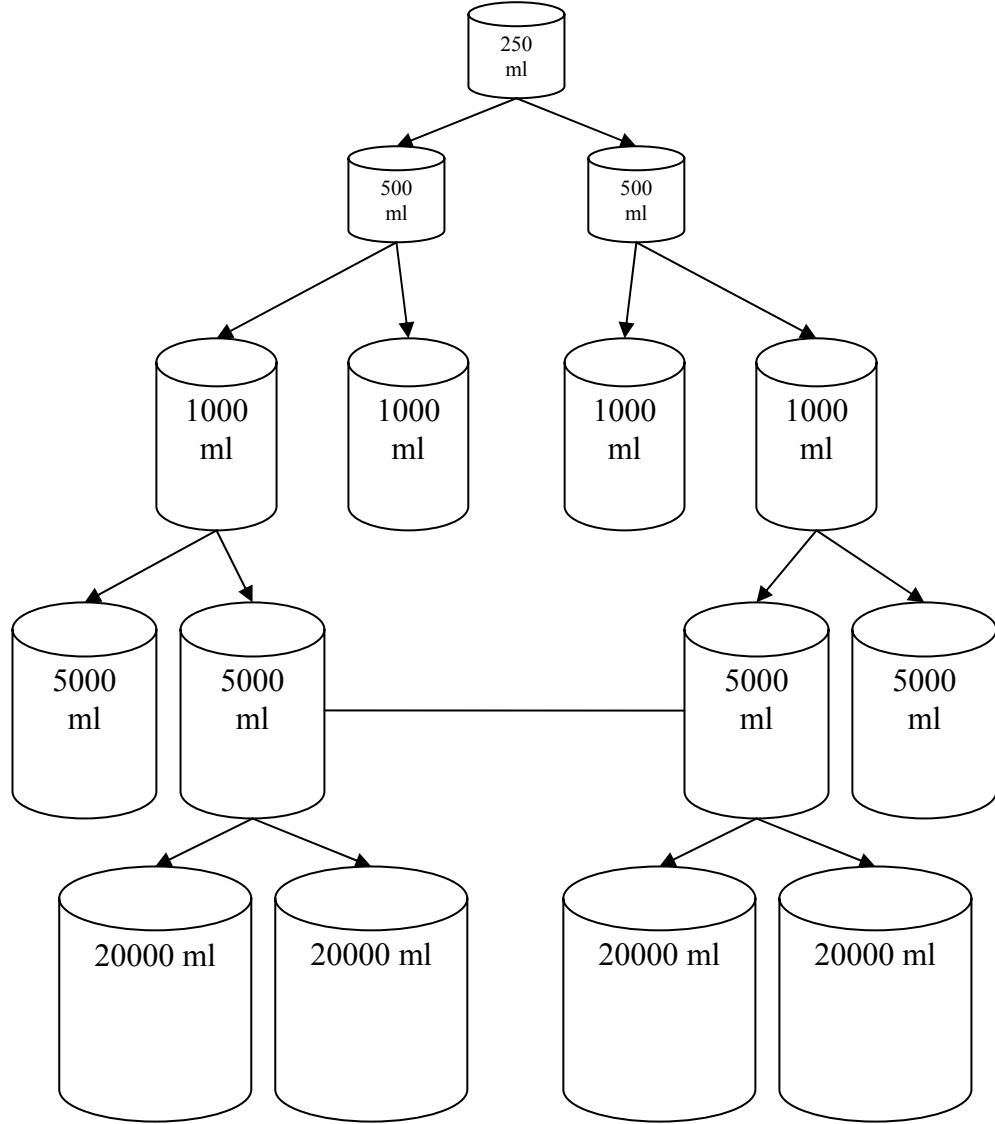
4.5 Algtek İşletmesinde *Spirulina* üretimi Aşamaları

Spirulina üretiminde kullanılmakta olan ortam zarrouk ortamıdır.

16.8 g NaHCO₃ /l, 0.5 g K₂HPO₄/l, 2.5 g NaNO₃/l, 1.0 g K₂SO₄/l, 1.0 g NaCl /l, 0.20 g MgSO₄·7H₂O /l, 0.04 g CaCl₂/l, 0.01 g FeSO₄·7H₂O /l, 0.08 g EDTA /l) . A 1 ml A₅ solusyon (2.86 g H₃BO₃/l,

1.81 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ /l, 0.22 g ZnSO_4 /l, 0.08 g CuSO_4 /l, 0.01 g MoO_4 /l ve 1 ml B₆ solusyon (229×10^{-4} g NH_4VO_3 /l, 960×10^{-4} g $\text{K}_2\text{Cr}(\text{SO}_4)_4 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ /l, 478×10^{-4} g $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /l, 44×10^{-4} g $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ /l

Hazırlanan kültür ortamı hacim çoğaltmak üzere aşağıdaki sıralamaya uygun şekilde kullanılır.



