

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NANNOCHLOROPSIS OCULATA (DROOP) HIBBERD
(EUSTIGMATOPHYCEAE)'İN HASADINDA KÜMELEŞTİRME
YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİ

Özgür ULUDÜZ

Su Ürünleri Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 17/07/2012

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Tolga GÖKSAN

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZGÜR ULUDÜZ tarafından **DOÇ. DR. TOLGA GÖKSAN** yönetiminde hazırlanan “**NANNOCHLOROPSIS OCULATA (DROOP) HIBBERD (EUSTIGMATOPHYCEAE)’İN HASADINDA KÜMELEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Tolga GÖKSAN

Danışman

Yrd.Doç.Dr. Hüseyin ERDUĞAN

Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr. İlknur AK

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 17/07/2012

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi BAP tarafından 2010/147 no’lu projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Özgür ULUDÜZ

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danıŐmanım Doç. Dr. Tolga GÖKSAN'a sabrı ve anlayıŐı için, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. İlknur Ak ve Dr. Yeliz CİRİK'e, hazırlık aşamasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma, her zaman yanımda olan ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Özgür ULUDÜZ

SİMGELER VE KISALTMALAR

μm	Mikrometre
ω	Omega
%	Yüzde oranı
‰	Binde oranı
ark.	Arkadaşları
g	Gram
L	Litre
mL	Mililitre
rpm	Dakikadaki dönme hızı
Abs	Absorbans
T	Işık geçirgenliği
nm	Nanometre
sn	Saniye
mA	Miliamper
V	Volt
°C	Sıcaklık değeri

ÖZET

NANNOCHLOROPSIS OCULATA (DROOP) HIBBERD (EUSTIGMATOPHYCEAE)'İN HASADINDA KÜMELEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİ

Özgür ULUDÜZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tolga GÖKSAN

17/07/2012, 38

Mikroalglerin üretim maliyeti benzer metabolitlerin üretimi bakımından ele alındığında, karasal bitkilere nazaran daha yüksektir. Mikroalglerde üretim maliyetinin daha yüksek olmasının en önemli sebeplerinden biri de mikron düzeydeki hücrelerin hasat edilmesinde ve hücre içi metabolitlerin ekstraksiyonunda uygulanan işlemlerin maliyetli olmasıdır. Mikroalglerin hasadında yaygın şekilde kullanılan santrifüj separatörler, ilk yatırım maliyetinin ve özellikle tuzlu sularda kullanımı durumunda bakım masraflarının yüksek olması, ayrıca düşük kültür yoğunluklarında uzun çalışma süreleri ve dolayısıyla yüksek enerji sarfiyatına neden olmalarından ötürü üretim maliyetini arttırmaktadırlar. Bu sebeplerden dolayı da kültürün bir ön yoğunlaştırma işleminden geçirildikten sonra santrifüj edilmesi, mikroalg üretim maliyetlerinin yüksek olmasının en önemli sebeplerinden biri olan hasat işleminin maliyetinin düşürülmesinde önemli katkı sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasında, mikroalglerde alternatif bir hasat yöntemi olan kümeleştirme işleminin *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd türü üzerinde etkinliği çalışılmıştır. *Nannochloropsis* sp. gibi büyüme hızı yüksek, neredeyse tüm deniz balıkları üretim kuluçkahanelerinde kullanılan ve eikosapentaenoik asit (EPA) yağ asit içeriği yüksek olan bu türün üzerine kümeleştirme çalışması gerçekleştirilmemiş olması da bu çalışmanın önemini arttırmıştır. Bu amaçla, polielektrolitler, pH, elektroflokülasyon ve ultrasonik flokülasyon gibi kümeleştirme yöntemleri uygulanmıştır. Sonuç olarak, kullanılan yöntemler arasında pH (10,3)'ün en etkili olduğu görüldü. Ayrıca denemede kullanılan krema makinası %85 hasat verimliliği ile hücrelere zarar vermeden çok etkili ayırma gerçekleştirmiştir.

Anahtar sözcükler: *Nannochloropsis oculata*, kümeleştirme, pH, polielektrolit, santrifüj

ABSTRACT

EFFICIENCY OF THE FLOCCULATION METHODS IN HARVEST OF *NANNOCHLOROPSIS OCULATA* (DROOP) HIBBERD (EUSTIGMATOPHYCEAE)

Özgür ULUDÜZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Fisheries Master Thesis

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Tolga GÖKSAN

17/07/2012, 38

Production cost of microalgae is higher compared to the terrestrial plants regarding the production of similar metabolites. One of the reasons why production cost of microalgae is higher is that the processes in harvesting of microalgae which are in micron size and in extraction of the metabolites *in vivo* are higher in price. Centrifuge separators widely used in harvesting of microalgae cause the production costs to increase due to the high capex and maintenance cost, especially in the separators running in seawater, and the higher energy consumption. It is therefore important to use pre-concentrated culture just before centrifugation to reduce the cost of harvesting process, which is one of the most important reasons increasing the cost of microalgae culture.

In this thesis, the efficiency of flocculation, an alternative harvesting method in microalgae, was studied on *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd. It is important to study with *Nannochloropsis* sp., which has a high growth rate, a usage in almost all marine fish hatcheries and a high fatty acid eicosapentaenoic acid (EPA), since no flocculation methods were studied in detail in this species. Polyelectrolytes, pH, electro-flocculation and ultrasonic-flocculation are the methods used. Consequently, it was seen that pH (10,3) was the most effective one among the methods. In addition, the cream separator used in the experiment was very effective harvesting 85% of the cells without any damage.

Keywords: *Nannochloropsis oculata*, flocculation, pH, polyelectrolyte, centrifuge

İÇİNDEKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	iii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ÖZET	vi
BÖLÜM 1 – GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Deneme Koşulları.....	9
3. 2. Tuzluluk Denemesi.....	10
3.3. pH Yöntemi.....	11
3.4 Polielektrolit Yöntemi.....	12
3.5. Elektroflokülasyon.....	12
3.6. Ultrasonik Flokülasyon.....	13
3.7. Santrifüj.....	14
BÖLÜM 4 - ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	15
4.1. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'nın Farklı Tuzluluklarda Büyümesi.....	15
4.2. pH.....	22
4.3. Polielektrolit.....	26
4.4.Elektroflokülasyon.....	28
4.5. Ultrasonik flokülasyon.....	30
4.6. Santrifüj.....	32
BÖLÜM 5 - SONUÇ VE ÖNERİLER.....	34
KAYNAKLAR.....	35
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
ÖZGEÇMİŞ.....	IV

BÖLÜM 1**GİRİŞ**

Sucul ortamlarda organik madde sentezleyen birincil üreticiler fitoplankton ve mikroalg türleridir. Mikroalgler, çeşitli kaynaklardan gelen besin tuzlarını bünyelerine alır ve bir ışık kaynağı yardımı ile (güneş veya yapay ışıklandırma) bunları yaşamsal aktiviteleri için gerekli kompleks moleküller halinde birleştirirler (Hoff ve Snell, 1997).

İnsanoğlu mikroalglerden yararlanmak için 100 yılı aşkın süredir çalışmaktadır. Hendel (1954)'e göre, 1890 yılında Beijerinck tarafından yapılan kültürler ilk çalışmalar arasındadır. Bunu takiben 1910'da Allen ve Nelson, bir diyatom türü olan *Phaeodactylum tricornitum* türünü izole ederek kültürlerini yapmışlardır (Cirik ve Gökpinar, 1993). İlk araştırmacıların hazırladıkları ortamlar kendi isimleri ile anılmaktadır ve bunlar arasında seyreltme oranları, çeşitli besin tuzlarının ilavesi, iz elementlerin çeşitleri gibi bazı farklılıklar bulunmaktadır (De Pauw ve Personne, 1988).

Mikroskobik alglerin ticari üretimleri ise yaklaşık 50 yıldan beri yapılmaktadır. Alg üretimi günümüzde artık bir sanayi kolu haline gelen atık su arıtımı ve güneş enerjisinin biyomasa dönüştürülmesi gibi alanlarda bilinen en etkili ve en ekonomik yoldur. Ayrıca sucul canlıların yetiştiriciliğinde, özellikle de deniz balıkları larva üretimi gerçekleştiren tesislerde alg kültür üniteleri, sistemin kaçınılmaz ve en önemli basamağıdır. Bu birimde yaşanan başarı, zincirin diğer halkalarına doğrudan yansımaktadır (Goldman, 1979).

Eustigmatophyceae sınıfına ait *Nannochloropsis oculata* neredeyse tüm Japon bilimsel raporlarda *Chlorella* sp.'nin deniz türleriyle karıştırılmıştır. 1986 yılında taksonomik olarak *Nannochloropsis* olarak isimlendirilmiştir (Maruyama ve ark., 1986). Hareketsiz ve yeşil renkli olan *N. oculata* hücreleri kamçı taşımazlar. Küçük ve küre şeklindeki hücreler 4-6 µm çapındadır. Kloroplast hücrenin neredeyse tümünü kapsar. Kültür ortamında *N. oculata* hücreleri yüzeyde yüzmeye eğilim gösterirken, havalandırma kesildiğinde su sütununda askıda kalırlar. Klorofil *b* pigmenti bulunmaması nedeniyle *Nannochloris* sp.'den farklı bir bölümde sınıflandırılmışlardır (Güner ve Aysel, 1997; Koray, 2002). Yüksek oranda B12 vitamini ve EPA (20:5n-3, eicosapentaenoic asit) içerdiğinden dolayı rotifer (*Brachionus plicatilis*), tuzlu su karidesi (*Artemia salina*) ve benzer şekilde süzerek beslenen organizmaların yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan bir mikroalg türüdür (Okauchi, 1991, Hoff ve Snell, 1997). *Nannochloropsis* türleri, ticari olarak değerlendirilen astaksantin ve kantaksantin pigmentlerini de taşımaları nedeniyle giderek artan bir öneme sahiptirler (Lubian ve ark., 2000).

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) Su Ürünleri Fakültesi mikroalgal biyoteknoloji alanında ekonomik önemi olan türlerin üretimini büyük ölçeklerde gerçekleştiren sınırlı sayıdaki üniversitelerden biridir. Küresel iklim değişimi, sera gazı olan CO₂'in bağlanması ve su kaynaklarının verimli kullanımı gibi çevreye olan duyarlılığın arttığı bu dönemde özellikle yurtdışında son birkaç yıl içinde mikroalgelere olan ilgi aşırı derecede artmış ve entegre sistemler ile biyo-yakıt üretiminde en ümit verici organizmalardan biri olarak görülmektedir. Mikroalg üretimine olan ilginin son derece arttığı bu dönemde ülkemizin ve dolayısıyla üniversitemizin pratik anlamda gelişmelerin gerisinde kalmaması amacıyla mikroalgelerin fizyolojisi ve üretiminin ele alındığı konularının desteklenmesi önemli görülmektedir.

Son yıllarda *N. oculata* türü üzerine sıklıkla araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Ayrıca *Nannochloropsis* sp. gibi büyüme hızı yüksek, neredeyse tüm deniz balıkları üretim kuluçkahanelerinde kullanılan ve yağ içeriği yüksek olan bu türün üzerine kümeleştirme çalışması gerçekleştirilmemiş olması da bu çalışmanın önemini arttırmaktadır. Bu nedenle, gerçekleştirilen Yüksek Lisans tez çalışmasında *N. oculata* türünün farklı tuzluluklarda büyütülmesi ve hasadında farklı kümeleştirme yöntemlerinin etkinliği araştırılmıştır.

BÖLÜM 2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mikroalgler hücre içinde biriktirmiş oldukları yüksek düzeyde protein, yağ, polisakkaritler, pigmentler, vitamin ve mineraller nedeniyle önemli canlılardır (Ward ve Singh, 2005; Spolaore ve ark., 2006; Göksan ve ark., 2007; Del Campo ve ark., 2007). Bu nedenle mikroalglerin akuakültür, insan sağlığı, atık suların ıslahı, enerji üretimi ve daha pek çok farklı alanda kullanımı mevcuttur (Gladue ve Maxey, 1994; Guerin ve ark., 2003; Olguin, 2003; Prince ve Ksheshgi, 2005). Özellikle larval balık üretiminde ve biyodizel üretiminde yağ kaynağı olarak mikroalgler gittikçe önem kazanmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Bazı mikroalg türlerinin yağ asitleri kompozisyonu (Okauchi 1991).

Türler	EPA (%)	Toplam ω3 HUFA (%)
<i>Tetraselmis tetrathele</i>	6,4	8,1
<i>Nannochloropsis oculata</i>	30,5	42,7
<i>Pavlova lutheri</i>	13,8	23,5
<i>Isocrysis galbana</i>	3,5	22,5
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	8,6	9,6
<i>Skeletonema costatum</i>	13,8	15,5

Tez kapsamında da kullanılan *Nannochloropsis oculata* türü için optimum yetiştirme koşulları 1000-6000 lux ışık, 25-30 °C sıcaklık, 4-36 ppt tuzluluk ve 7,5-8,5 pH olarak belirtilmiştir (Chen ve Long, 1991). *N. Oculata* taksonunun sistematikteki yeri aşağıda belirtilmiştir:

Alem: Protista

Şube: Ochrophyta

Sınıf: Eustigmatophyceae

Takım: Eustigmatales

Aile: Monodopsidaceae

Cins: *Nannochloropsis*

Tür: *Nannochloropsis oculata* (Droop)

Bir alg türünün besin değeri o alg türünün hücre büyüklüğüne, sindirilebilirliğine, toksik madde üretimine ve biyokimyasal kompozisyonuna bağlıdır. Denizel organizmaların yetiştiriciliğinde kullanılan alg türlerinin besin kompozisyonunun değerlendirilmesinde içerdikleri yüksek doymamış yağ asitleri (HUFA veya PUFA) özellikle eikosapentaenoik asit (20:5 ω -3, EPA), araşidik asit (20:4 ω -6, ARA) ve dokosaheksaenoik asit (22:6 ω -3, DHA) büyük öneme sahiptir. *N. oculata* ise içerdği yüksek miktarda EPA bakımından hem akuakültürde hem de biyoteknolojik olarak ayrı bir öneme sahiptir.

Tüm dünyayı etkileyen küresel iklim değişikliğinin etkileri son yıllarda ülkemizde de kendisini iyice hissettirmeye başlamıştır. Sera gazları olarak adlandırılan gazlardan karbon dioksit (CO₂) küresel ısınmanın en önemli sebeplerinden biri olup, mikroalgler CO₂'i fotosentez ile etkin bir şekilde biyokütle üretiminde kullanan canlılardır. Bu nedenle mikroalgler bilim insanları tarafından atmosferde CO₂ birikiminin önlenmesinde umut verici organizmalar olarak görülmektedir. Özellikle verimli tarım arazilerine gereksinim duymaması, tuzlu sularda da üretilmesi ve birim alanda 10-100 kat daha fazla yağ ürünü verme potansiyeline sahip olması nedeniyle (Chisti, 2007) biyo-yakıt üretiminde de geleneksel tarım ürünlerine karşı avantajlı durumdadır ve bu konuda dünyada pek çok çalışma ve proje yürütülmektedir. Ayrıca, mikroalglerin biyo-yağ, dolayısıyla biyo-dizel üretiminde kullanımı da yenilenebilir yakıt üretiminde gündemdeki konular arasındadır (Chisti, 2007; Huang ve ark., 2010) ve tüm bu gelişmeler mikroalgere olan ilgiyi daha da artırmıştır.

Genel olarak mikroalglerin üretim maliyeti diğer karasal ürünlere nazaran daha yüksektir. Mikroalglerden üretilen ürünlerin çok daha geniş bir alanda kullanım bulması bakımından üretim maliyetlerinin düşürülmesi gereklidir. Toplam mikroalg üretim maliyetinin yaklaşık % 20-30'u sadece hasat aşamasında oluşmaktadır. Hasat işlemine, arzu edilen metabolitin alg hücresinden ekstraktı da dahil edildiğinde bu rakam toplam üretim maliyetinin yarısına ulaşabilmektedir (Molina-Grima ve ark., 2003). Bu nedenle mikroalg üretiminde hasat konusu ayrı bir öneme sahip olup, bu konuda çalışmaların gerçekleştirilmesi önemlidir. Mikroalg hücreleri büyüme ortamında 0,5-1,0 g L⁻¹ gibi yoğun olmayan bir formdadır. Dolayısıyla, böylesine düşük yoğunluklu bir kültürden mikroskobik düzeydeki alg hücrelerinin ayrıştırılması üretim maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

Mikroalg üretiminde birim alandan çok daha yüksek ürün alınabilmesine rağmen, benzer metabolitlerin üretimi bakımından ele alındığında mikroalglerin üretim maliyetinin karasal bitkilere nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ise mikroalglerin çok daha geniş bir alanda kullanılabilmesinin önünde en büyük engeldir. Mikroalglerin üretim maliyetini düşürmek amacıyla farklı kümeleştirme yöntemlerinin etkinliği üzerine çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Hücrelerin kültürden ayrıştırılması amacıyla kullanılan yöntemler; santrifüj, kümeleştirme (flokülasyon), filtrasyon, çöktürme ve yüzdürme şeklinde sıralanabilir (Uduman ve ark., 2010). Ticari mikroalg üretiminde piyasa değeri yüksek metabolitlerin üretiminde en çok kullanılan yöntem santrifüj olmasına rağmen, beraberinde ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, her tür için uygun olmaması ve elektrik sarfiyatının yüksek olması gibi dezavantajlara da sahiptir. Hiçbir ek işlem yapmadan gerçekleştirilen çöktürme işleminde ise sürenin uzun olması kullanımını sınırlamaktadır (Uduman ve ark., 2010). Filtrasyon işleminde ise ucuz olmasına rağmen istenen verimliliklere ulaşılamamakta, filtreler kolaylıkla tıkanmakta ve periyodik olarak filtrelerin değiştirilmesi gerekmektedir (Greenwell ve ark., 2009).

Özellikle son yıllarda atık suların arıtımında da sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri kümeleştirmedir. Bu yöntem, mikroalglerin büyüme ortamından giderilmesi konusunda en ucuz ve etkin alternatif yöntemlerden birisi haline gelmiştir. Kümeleştirme işlemi farklı şekillerde gerçekleştirilebilmektedir. Mikroalgler bakımından ele alındığında; kimyasal kümeleştirme, pH değişikliği, elektrikle kümeleştirme ve ultrasonik kümeleştirme ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Alabi ve ark., 2009).

Kümeleştirme işleminde inorganik kimyasalların veya polielektrolitlerin kullanımı gerekmektedir. İnorganik kimyasallardan sıklıkla kullanılan kümeleştiriciler $Al_2(SO_4)_3$ (alüminyum sülfat), $Fe_2(SO_4)_3$ (Ferrik sülfat), $FeCl_3$ (Ferrik klorid) ve $Ca(OH)_2$ (kalsiyum hidroksit)'tir. Prensip olarak metal iyonları mikroalg hücrelerinin yüzeysel negatif yüklerini düşürerek veya nötr hale getirerek küme oluşumunu sağlar. Kümeleştirme amacıyla yüksek miktarda kümeleştirici gerektiği için yüksek maliyetli bir yöntemdir. Ayrıca, hasat edilen biyokütlede bulunan metal iyonları da daha sonraki aşamada hücrelerin yem katkı maddesi, akuakültür gibi farklı amaçlarla kullanımında problem teşkil etmektedir (Benemann ve Oswald, 1996). Polielektrolitler ise yüksek derecede yüklü organik makromoleküllerdir. Polielektrolitler de inorganik çöktürücüler ile benzer şekilde işleve sahiptir. Mikroalg hücreleri arasında çok daha kuvvetli bir bağ oluşturma ve daha düşük düzeylerde kullanım gibi avantajları da bulunmaktadır (Benemann ve Oswald, 1996; Sheehan ve ark., 1998). Ayrıca insan sağlığına zararlı olmaması da bir diğer avantajıdır.

Fakat polielektrolitlerin deniz suyunda çöktürme özellikleri, yüksek iyon konsantrasyonundan dolayı düşmektedir (Bilanovic ve ark., 1988). Vandamme ve ark., (2009)'nin çalışmasında *Phaeodactylum* sp. ve *Nannochloropsis* sp. gibi denizel türlerin katyonik polielektrolitler ile çökeltmesinde başarılı olunamadığı belirtilmiştir. Fakat bu işlem diğer bir kümeleştirme türü olan pH değişikliğiyle kombine uygulandığında (> pH 10) *Chaetoceros calcitrans* türünün % 90'ın üzerinde bir verimlilikte ortamdan giderildiği görülmektedir (Harith ve ark., 2009). Benzer şekilde Knuckey ve ark., (2006) de polielektrolit ve pH kombinasyonunun % 80'in üzerinde bir ortamdan giderme verimliliğiyle denizel türler olan *Chaetoceros calcitrans*, *C. muelleri*, *Thalassiosira pseudonana*, *Attheya septentrionalis*, *Skeletonema* sp., *Tetraselmis suecica* ve *Rhodomonas salina* taksonlarında başarılı sonuç elde etmiştir.

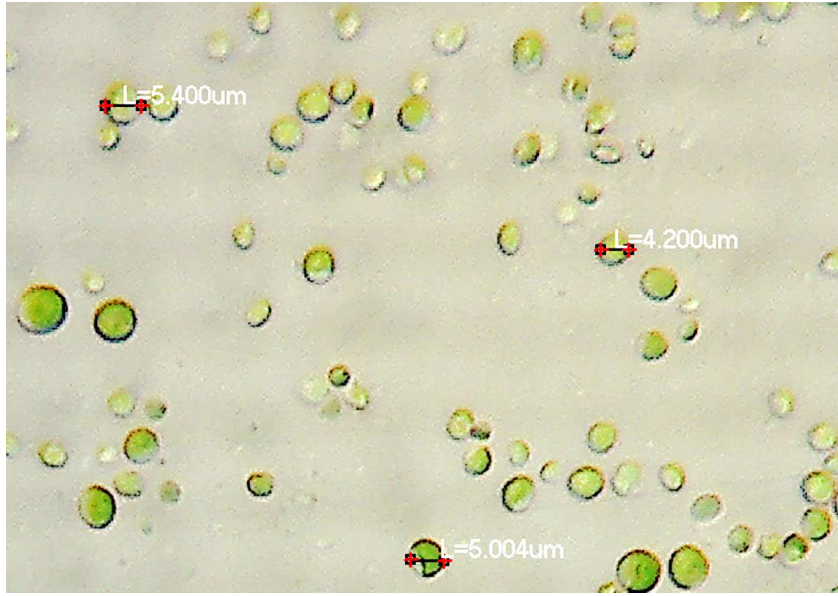
Diğer bir adı da otoflokülasyon olan pH bazlı kümeleştirme işleminde, özellikle ortama CO₂ girişi yapılmadığında kültür pH'ı otomatik olarak fotosentez sonucu artacak ve hücreler kümeleşerek çökecektir. Maliyetsiz bir işlem olması ve toksik özelliğinin olmaması bu işlemi cazip kılmaktadır. Çökme özelliği ise türden türe farklılık göstermektedir. Bu farklılığın meydana gelmesinde hücre duvarının kompozisyonu ve özelliği, hücre dışı ürünlerin özelliği, hücrenin yaşı ve kültürde kullanılan elektrolitler önemli rol oynamaktadır (Lee ve ark., 1998). Sadece yüksek pH değerleri değil, düşük pH değerleri de hücrelerin kümeleşmesine neden olabilmektedir (Adir ve ark., 2003). Bu işlemde benzer sonuçlar, pH'ı artırmak için ortama NaOH veya düşürmek için HCl ilavesiyle de elde edilebilmektedir.

Kirleticilerin atık sulardan uzaklaştırılmasında kullanılan alternatif ve yeni bir yöntem olan elektroflokülasyon, bir elektrik alanında elektrik yüklü parçacıkların yüklerini azaltmak veya nötr hale getirmek suretiyle hücrelerin kümeleşmesi ve çökmesi işlemidir. Mikroalglerin hasadında kullanılabilen bir yöntemdir. Mikroalg hücreleri negatif yüzey yüküne sahip olması nedeniyle anoda doğru hareket ederler ve yüklerini kaybederek kümeleşirler. Düşük maliyetli oluşu, toksik olmaması ve yüksek verimlilikte çalışması gibi nedenlerle üzerinde çalışılması gereken bir yöntemdir. Özellikle kümeleşmenin oluşabilmesi için gerekli optimum voltaj, süre ve polimerlerle beraber kullanımı konularının mikroalgler için tespit edilmesi gerekmektedir (Alabi ve ark., 2009).