Şekil 4.5.1 Algatek *Spirulina* hacimsel kapasite artışı(orijinal)

Şekil 45.1 de ki şemadaki üretim sonucunda şeffaf şişelerin kapasitesi yaklaşık 6000 lt hacme ulaşınca 1 havuz için gereken kültür yoğunluğu sağlanmış olur. Laboratuarda her ekim basamağı süresi yaklaşık 8-11 gün süre almaktadır. Bu süre içerisinde ortam koşullarının bozulmaması gerekir. Aksi taktir kültür çöker. Havuzlara ekilecek süre ortalama 55-65 gündür. Havuzlar ekim yapıldıktan sonra hasat geçme sürecinde yaklaşık 60-80 gün arasındadır. Bu sürelerden önce yapılacak olan hasatlar verimsiz ve ürünün kalitesi de düşük olmaktadır. *Spirulina* hücreleri hergün kontrol edilmelidir. Hasat bu kontroller sonucuna dayanarak yapılmalıdır. Tavsiye edilen havuz ekimi zamanı nisan ayıdır. Bu ay bölgelere göre değişir. Bu ayda yapılan ürünün hasat temmuz veya ağustos gibi yapılabilir. Bu dönem de ekim ayına kadar sürebilmektedir. *Spirulina* kültür ekimi soğuk havada ve az ışıktaki yapıldığında kayıp artabilmekte ve üreme süresi uzayabilmektedir. Sıcakta yapılması da stres yaratabilmektedir. Bu sebeple doğru zaman da ekim yapılabilmesi önemlidir. Algatek’de hasat hergün yapılmakta olup, bölgelere göre buda farklılık gösterebilmektedir. Her gün hasat yapılabilmesi için üretim protokolü ve kapasiteler buna göre planlanmalıdır.

Algatek tesislerin yapılmış olan üretim protokolünde 12 ay boyunca 0,5 gr /lt kuru ağırlık başarıyla hasat yapabilmekte olup, ürün kalitesi de standarttır.

Hasat zamanı gelen havuzdan hasat yapılamaya başlanmaktadır. Hasat işleminde havuzdan alınan *Spirulina* süzülerek pelte haline getirilmektedir. Bu işlem için algatek tesislerinde *Spirulina* filamentlerini kırmadan pompalayan özel bir pompa dizayn edilmiştir. Bu pompa sayesinde hasat çok daha hızlı ve spirulinaya zarar vermeden

yapılmaktadır. *Spirulina* hücresi hasat sırasında kırıldığında hücre içeriği suya dağılmakta dolayısıyla süzülen su ile birlikte kaybolup gitmektedir.

Hasat edilen *Spirulina* yine özel dizayn edilmiş olan santrifuj ayırıcıdan geçirilir. Burada besin ortamından ayrılmış olan *Spirulina*, özel solüsyonlarla yıkanıp, banyo işlemine tabii tutulur. Bu işlemden sonra pelteleme işlemi uygulanarak spagetti yapılabilecek hale getirilmektedir. Pelteleşmiş *Spirulina* spagetti formuna getirilerek kurutma tepsilerine serilir. Kurutma işlemi ürünü uygun sıcaklıkta yapısını bozmadan çok hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Tüm bu işlemler hasattan itibaren 1 saat içerisinde tamamlanmak zorundadır. *Spirulina* protein içeriği yüksek olan bir canlı olduğu unutulmayıp hemen bozulabilirliği göz önünde alınarak hızlı bir şekilde işlemler bitirilmelidir. Aksi taktirde elde edilen ürünün hiçbir kıymeti kalmamaktadır. *Spirulina* hasattan sonra biriktirilmek amacıyla dolap vs ortamda saklanması sakıncalıdır. *Spirulina* içerisindeki fikosiyanin hızlı bozulan bir maddedir. Bir çok içeriğindeki maddelerde zarar görmektedir. Tüm bu kritik koşullar altında kurutma dahil tüm işlem 3-4 saat gibi bir sürede bitirilmelidir.