Ultrasonik kümeleştirme de mikroalglerin kümeleştirilmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Bosma ve ark. (2003) *Monodus subterraneus* ile gerçekleştirdikleri çalışmada % 92 oranında yüksek bir hasat verimliliğine ulaşmışlardır. Fakat aynı zamanda yüksek bir enerji sarfiyatının olduğunu da belirtmişlerdir. Bu nedenle kültürün doğrudan değil de ön yoğunlaştırma işleminden geçirildikten sonra ultrasonik işleme maruz bırakılması daha uygun olacaktır. Ayrıca, mikroalglerden yağ üretilip biyo-yakıt üretimi üzerine faaliyet gösteren OriginOil firması, hücrelerin büyüme ortamından ayrılmasına gerek duymadan doğrudan yağ elde edilmesini sağlayan bir prosedür gerçekleştirmiş olup (<http://www.originoil.com/technology/low-cost-oil-extraction.html>), sadece pH değişimi ve manyetik alan yaratarak kültürü ultrasonik işleme maruz bırakmaktadır. Sonuç olarak, yağ ürünü başka bir işleme gerek duyulmadan doğrudan kültür içinden hasat edilmektedir. Dolayısıyla yağ üretimi amacıyla mikroalglerin ekonomik bir şekilde üretimi için ultrasonik uygulama da üzerinde çalışılması gereken bir konu olarak görülmektedir.

BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez kapsamında çalışma materyali olarak *Nannochloropsis oculata* türü (Şekil 3.1) kullanılmıştır (National Center for Mariculture, İsrail). Deneme altı bölümde gerçekleştirilmiştir. Denemenin ilk bölümünde *N. oculata*'nın farklı tuzluluklarda büyüme özellikleri incelenmiştir. İkinci bölümde kümeleştirme çalışmaları başlamış ve pH'ın kümeleşme üzerine etkileri araştırılmıştır. Üçüncü bölümde türe polielektrolit, dördüncü bölümde elektro-flokülasyon uygulanmış, beşinci bölümde ise ultrasonik yöntemler denenmiştir. Son bölümde ise krema makinasının hasat etme verimliliği araştırılmıştır.



Şekil 3.1. *Nannochloropsis oculata* (Özgür ULUDÜZ)

3.1. Deneme Koşulları

Nannochloropsis oculata saf kültürleri, tüplerden hacim artırma yöntemiyle 1 L hacimli cam şişelere aşılanmıştır. Her bir deneme kabına eşit havalandırma yapılarak kültürün karışımı sağlanmıştır. Kültürler 36 watt gücünde gün ışığı floresan lambalar ile $100 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{sn}^{-1}$ lik sürekli ışık ile aydınlatıldı. Kültür sıcaklığı $25,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit tutulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Deneme grubunun genel bir görünümü

Denemelerde yapay deniz suyu (ASW) ortamı kullanılmıştır. Çizelge 3.1’de belirtilen kimyasal maddelerin her biri 500 mililitreye tamamlanmış ve kültürün her litresi için 10 mL kullanılmıştır. A5 iz element stok solüsyonu ise belirtilen oranlarda 500 mL’ye tamamlanmış ve kültürün her litresi için 1 mL kullanılmıştır. Stok çözeltiler direkt ışıktan korunarak buzdolabında saklanmıştır. Çalışma çözeltisi ise otoklavda steril edilmiş ve direkt ışıktan korunarak saklanmıştır.

Çizelge 3.1. ASW büyüme ortamı

STOK ASW	gr/500mL
MgSO ₄	50
MgCl ₂	50
CaCl ₂	75
KNO ₃	50
NaHCO ₃	2
KH ₂ PO ₄	3,5

A5	gr/500mL
H ₃ BO ₃	1,43
MnCl ₂ -4H ₂ O	0,905
ZnSO ₄ -7H ₂ O	0,111
NaMoO ₄ -2H ₂ O	0,195
CuSO ₄ -5H ₂ O	0,0395
Co(NO ₃) ₂ -6H ₂ O	0,0247

Denemede kullanılacak cam kaplar asitle temizlenmiştir. Daha sonra istenilen tuzluluk değerlerine ayarlanmış yapay deniz suyu ile doldurulmuştur. Kapların ağız kısmı pamuk ile kapatıldıktan sonra otoklavda 121°C’da 1,5 atm basınç altında 15 dakika süre ile steril edilmiştir.

Kültürlerde hücre sayımı Geliştirilmiş tip Neubauer sayım kamarası (hemasitometre) kullanılarak yapılmıştır (Guillard 1978, Schoen 1988). Her bir sayım en az 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Hücrelerde oluşan zararı tespit etmek için Evan’s Blue solüsyonu hazırlanmıştır. Bu amaçla, %1’lik stok solüsyon hazırlamak için 100 ml saf suya 1 gram Evan’s Blue ilave edilmiştir. İncelenecek örneğin 20 mL’sine 1 mL stok Evan’s Blue ilave edildikten sonra yarım saat beklenmiştir. Daha sonra hücreler mikroskopta incelenerek ve mavi hücreler zarar görmüş kabul edilerek sağlam hücrelerin oranı % şeklinde bulunmuştur. Bu sayım işlemi en az 10 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Kültürlerdeki spesifik büyüme hızı (μ) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$\mu \text{ (bölünme gün}^{-1}\text{)} = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1}$$

Formülde X_2 ve X_1 , sırasıyla t_2 ve t_1 zamanlarındaki biyomas konsantrasyonlarını belirtir (Vonshak, 1997).

3.2. Tuzluluk Denemesi

N. oculata türünün farklı tuzluluklarda büyümesini karşılaştırmak amacıyla 540nm ve 680nm değerlerinde %5, %10, %15, %20 ve %25 olmak üzere 5 farklı tuzluluk denenmiştir.

3.3. pH Yöntemi

Yapılan çalışmada sadece yüksek pH değerleri değil, düşük pH değerleri de denenmiştir. pH değerini arttırmak için ortama NaOH ve düşürmek için HCl ilavesi yapılmıştır. 1 N'lik NaOH için 100 mL saf suya 4 gr NaOH, 1N'lik HCl için 100 ml saf suya 10 mL HCl ilave edilmiştir. Deneme yapılacak her bir grup için ilk önce hücre sayımları alınmıştır. Farklı tuzluluk gruplarından 100'er mL örnek alınmış, istenen pH değeri asit veya baz ilavesi yapılarak manyetik karıştırıcıda ortalama bir dakika karıştırılarak, hemen ardından çökme hızı tespit edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. pH denemesinden bir görüntü

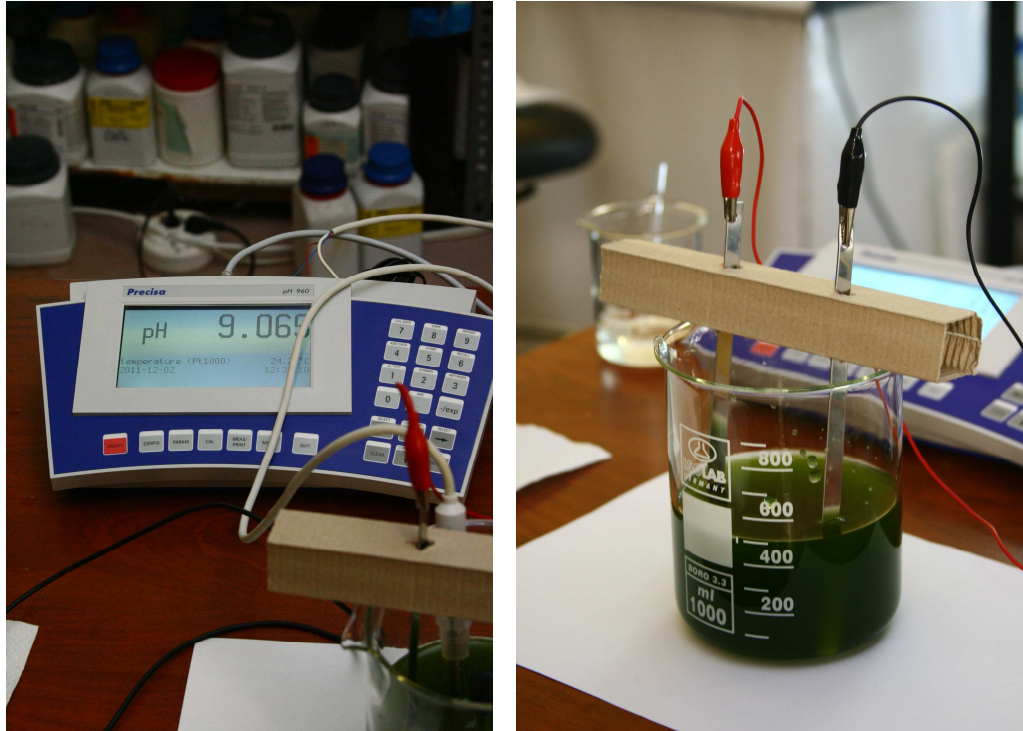
Hücreler çöktükten sonra tekrar manyetik karıştırıcı ile karıştırılıp çökmesini beklemeden alınan 10 ml örneğe, zarar gören hücrelerin tespiti için 0,5 ml Evan's blue ilave edilmiştir. Daha sonra mikroskopta hücre sayımı gerçekleştirilip zarar gören hücre sayısı tespit edilmiştir.

3.4. Polielektrolit Yöntemi

Yapılan çalışmada Anyonik ve Katyonik olmak üzere iki çeşit polielektrolit kullanılmıştır. Stok solüsyon için 1 lt saf suya 1g/L olacak şekilde hazırlanmıştır. Her bir grup için (100 mL örnek) 0,1 / 0,5 / 1 / 2 / 5 / 10 ve 20 g/L olarak stoktan ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıda yüksek devirde (200 rpm) 2 dakika ve düşük devirde (50 rpm) 2 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra hücre çökmesi gözlemlenmiş ve zarar gören hücre tespiti Evan's blue eklenerek mikroskopta gerçekleştirilmiştir.

3.5. Elektroflokülasyon

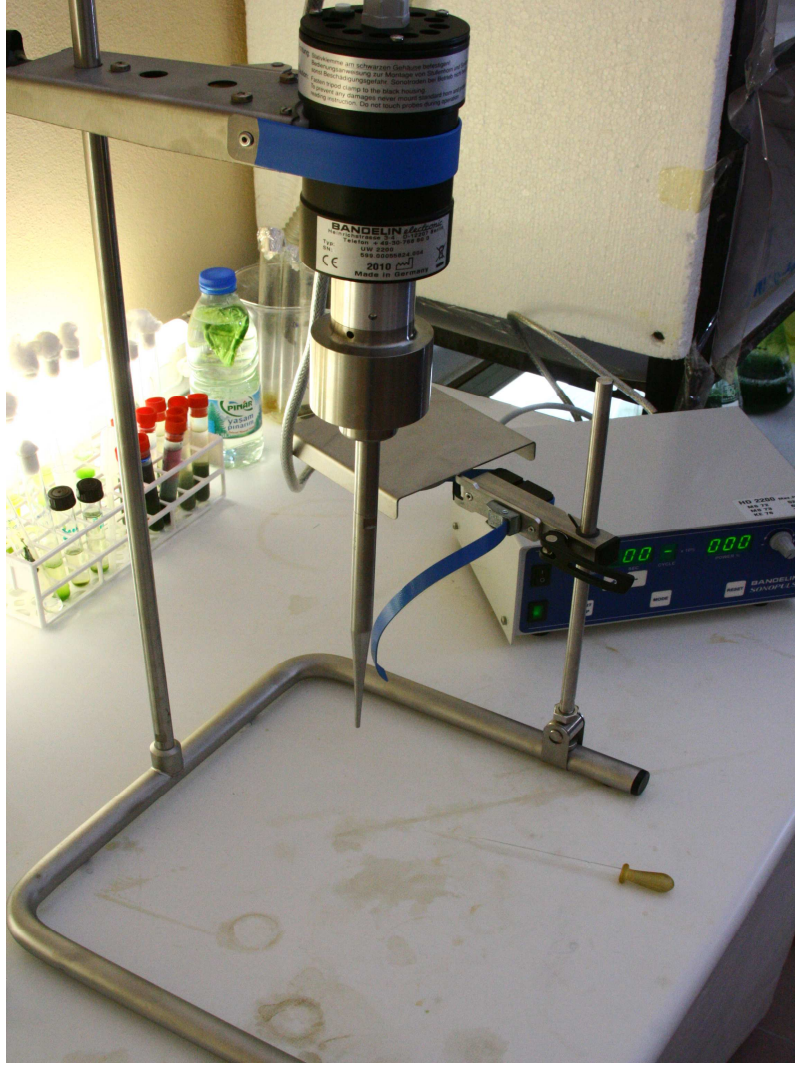
Bu yöntemde farklı yüzey alanlarına sahip krom elektrotlar kullanılmıştır. Yüzey genişliği 0,5, 1, 2 ve 5 cm olan bir çift (anot ve katot) elektrot ile %25 tuzluluktaki ve 500 mL hacmindeki kültürlerde ısı ve pH değişimleri anlık olarak kaydedilmiştir. Doğru akım uygulanarak elektrotların toplam yüzey alanı, voltaj, anot ve katot arasındaki mesafe değerleri denenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Elektroflokülasyon denemesinden bir görüntü

3.6. Ultrasonik Flokülasyon

Yapılan çalışmada farklı enerji düzeylerinde güç uygulanarak, mikroalglerin kümeleştirilmesi denenmiştir. Her bir düzeyde denemeler yapılmış ve hücre zararı tespiti Evan's blue kullanılarak mikroskop yardımı ile incelenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Ultrasonik flokülasyon denemesinden bir görüntü

3.7. Santrifüj

Hücrelerin santrifüj işlemine tabi tutularak büyüme ortamından ayrılması da çalışılmıştır. Bu amaçla krema makinesi olarak kullanılan 140 L/saat kapasitede ve yaklaşık 9000 rpm hızda dönen bir seperatör kullanılmıştır (Şekil 3.6).



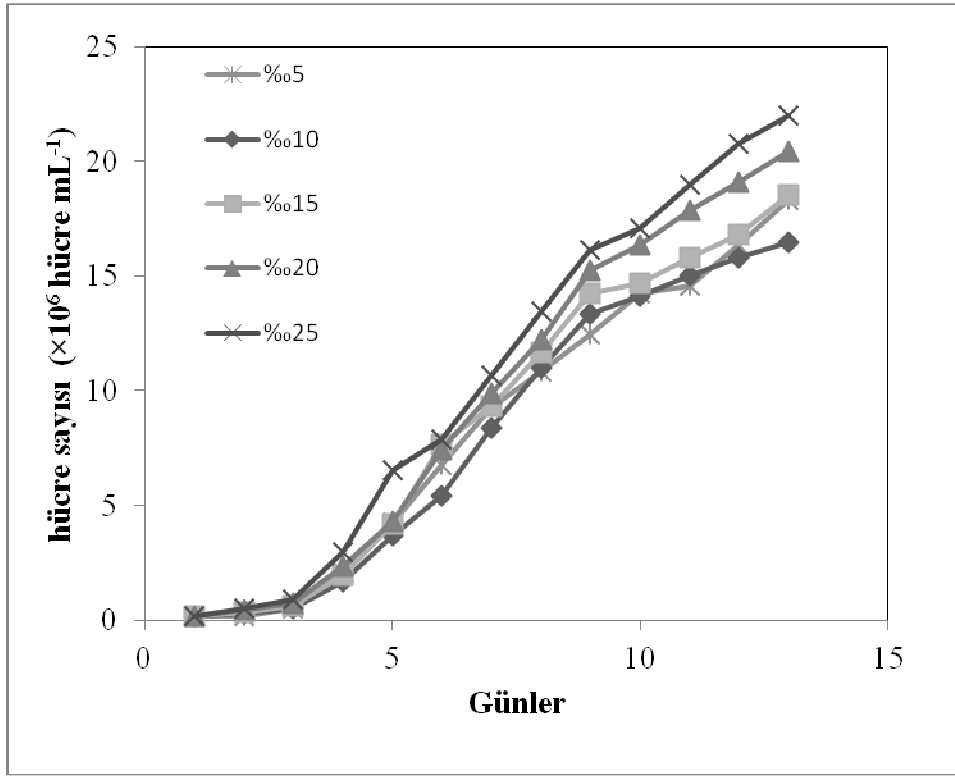
Şekil 3.6. Denemede kullanılan krema makinası

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. *Nannochloropsis oculata*'nın Farklı Tuzluluklarda Büyümesi

Deneme süresince %5-25 arasındaki 5 farklı tuzluluk derişiminde *Nannochloropsis oculata* türüne ait ortalama hücre sayıları Şekil 4.1'de verilmiştir. Hücre sayılarının genel olarak kültür ortamının tuzluluğu ile ters orantılı olduğu görülmüştür. Deneme süresince *Nannochloropsis oculata* türünde hücre sayısının en yüksek değeri 22×10^6 adet/ml olarak 12. günde %25 tuzluluk derişimindeki kültürlerde belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Farklı tuzluluk oranlarına sahip *Nannochloropsis oculata*'nın günlere bağlı hücre sayısı değışimleri

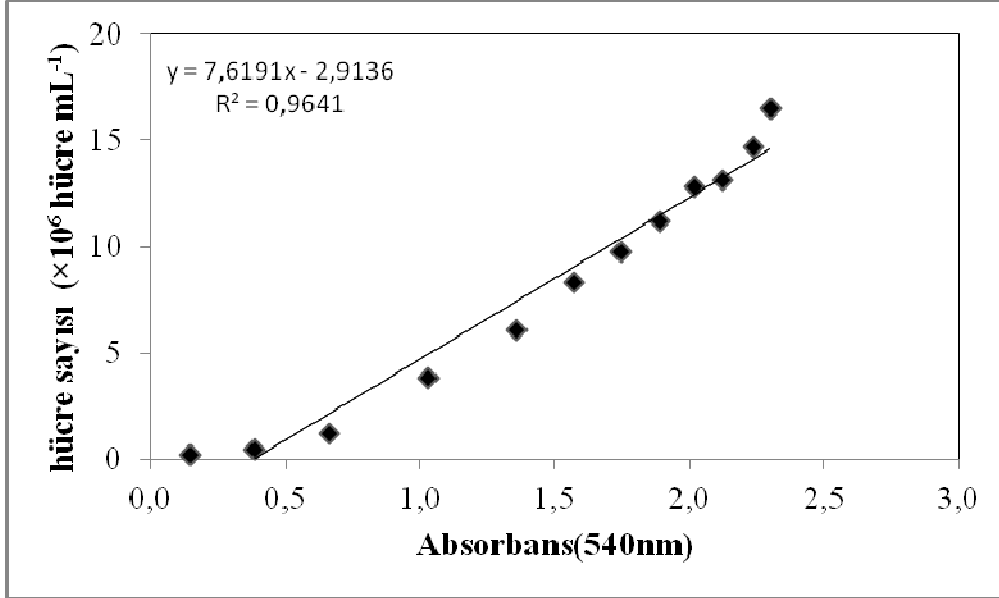
Çizelge 4.1. Farklı tuzluluk değerlerindeki *Nannochloropsis oculata*'nın 540nm değerindeki absorbans ve ışık geçirgenliği (T) değerleri.

540nm										
	%5		%10		%15		%20		%25	
	%T	Abs	%T	Abs	%T	Abs	%T	Abs	%T	Abs
07.08.2011	82,16	0,0853	82,16	0,0853	82,16	0,0853	82,16	0,0853	82,16	0,0853
08.08.2011	71,10	0,1481	74,30	0,1290	72,80	0,1379	71,48	0,1458	66,85	0,1749
09.08.2011	41,44	0,3836	47,44	0,3139	45,92	0,3380	43,88	0,3574	39,93	0,3992
10.08.2011	21,64	0,6647	25,01	0,6019	24,82	0,6052	20,64	0,6853	17,58	0,7550
11.08.2011	9,34	1,0297	10,17	0,9940	13,19	0,8811	14,46	0,8398	6,87	1,1649
12.08.2011	4,35	1,3615	4,99	1,3019	5,82	1,2358	5,34	1,2757	4,05	1,3936
13.08.2011	2,68	1,5719	2,94	1,5317	3,23	1,4908	2,96	1,5287	2,51	1,6003
14.08.2011	1,79	1,7471	1,94	1,7144	2,19	1,6596	1,96	1,7007	1,73	1,7620
15.08.2011	1,31	1,8894	1,38	1,8601	1,57	1,8041	1,43	1,8447	1,29	1,8962
16.08.2011	0,96	2,0177	1,00	2,0000	1,14	1,9431	0,98	2,0088	0,93	2,0315
17.08.2011	0,75	2,1249	0,78	2,1079	0,94	2,0269	0,81	2,0915	0,82	2,0915
18.08.2011	0,58	2,2366	0,62	2,2076	0,77	2,1135	0,65	2,1871	0,67	2,1739
19.08.2011	0,50	2,3010	0,52	2,2840	0,67	2,1739	0,55	2,2596	0,57	2,2441

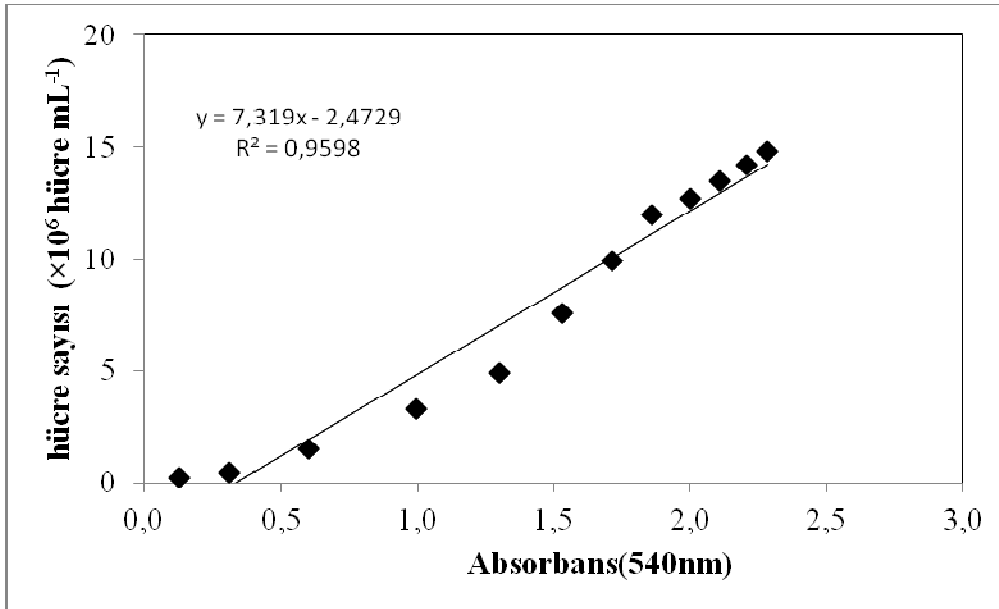
Çizelge 4.2. Farklı tuzluluk değerlerindeki *Nannochloropsis oculata*'nın 680nm değerindeki absorbans değerleri

680nm										
	%5		%10		%15		%20		%25	
	%T	Abs	%T	Abs	%T	Abs	%T	Abs	%T	Abs
07.08.2011	82,10	0,0875	82,10	0,0875	82,10	0,0875	82,10	0,0875	82,10	0,0875
08.08.2011	70,16	0,1544	72,75	0,1382	71,11	0,1481	69,66	0,1970	65,65	0,1820
09.08.2011	42,64	0,3695	49,31	0,3071	47,33	0,3194	45,87	0,3385	41,91	0,3777
10.08.2011	20,46	0,6891	24,62	0,6087	24,23	0,6156	20,28	0,6944	16,33	0,7870
11.08.2011	6,76	1,1701	7,98	1,0980	11,32	0,9458	12,42	0,9059	4,57	1,3391
12.08.2011	1,87	1,7305	2,42	1,6162	3,32	1,4789	2,83	1,5482	1,67	1,7773
13.08.2011	0,60	2,2218	0,75	2,1308	1,04	1,9914	0,85	2,0706	0,59	2,2291
14.08.2011	0,23	2,6383	0,29	2,5376	0,41	2,3872	0,32	2,5086	0,23	2,6383
15.08.2011	0,12	2,9386	0,11	2,9586	0,19	2,7212	0,13	2,8861	0,10	3,0000
16.08.2011	0,04	3,3979	0,06	3,2010	0,07	3,1549	0,04	3,3979	0,04	3,3979
17.08.2011	0,02	3,6990	0,02	3,6990	0,05	3,3010	0,03	3,5229	0,03	3,5229
18.08.2011	0,01	4,0000	0,01	4,0000	0,03	3,5229	0,02	3,6990	0,02	3,6990
19.08.2011	0,01	4,0000	0,01	4,0000	0,02	3,6990	0,01	4,0000	0,01	4,0000