4.6. Otomasyon ve kontrol sistemleri

Alagatek’de sağlanmış olan otomasyon ve kontrol sistemleri üretimin her dakikasını kontrol edip müdahale etmek için ve kaliteyi standart tutabilmek için en üst düzeyde tutulmuştur. İşletmede laboratuvar ortamı yedi gün yirmi dört saat aynı sıcaklık ve ayarlanan ışıklandırmada tutulmaktadır. Laboratuardan sonraki üretim aşamasında, suyun sıcaklığı, sera ortam sıcaklığı, havuz içerisinde ki suyun dönüş hızı, ışıklandırma şiddeti ve süresi, buna bağlı olarak ek ışıklandırma ihtiyacının olup olmadığı, pH’ın kontrol edilmesi ve buna bağlı olarak karbondioksitin

verilip verilmemesi ve ne kadar verileceği, ortamın nem miktarı, basıncı, rüzgar şiddeti gibi parametreler otomatik, dijital olarak okunup bilgisayara aktarılıp değerdendirilmektedir. Bununla ilgi yine özel bir yazılım üzerine çalışılmaktadır.

Toplanmış olan bilgilere ve *Spirulina*'nın dönemine göre üretim hakkında kritik kararlar verilebilmektedir. En önemlisi bu şekilde insan hatasına olanak sağlamadan gece gündüz direk kontrol sağlanabilmiştir. Algatek firmasında üretim yılın on iki ayı sürmektedir. Üretimle ilgili tüm değerdler bu otomasyon sistemi sayesinde rahatça kontrol edilebilmektedir. Bu sistem beraberinde elde edilen ürünün kalitesini ve tabiî ki standartlığını sağlamaktadır. Dolayısıyla da elde edilecek ürünün normal seyrinde iken ileri zamanlarda alınabilecek miktarlarda bilinmektedir.

4.7. İşletme Maliyeti

Algatek *Spirulina* İşletmesinin 500 metrekarelik tesisinin yaklaşık kuruluş maliyeti çizelge belirtildiği gibidir.

Çizelge 4.6.1 Algatek işletme kuruluş maliyeti(orijinal)

Kalem	Maliyet (YTL)
Yatırım masrafları	
Arazinin hazırlanması ve geliştirilmesi	25000
Su ve güç ağı	33000
Binalar (lab.ofis,işleme vs)	36000
Depo ve stok	27000
Havuz;iç kaplam, pompa ve karıştırma	46000
Hasat;süzme,kurutma,paketleme	192000
ARA TOPLAM	368000
Yıllık Üretim Masrafları	
İş gücü	55000
Tamir ve bakım	30000
Sabit işletim masrafları	40000
Değişken işletim masrafları	15000
Yönetim,sermaye ve amortisman	40000
ARA TOPLAM	180000
GENEL TOPLAM	548000

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Tüm dünyada önemli bir ham madde portföyüne sahip olan *Spirulina*'nın , ülkemizde sanayi ölçekli ve yoğun üretimi ne yazık ki henüz başlamaktadır. Anlaşılacağı üzere *Spirulina* üretimi bir hayli dikkat ve özen isteyen meşakatli bir üretimdir. Mikro alg üretimi esnasında üretimin her noktasını kontrol edip bilmek ve bilimsel araştırmalar ve kuruluşlarla birlikte yapmak kaçınılmazdır. Bu türlerin üretiminde bilimsel araştırma kuruluşlarımızın bilgileri ve tecrübeleri hafife alınmayacak kadar fazla ve önemlidir.

Algatek firması *Spirulina* üretimi için hiperintansif kapalı sera sistemini seçmiştir. Bu sistemin en önemli özelliği standart kalitede sürekli üretim imkanıdır. Bu üretim tekniğinde ürün her aşamasında kontrol edilebilmektedir. Bunun yanı sıra üretimin ve ortamın dış çevreyle olan bağlantısı kısıtlandığından dolayı şartlar istenildiği gibi ayarlanabilmektedir. Kapalı tam kontrollü bir sistemde doğadan bulaşma riskide büyük ölçüde azaltılmış olmaktadır. Bu sistemde üretimi destekleyen ve kontrolün hiçbir zaman aksamadığı, sistemin ana ünitesi olan laboratuvar, üretimin tüm aşamalarında saf yoğun kültür kaynağıdır. Bunun yanı sıra bu sistemin dezavantajlarının başında yatırım maliyetinin yüksek oluşu gelmektedir. Maliyeti arttıran unsurlar ; havuzların üretimin kalitesini direk etkilediği düşünüldüğünde kaliteli, uzun ömürlü ve gıda tüzüğüne uygun hammaddeden imal edilmesi, dış ortam ile üretim ortamının izole edilmesi, otomasyon sistemlerinin kaliteli ve uzun ömürlü olması, hijyenin her noktada sağlanabilmesi açısından inşaatın, techizatın, malzemelerin özel tiplerinin kullanılması, ısıtma ve soğutma sistemlerinin uygun olması gibi unsurlardır. Böyle bir üretim daha az maliyetlerle açık havuz sistemi yapılabilir. Bu tip bir yatırımın avantajı hem yatırım maliyeti hemde işletme giderleri çok düşüktür. Açık sistemde üretim