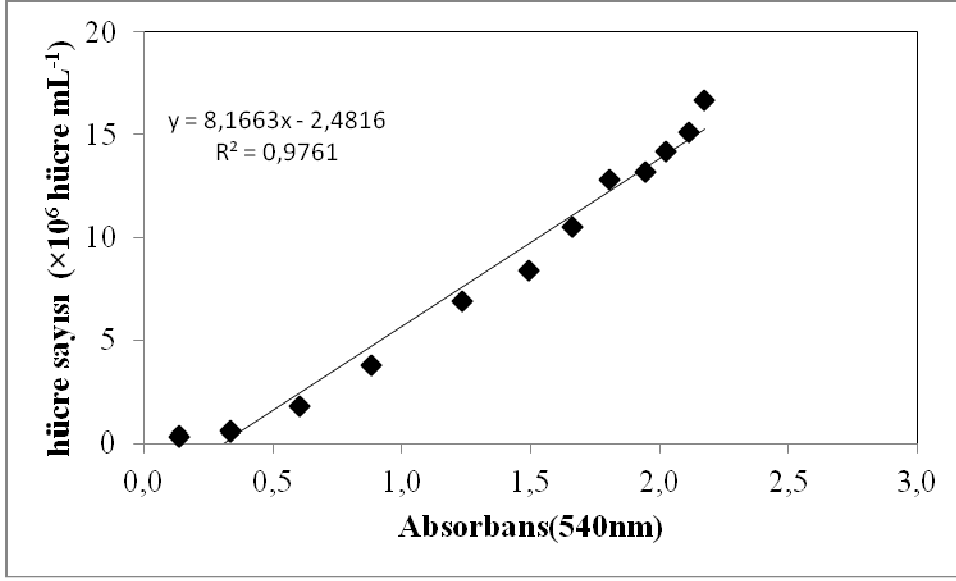
Her gün aynı saatte alınan eşit miktardaki örneklerle ilk olarak absorbans değerleri ve ışık geçirgenlik oranları her bir tuzluluk değeri için ayrı ayrı incelenmiştir. Spektrofotometre kullanılarak 2 farklı dalga boyunda (540nm ve 680nm) ölçülen absorbans değerleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir. (Şekil 4.2-4.11)



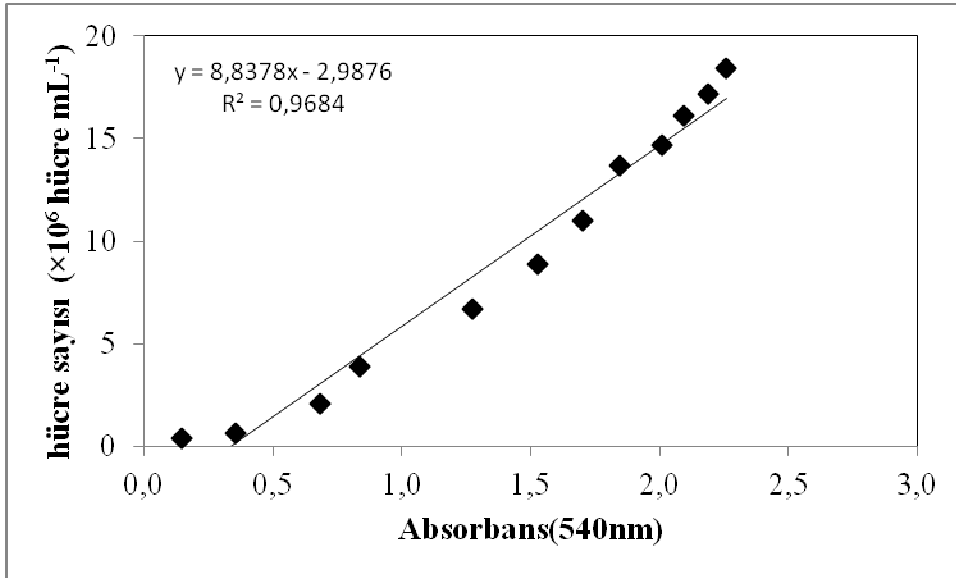
Şekil 4.2. *Nannochloropsis oculata*'da %5 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki



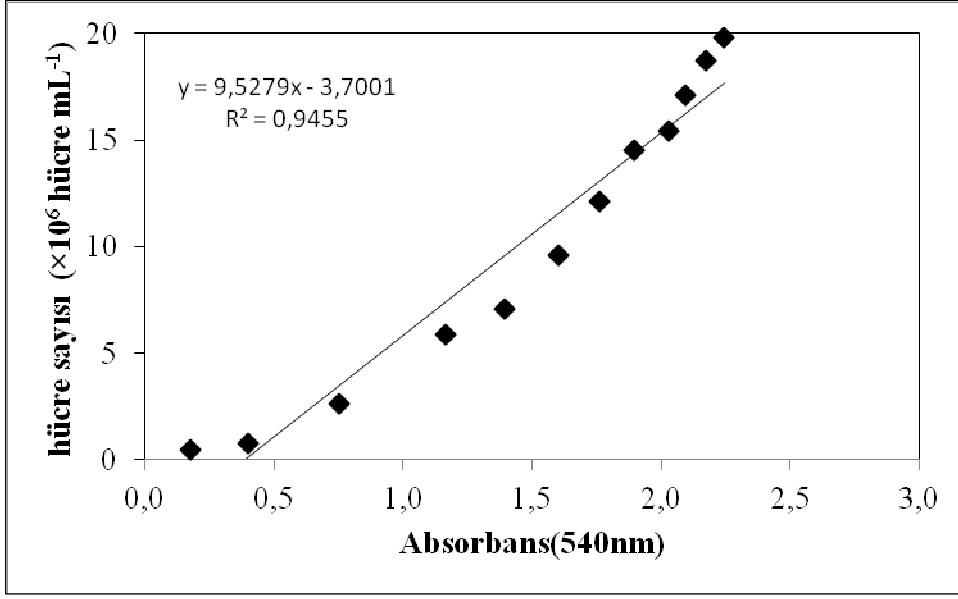
Şekil 4.3 *Nannochloropsis oculata*'da %10 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki



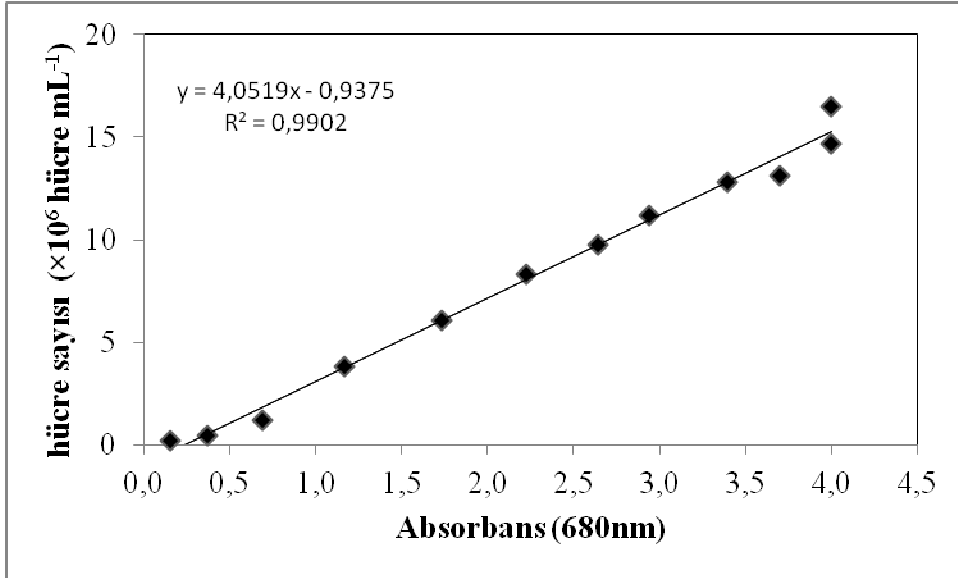
Şekil 4.4. *Nannochloropsis oculata*'da %15 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki



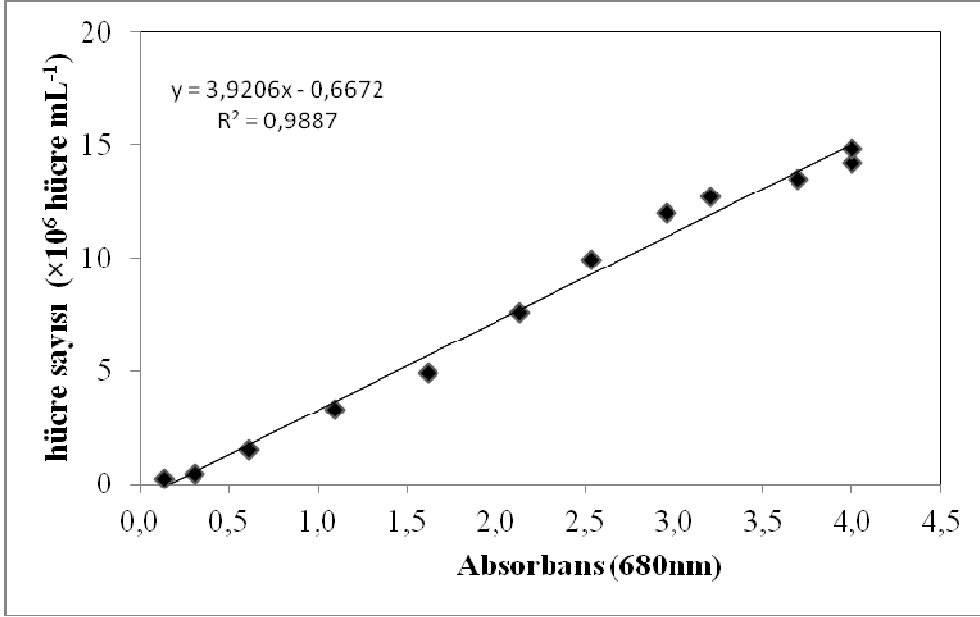
Şekil 4.5. *Nannochloropsis oculata*'da %20 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki



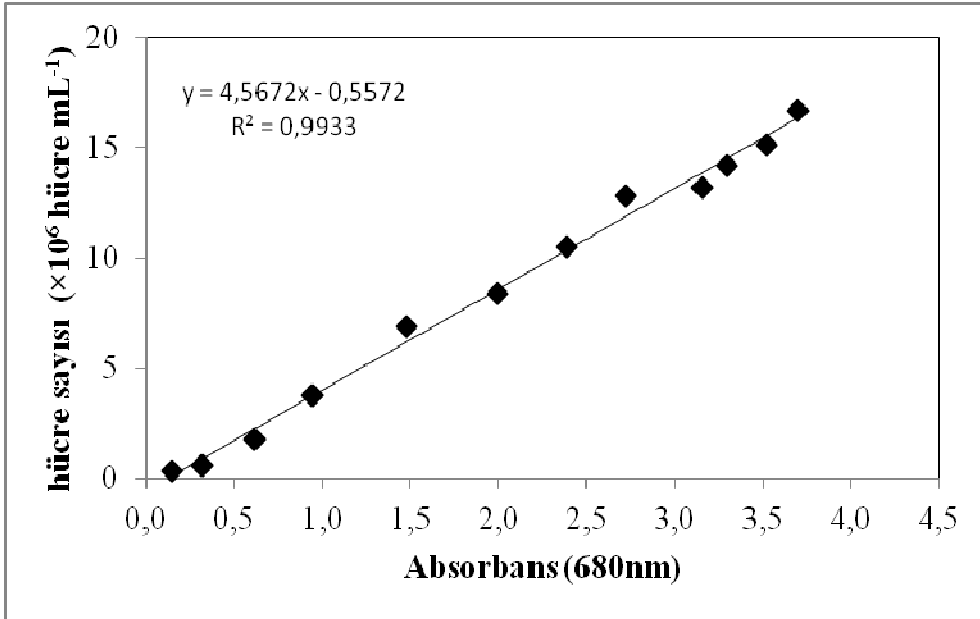
Şekil 4.6. *Nannochloropsis oculata*'da %25 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki



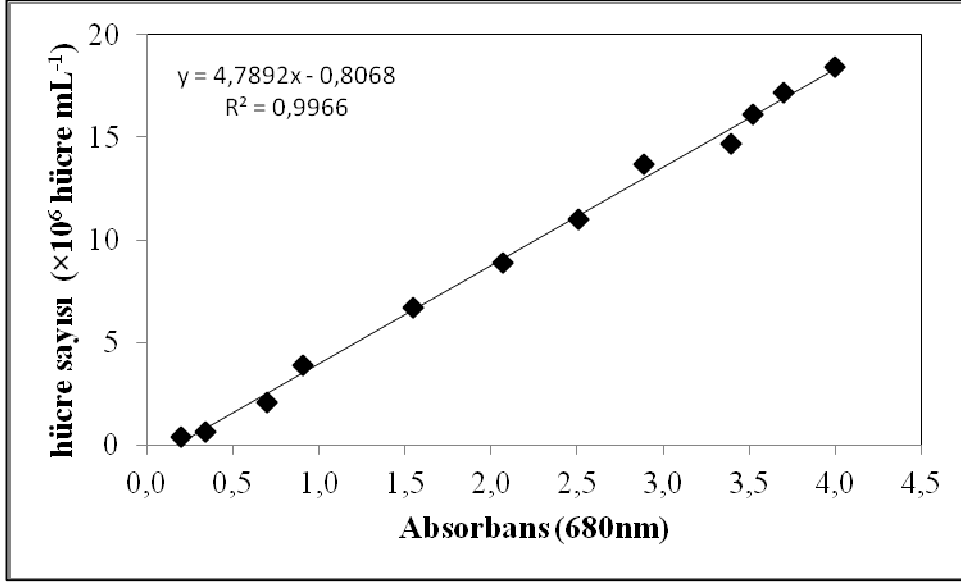
Şekil 4.7. *Nannochloropsis oculata*'da %5 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki



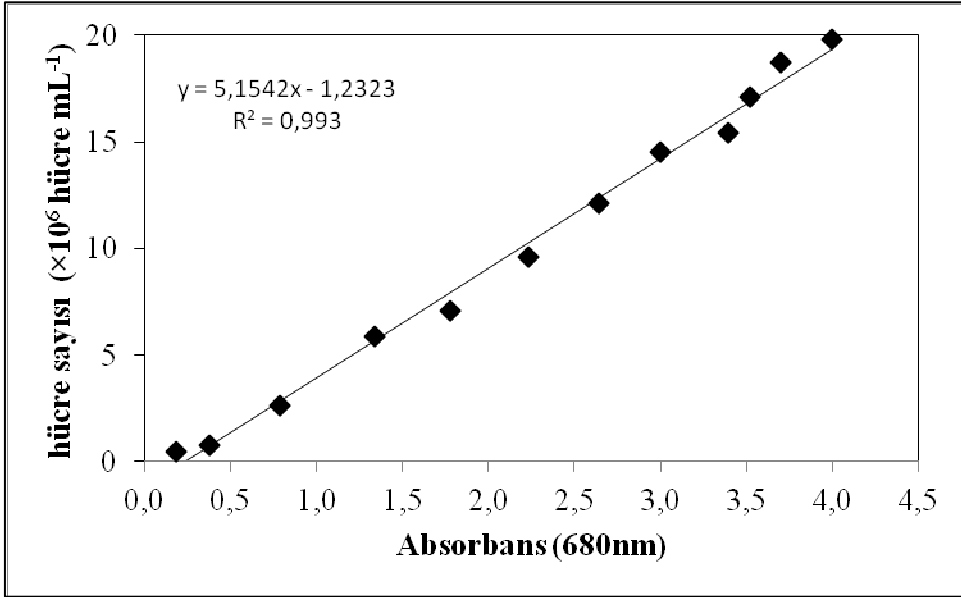
Şekil 4.8. *Nannochloropsis oculata*'da %10 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki



Şekil 4.9. *Nannochloropsis oculata*'da %15 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki



Şekil 4.10. *Nannochloropsis oculata*'da %20 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki



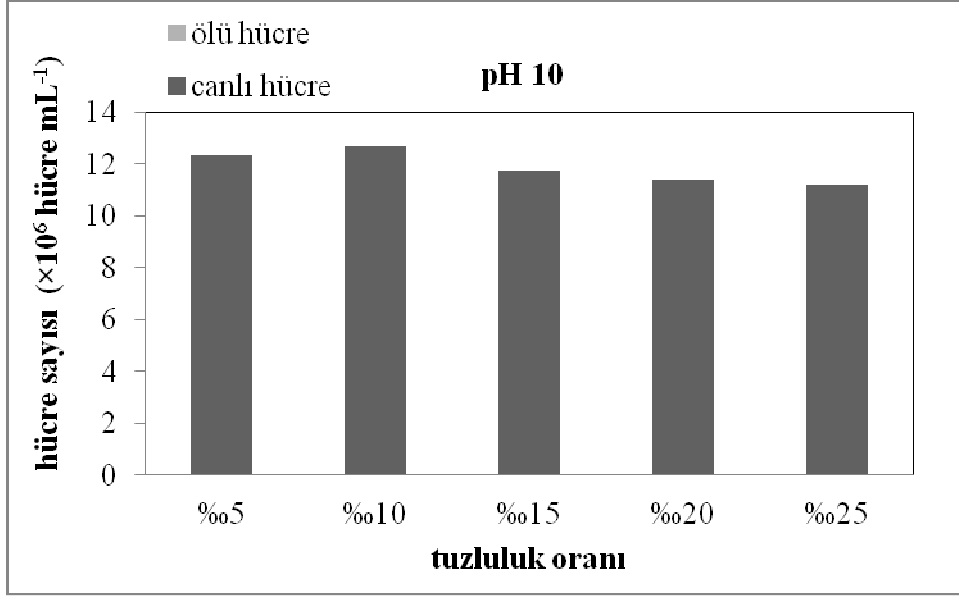
Şekil 4.11. *Nannochloropsis oculata*'da %25 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki

%5-25 arasındaki 5 farklı tuzluluğun denendiği *Nannochloropsis oculata* kültürlerinde hücre sayılarının tüm tuzluluk değerlerinde 7. güne kadar birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Deneme sonunda ise artan tuzluluk değeri ile hücre sayılarının da arttığı görülmüştür. Bu bulgular Pal ve ark., (2011)'nin çalışması ile uyum göstermektedir. Pal ve ark. (2011). ASW büyüme ortamında gerçekleştirdikleri çalışmada, 170 ve 700 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{sn}^{-1}$ 'lik iki farklı ışık şiddetinde %13, %27 ve %40'luk tuzluluklarda *Nannochloropsis sp.*'nin büyümesini 7 gün boyunca incelemişler ve denemenin sonunda, gerek klorofil gerekse kuru ağırlık miktarı bakımından %13 ve %27 tuzluluk arasında önemli bir fark olmadığını göstermişlerdir. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da 8. güne kadar hücre sayılarının birbirine çok yakın olduğu fakat 8. günden sonra artan tuzluluk ile hücre sayısının da arttığı görülmektedir. Bu durumun *Nannochloropsis sp.*'nin euryhalin bir tür olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çok geniş tuzluluk aralığında kültür edilmesi ise bir avantaj olarak düşünülürse, türün içermiş olduğu zengin yağ asidi içeriği nedeniyle farklı amaçlarla çok farklı ortamlarda yetiştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Endüstriyel uygulamalarda hücre yoğunluğunun belirlenmesinde absorbans ölçümü hızlı ve maliyetsiz bir yöntemdir. Bu nedenle, hücre yoğunlukları farklı iki dalgaboyunda ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Rocha ve ark. (2003)'nin çalışmasında *Nannochloropsis gaditana* türünün kültüründe 540 nm dalgaboyu ölçülmüştür. Fakat yaptığımız çalışmada görülmüştür ki 540 nm'den ziyade 680 nm dalgaboyunda ölçülen absorbans değerlerinin hücre yoğunluğu ile daha yüksek korelasyona sahip olmuştur. Bu nedenle daha sonra yapılan çalışmalarda 680 nm'de absorbans ölçümleri biyokütle tahmininde başarılı bir şekilde kullanılabilir.

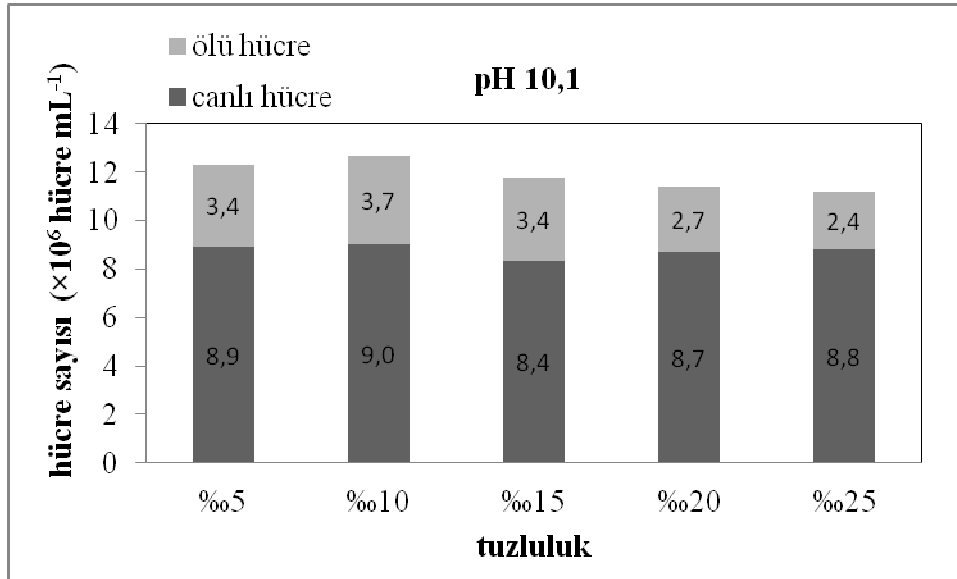
4.2. pH

Gerçekleştirilen çalışmada 3-11 aralığındaki hem bazik hem de asidik pH değerleri denemeye alınmıştır. Her bir tuzluluk değeri için hücre sayıları yapılarak ilk önce pH değerini düşürmek için ortama HCl ilavesi yapılarak pH değeri 3'e düşürülmüştür. Daha sonra ise 5, 7 ve 9 değerleri denenerek hücrelerde çökme olup olmadığına bakılmış ve zarar gören hücre sayısı tespiti Evan's blue kullanılarak mikroskopta incelenmiştir. İlk yapılan çalışmalarda düşük pH değerlerinde hücrelerde hiçbir zarar tespit edilmemiş ve herhangi bir şekilde kümeleşme gerçekleşmemiştir. Çalışmanın devamında pH değeri NaOH yardımı ile yükseltilmiş, özellikle 10 ve 11 değerleri arasında gözle görülür bir kümeleşme olduğu tespit edilmiştir. Çalışılan değer aralığı küçültülerek 10,0, 10,1, 10,2, 10,3, 10,4 ve 10,5 değerleri incelenmiştir. 10,5 değerinden sonra hücrelerde büyük oranlarda kayıp olması nedeniyle daha büyük değerler incelenmemiştir. 10,0-10,5 pH aralığında zarar gören ve görmeyen hücre sayıları Şekil 4.12- 4.17'de gösterilmiştir.