bölgenin meteorolojik koşullarına direk bağlı olup koşulları doğa belirlemektedir. Bu tip bir üretim ana koşullar sağlandığı taktirde az maliyetlerle kısa sürede faaliyete geçirilebilmektedir. Düzgün bir zemin yapısı, bol güneş alan, endüstriyel ve atık alanlardan, şehirden ve karayollarından uzak olan bir arazi açık sistemin prensip olarak uygulanmasına uygundur. Bunların haricinde arazide suyun,elektriğin olması şartı sağlanmalıdır.bu durumda Spirulina üretimi için gerekli olan havuz yapısı seçilip (yuvarlak , açık kanal tipi v.b.) inşa edilmesinin hemen ardından üretime geçilebilmektedir. Bu tip üretimde dikkat edilmesi gereken unsur açık sistemlerin veriminin kapalı sistemlere göre çok daha düşük olması ve ürün firesinin fazla olmasıdır. Dolayısıyla üretim alanı ve havuzlar bu unsurlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Açık sistemlerde risk taşıyan en önemli faktör çevredir. Açık sistemler çevreyle direk temasta olduğundan bulaşmalara tamamen müsahittir. Sinekler, bunların yumurta ve larvaları, sürüngenler, kurbağalar ve bunların yavruları, kuşlar ve diğer canlılar açık sistemlerde istenmeyen sonuçlara neden olmaktadırlar. Bu tip üretim sonucunda elde edilen ürün mutlaka ek işlemlere tabi tutularak pazara sürüldüğünden ek bir maliyet doğurmaktadır. Yatırım aşamasında makine,teçizat ve donanım önemli bir yer tutmaktadır. Yapılacak olan bu yatırım işçiliğe yansımakta olup üretimin kalite ve standardını direk etkilemektedir. Bu tip yatırımlar risk ve hataları azaltır. Bunun yanı sıra işletme maliyetlerine yük getirir.

Algatek firması yatırıma başladığı tarihten itibaren kara geçiş süresini 3 yıl olarak belirlemiştir. İşletme hali hazırda bu sürecin içerisinde olup, karlılık sağlanmamıştır. Türkiye pazarının dar oluşu , ürünün bilinmemesi, bu tür ürünlerin güveninin menfaatçi kişiler tarafından kötü şekilde kırılması pazarı daraltmaktadır. Bu faktörlere birde çok ucuz olan

Çin malı spirulinada eklendiğinde sadece hedefe yönelik üretim yapma şansı kalıyor. Tüm bu olumsuzluklar göz önüne alındığında iki seçenek oluşmaktadır. Birincisi yatırımı tam anlamıyla yapıp en kaliteli ürünü üretilip kalite farkı yaratmaktır. İkincisi en az maliyetli yatırımı yapıp, kaliteyi göz ardı edip maliyet farkı yaratmaktır. Her ikisinin sonucunda ise doğru olan üretimi yapmak önem kazanmaktadır. Spirulina üretiminde temel unsur bilgi ve tecrübe olmalıdır. Üretilmiş olan ürünün insana döneceği unutulmamalıdır.

Spirulina üretiminde sanayi ölçekli ilk büyük kuruluş olan algatek firması, üretiminde kullanmakta olduğu alet, ekipman ve sistemler ile standart bir üretim başarısı sağlamış olup, yatırımın büyümesiyle teknolojik değişikliklerinde gerçekleşmesi kaçınılmaz haldedir. Bugün *Spirulina* üretimi yapmakta olan Algatek, diğer bazı mikro alg türlerinin de üretimi için alt yapı hazırlıklarına başlamış olup bu çalışmalarını da en kısa zaman da sanayi üretimi haline getirmeye hazır hale gelmiştir.