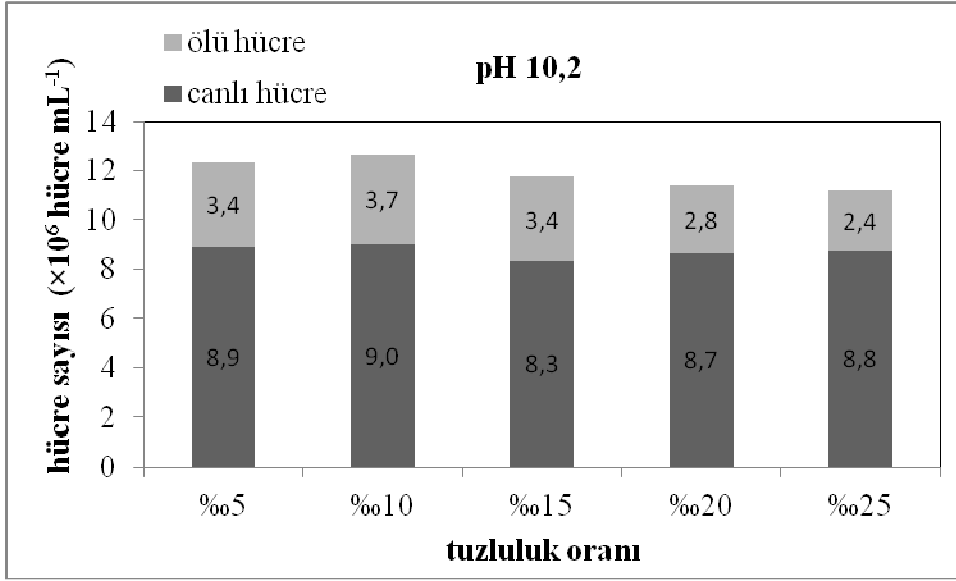
Şekil 4.12. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi (pH 10,0)

Yapılan çalışmada 100 mL'lik kültürde, hücrelerde herhangi bir kayıp olmamış ve çökme ortalama üç buçuk dakika gibi uzun bir sürede gerçekleşmiştir.



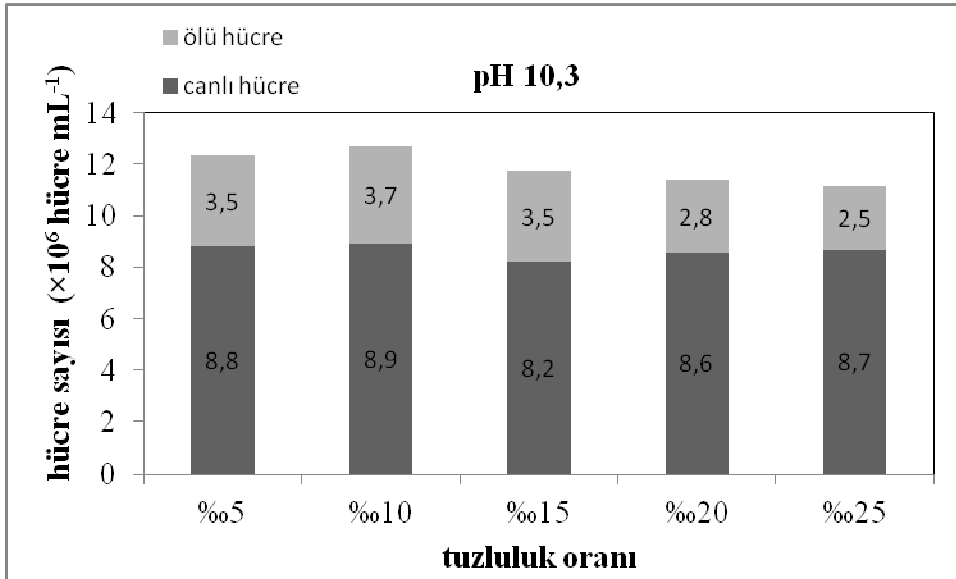
Şekil 4.13. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi (pH 10,1)

10,1 pH değerinde ortalama canlı hücre sayısı %75 oranında belirlenmiştir. İki dakikalık süreç içerisinde hücreler tamamen çökmüştür.



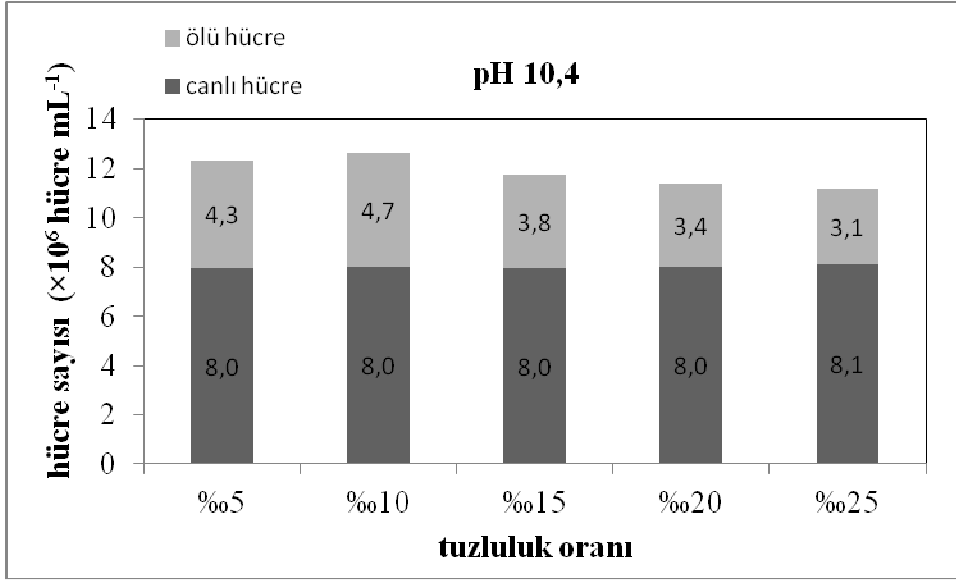
Şekil 4.14. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi (pH 10,2)

pH 10,2 değerinde canlı hücre sayısı ortalama %75 civarında tespit edilmiş ve bir dakika elli saniye içerisinde hücrelerin tamamen çöktüğü görülmüştür.



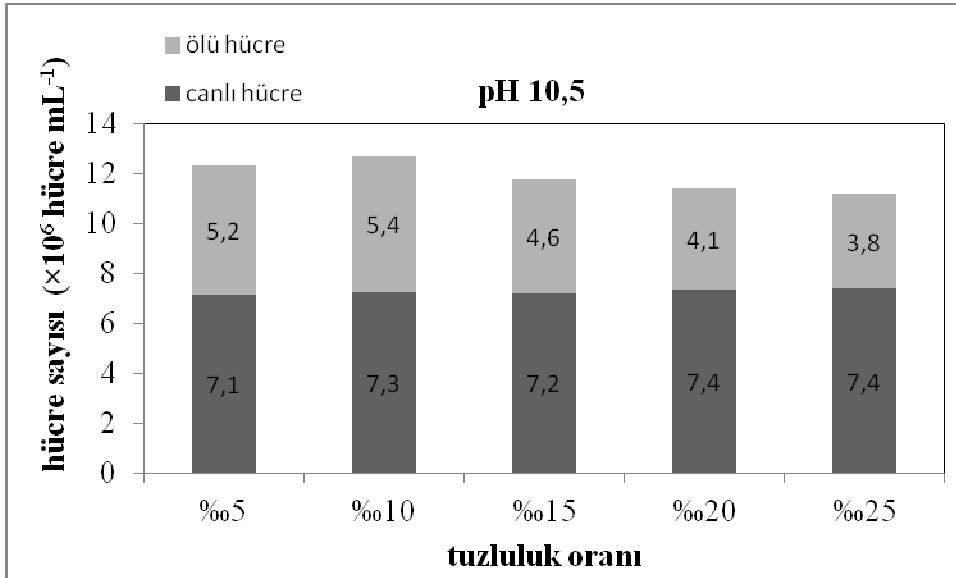
Şekil 4.15. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi (pH 10,3)

pH 10,3 değerinde canlı hücre sayısı ortalama %74 civarında tespit edilmiş ve 55 saniye içerisinde hücrelerin tamamen çöktüğü görülmüştür.



Şekil 4.16. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi (pH 10,4)

pH 10,4 değerinde canlı hücre sayısı ortalama %67 civarında tespit edilmiş ve elli beş saniye içerisinde hücrelerin tamamen çöktüğü görülmüştür.



Şekil 4.17. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi (pH 10,5)

pH 10,5 değerinde canlı hücre sayısı ortalama %60 civarında tespit edilmiş ve elli beş saniye içerisinde hücrelerin tamamen çöktüğü görülmüştür.

Şekillerde de görüldüğü gibi pH değeri arttıkça hücreler kümeleşmekte ve parçalanmaktadır. pH 10,0 değerinden itibaren kümeleştirmeler görülmektedir. Kümeleştirme 10,5 e kadar devam etmekte ve bu değerden sonra hücrelerin yarısından fazlası parçalanmakta pH 11,0'de ise tamamen ölmektedir. Dolayısı ile hasat işleminde elde edilmek istenen değerlerden uzaklaşmaktadır.

Mikroalglerin hasadında en etkili şekilde kullanılabilecek kümeleştirme yöntemi, konu üzerinde çalışan neredeyse tüm araştırmacılar tarafından “otoflokülasyon” şeklinde de adlandırılan pH uygulaması şeklinde belirtilmektedir. Çalışmamızda kültürlerin pH'ı NaOH ilavesi ile yapay olarak artırılmıştır. Kültürlerde kümeleşme 9,5 pH değeri ile başlamış fakat çökmesi kültürün tuzluluk değeri ile ilişkili olarak 12-15 dk. arasında sürmüştür. pH 10,0 değerinden itibaren ise çökme süreleri daha kısa sürmüştür, 10,3'ün üzerindeki değerlerden itibaren ise ölüm oranları artmaya başlamıştır. Bu nedenle çökme hızı ve ölüm oranı dikkate alındığında 10,3 pH değeri *N.oculata* için optimum olarak belirlenmiştir. Vandamme ve ark. (2012)'nin *Chlorella* sp. üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada ise kümeleşmenin 10,8 pH değerinde başladığı, pH 11,0 değerinde %75 oranında, pH 11,5 ve 12,0 değerlerinde %95 üzerinde kümeleşme gerçekleştiği belirtilmiştir. Çalışmamızda ise pH 10,0 değerinden itibaren % 95 üzerinde kümeleşmenin gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca, Vandamme ve ark., (2012)'nin çalışmasında pH 12,0 değerinde dahi %85 üzerinde hücrelerin yaşama oranı olduğu belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda ise pH 10,1 - 10,3 değerleri arasında yaklaşık % 75 yaşama oranı olduğu, pH 11,0 değerinde ise tamamen öldüğü görülmüştür. Kümeleşme oranı ve canlı hücre sayısı arasındaki bu farklılığın hücre yapılarındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Polielektrolit

Her bir grup için (100 mL örnek) 0,1 / 0,5 / 1 / 2 / 5 / 10 ve 20 g/L olarak stoktan ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıda yüksek devirde (200 rpm) 2 dakika ve düşük devirde (50 rpm) 2 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra hücre çökmesi gözlemlenmiş ve zarar gören hücre tespiti Evan's blue eklenerek mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Yapılan denemelerde hücrelerde bir çökme olmamıştır. Kültürde bulunan hücrelerde herhangi bir zarar görülmemiştir. Fakat polielektrolit diğer bir yöntem olan pH ile kombine olarak denendiğinde kümeleştirme işlem hızına gözle görülür bir etki ettiği saptanmıştır. Normal deneme koşullarında ortalama 50-60 sn de çöken hücreler polielektrolit eklendiğinde bu süre 40-45 sn'ye inmektedir.

Mikroalglerin hasadında kümeleştirme yöntemi ekonomik ve etkili bir yoldur. İnorganik kimyasallardan sıklıkla kullanılan $Al_2(SO_4)_3$ (alüminyum sülfat), $Fe_2(SO_4)_3$ (Ferrik sülfat), $FeCl_3$ (Ferrik klorid) ve $Ca(OH)_2$ (kalsiyum hidroksit) ile gerçekleştirilen geleneksel kümeleştirme yönteminin yüksek miktarda tuz gereksiniminin bulunması, toksik etkisinin bulunması ve kümeleştirme verimliliğinin büyük oranda pH değerine bağlı olması gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Chen ve ark., 2010; Renault ve ark., 2009). Bu nedenle, son yıllarda daha az toksik olan ve biyolojik olarak da parçalanabilen organik kümeleştiriciler üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Fakat bu tip polimerik kümeleştiricilerin, özellikle de katyonik özellikte olanların deniz suyunda kullanımının yüksek iyonik kuvvet nedeniyle etkisiz olacağı belirtilmektedir (Bilanovic ve ark., 1988). Bunun yanında organik polimerleri kullanarak denizel algal türlerin kümeleştirilebileceğini belirten yazarlar da bulunmaktadır (Uduman ve ark., 2010). Yaptığımız çalışmada ise ne anyonik ne de katyonik polielektrolitlerin denizel mikroalg hücrelerinin kümeleştirilmesinde tek başına etkili olamayacağı görüldü. Sadece yüksek pH ile birlikte uygulandığında kümeleşme süresini yaklaşık % 40 civarında düşürdüğü görülmüştür. Bu bulgularımız da Borges ve ark., (2011)'nin sonuçları ile örtüşmektedir. Borges ve ark. (2011) de *Nannochloropsis* sp. ve *Thalassiosira* sp. ile gerçekleştirdikleri çalışmada kullandıkları anyonik ve katyonik polielektrolitlerin sadece yüksek pH değerlerinde kümeleşme ve çökme hızı üzerinde olumlu etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, endüstriyel uygulamalarda mikroalglerin kümeleştirilmesinde etkin bir şekilde kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır.