Ülke ekonomisine katkısı düşünüldüğünde, *Spirulina* üretim miktarı az olmasına rağmen diğer türlerin çeşitliliği ile değer kazanacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Baynes,S.M.,Emerson ,L.,Scott,A.P.,1979 Production of algae for use in the rearing of larval fish.Fisheries Research Technical Report 53,13-18
- Bercker ,E.W.,1994. Microalgae:Biotechnology and microbiology.pp.63-114 Cambridge University Pres.ISBN 0521 350204
- Belay, A.,1997 . Mass culture of Spirulina outdoors – The Earthrise Farms experience, in :Vonshak, A.(Ed.) Spirulina platensis (Arthrospira):Physiology , cell- biology and biotechnology. Taylor and Francis , London, pp. 131-158
- Belay, A., Ota,Y., Miyakawa, K., Shimamatsu, H., 1993. Current knowledge on potential health benefits of Spirulina .J.Appl. Phycol. 5,235-241.
- Borowitzka, A.M. 1999. Commercial production of microalgae:ponds, tanks, tubes and fermenters. Journal of Biotechnology 70 (1999) 313-321

Borowitzka ,M.A:,1992.Algal biotechnology products and processes :
matching science and economics .J.Appl.Phycol. 4,267-279

Borowitzka, M.A., 1996. Closed algal photobioreactors: desing
considerations for large scale systems.J:Mar.Biotechnol.4,185-
191

Cifeli,O.,1983.Spirulina;the edible organism.Microbiol.Rev.47,551-578

Cirik,S.,1989. Zengin bir bitkisel gıda Spirulina.Tubitak bilim ve teknik
dergisi,Sayı:Nisan,1989,s.19-20

Cirik,S., Conk-Dalay, M., Koru, E, 2001. Türkiye ege bölgesi iklim
koşullarında açık hava kültürleri için uygun Spirulina
platensis(Stiz.) Geitl, 1930 suşunun tespiti Ege üniversitesi su
ürünleri dergisi,2001,cilt:18,S:34,S.523-528

Cirik, S., Conk –Dalay, M, 2001 Siprulina platensis ‘in Açık Hava ve Sera
Kaşullarında Üretimi. Su ürünleri Dergisi Cilt no.18/1.117-127.
İzmir – Bornova

Duerr ,O.E., Erdalin ,R.M.,and Price ,N.M.,1995.Fasilities requirements and precedures for the laboratory and outdoor raceway culture of *Spirulina* spp.The Oceanic Institute ,Makapuu Point,Waimanalo,Hawaii 96795,USA.

Durand-Chastel, H., 1980. Production and use of *Spirulina* in Mexico. In:Shelef,G.,Soeder,C.J. (Eds.),*Algae Biomass*, Elsevier/North Holland Biomedikal Pres, Amsterdam,pp.51-64

Fox,R.D., 1993.Health Benefist of *Spirulina* and Proposal for as Nutrition Test on Children Suffering from Kwashior and Marasmus,*Algae of Life,Bulletinde L'Institut Oceanographique* ,No:12,Monaco.

Henrikson,R.,1994.*Microalga Spirulina ,superalimento del futuro*.Ronore Enterprises, Ediciones Urano,Barcelona,Espana.pp.222.

Kozlenko,R.and Henson,H.R.1998.Latest scientific research on *Spirulina* :Effect on the aids virus, cancer and the immune system.<http://www.spirulina.com/SPLibrary.html>.

Richmond, A., 1986 . Outdoor mass cultures of microalgae .In:Richmond ,A. (Ed.) *Handbook of Algal Mass Culture* .CRC Pres ,Boca Raton, FL,USA , pp.285-330

Richmond, A.,2004.Training Course on Microalgal,Biotechnology 5-6
May 2004 Ege University Fisheries Faculty, Urla ,İzmir .

Torzillo,G., 1997. Tubular bioreactors.In : Vonshak,A. (Ed.), *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology , cell biology and biology and biotechnology*. Taylor and Francis, London, pp. 101-115

Tredici, M.R., Zitelli ,G.C.,1997. Cultivation of *Spirulina (Arthrospira)platensis* in flat plate reactors . In:Vonshak , A. (Ed.) *Spirulina platensis (Arthrospira) : Physiology ,cell- biology and biotechnology*.Taylor and Francis , London , pp. 117-130

Vonshak, A.,1997. Outdoor mass production of *Spirulina* :The basic concept. In: Vonshak ,A.(Ed),*Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology , cell biology and biotechnology*. Toyler and Francis, London, pp. 79-99.