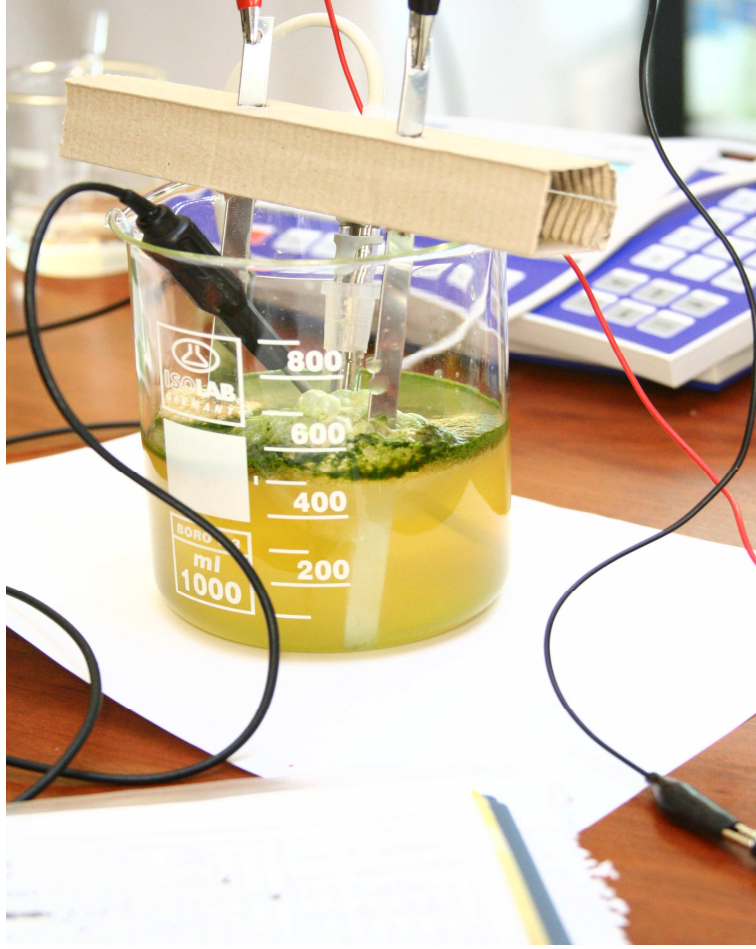


Şekil 4.18 Polielektrolit ve pH denemesi sonrasında çökelmiş olan hücreler

4.4.Elektroflokülasyon

Yapılan çalışmada elektrik alanı kullanılarak elektrik yüklü parçacıklarını yüklerini azaltmak veya nötr hale getirmek suretiyle hücrelerin kümeleşme ve çökmesi çalışılmıştır. Mikroalg hücreleri negatif yüzey yüküne sahip olmaları nedeni ile anoda doğru hareket ederek yüklerini kaybedip kümeleşmeye başlamışlardır. Bu deneme sırasında kültürün sıcaklığı dijital termometre kullanılarak an ve an takip edilmiş pH değerleri pH metre kullanılarak ölçülmüştür. 500 ml'lik %25 tuzluluk değerinde yapılan çalışmada 0,5 cm kalınlığındaki elektrotlar ile başlangıçta 3V denenmiş ve bir değişme gözlemlenmemiştir. 5V'lik bir akımla ortalama 500mA de 9 pH değerinde sıcaklık sabit kalarak ortalama 5 dakika sonucunda hiçbir kümeleşme olmamıştır. 7V, 8V, 9V, 10V, 12V luk değerlerde sırasıyla amper gücü sabit tutularak pH 7 seviyelerine kadar düşüş göstermiş ve sıcaklık değeri 30°C ye kadar yükselmiştir. Bu değerler arasında en iyi kümeleşme 9V değerinde, 24,8°C – 26,3°C sıcaklık aralığında yaklaşık 10 dakikada anot etrafında kümeleşme gerçekleşmiştir.(bkz şekil 4.19)

Son yıllarda üzerinde sıklıkla durulan kümeleştirme yöntemlerinden biri de elektroflokülasyon tekniğidir. Bu yöntemin özellikle denizel türlerin hasadında önemli avantajlarının olduğu belirtilmektedir (Vandamme ve ark., 2011). Farklı ebatlarda kullanılan elektrotlar arasında (0,5-5,0 cm) yüzey/hacim oranı yüksek olan yani 5 cm genişlikteki elektrotta daha düşük enerji ile daha yüksek oranda bir kümeleşme görüldü. elektrotlar arası mesafenin ise kümeleşme hızı veya miktarı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görüldü.



Şekil 4.19. 0,5 cm yüzeye sahip elektrotlar ile kümeleştirme.

5 cm genişliğindeki elektrotlar ile 3V değerinde ortalama 24 °C de ve ortam pH sında 10 dakikada kümeleştirme gözlemlenmiştir. 5V'luk akım ile 8,2 ve 8,5 pH aralığında ortalama 24,5 °C de 12 dakikada kümeleştirme işlemi tamamlanmıştır. Daha sonra artan değerlerde pH 6-7 aralığına kadar düşmüş ve sıcaklık değeri 30 °C nin üzerine çıkmıştır(şekil 4.19) Kümeleşen hücrelerdeki tahribatı tespit etmek için Evan's blue ile muamele edilerek hücre sayımı tekrar gerçekleştirilmiş ve uygun değerlerde herhangi bir etkinin olmadığı görülmüştür.

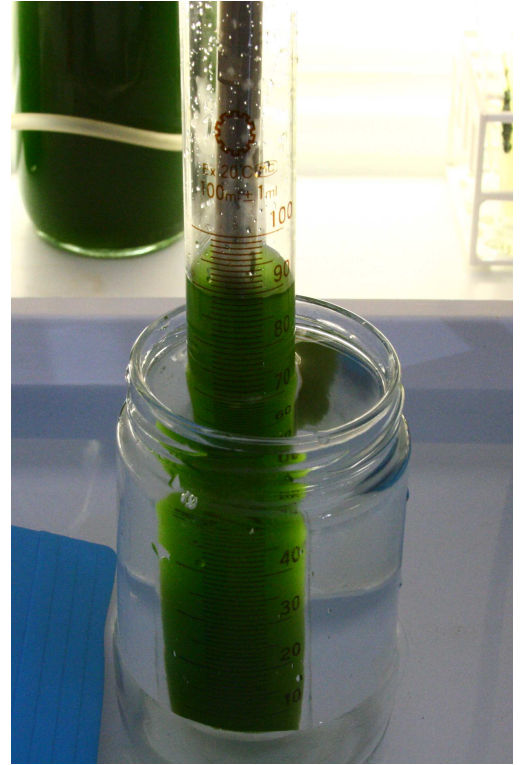
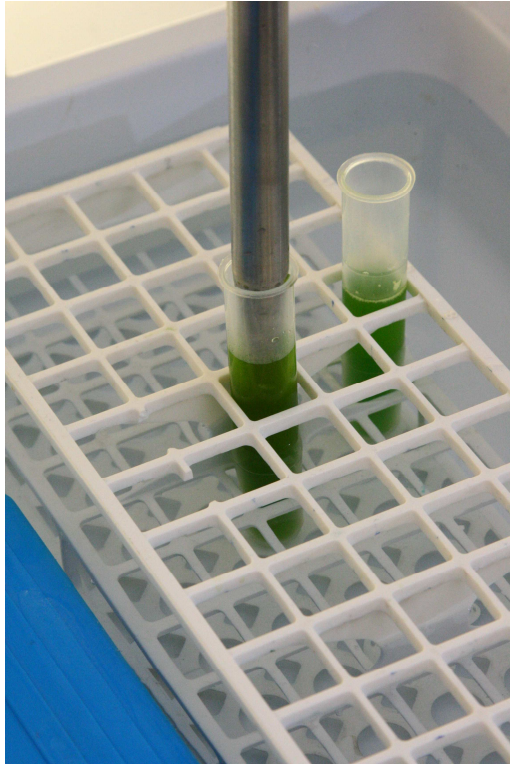


Şekil 4.20. 5 cm genişliğe sahip elektrot ile yapılan kümeleştirme işlemi

4.5. Ultrasonik Flokülasyon

Ultrasonik kümeleştirme işleminde kullanılan homojenizatör farklı probalar ile kullanılabilirdiğinden ötürü yapılan denemeler değişik hacimlerde gerçekleşmiştir. İlk olarak 10 ml lik tüplerde denenmiş ve deneme sırasında kullanılan frekans aralığında (≤ 40 power) kültür sıcaklığının arttığı görülmüştür. Sıcaklık problemini çözmek için içi buzlu su ile dolu olan küvetler kullanılarak deneylerin devam edilmesi gerçekleşmiştir. Yaklaşık 10 dakikalık işlem sonucunda herhangi bir çökme ya da kümeleşme gözlemlenmemiş ve bir diğer hacim olarak 100 ml'ye geçilmiştir. Bu kez ısı artışı artan yüzey alanı ile birlikte yavaşlamıştır. Ortalama 10 dakika sonucunda hücreler yine aynı şekilde hiçbir çökme hareketi göstermemiştir.

Bu çalışmada ultrasonik uygulamanın olumlu bir etkisi gözlenememiştir. Kullanmış olduğumuz ultrasonik cihazın daha düşük frekans seviyesinde (kHz) çalışmasının temel sebep olduğu düşünülmektedir. Fakat yüksek frekanstan (MHz) ziyade düşük frekansta çalışmanın da farklı avantajları bulunmaktadır. Özellikle hücrelerin içeriğinden yağ veya diğer değerli metabolitlerin çıkarılması amacıyla kullanılmakta, böylece biyokütleyi kurutmadan doğrudan hücre içeriğindeki yağın çıkarılması mümkün olmaktadır. İleride bu konuda çalışmaların yapılması da bu cihaz sayesinde mümkün olabilecektir (<http://www.originoil.com/technology/low-cost-oil-extraction.html>).



Şekil 4.21. Denemede kullanılan ultrasonik homojenizatör

4.6. Santrifüj

Nannochloropsis sp., “süper santrifüj” olarak tabir edilen 13.000 g kuvvetinde dönen endüstriyel separatörlerde dahi zarar görmeden hasat edilebilmektedir. Santrifüj işleminde kullanılan 140 L/saat kapasitede ve yaklaşık 9000 rpm hızda dönen bir seperatör kullanılmıştır. 8000 mL lik kültür seperatöre doldurularak ilk olarak vanası kapalı biçimde çalıştırılmış ve daha sonra az miktarda açılarak işlem başlatılmıştır. Seperatörün dışa açılan musluklarından alınan diğer yan ürün dökülmeden hücre tespiti yapılması için içi steril şişelerde tutulmuştur. 8000 mL kültür ortamı yaklaşık 5-6 dakika civarında hasat edilmiştir.



Şekil 4.22. Santrifüj için kullanılan krema makinesi



Şekil 4.23. Santrifüj sonrası elde edilen ürün

Hücrelerin büyüme ortamından hasat edilmesi amacıyla günümüzde de en sık kullanılan yöntem santrifüjdür. Fakat genelde $0,5-2,0 \text{ g L}^{-1}$ 'lik düşük hücre yoğunluklarının kullanılması nedeniyle yüksek enerji sarfiyatı, mikroalg üretim maliyetini yükselten temel faktördür. Bu nedenle de ön yoğunlaştırma işleminin yapılması zorunludur. Mikroalg kültürlerinin hasadında kullanılabilen separatörlerin fiyatı minimum 40.000-50.000 TL civarında iken tez kapsamında krema makinası olarak kullanılan ve 300 TL civarında fiyatı olan ve 140 L/saat kapasitede bir aletin hasat verimliliği de çalışılmıştır. Sonuç olarak, *Nannochloropsis* gibi küçük bir mikroalg türünün hasadı yaklaşık % 85 verimlilikte başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca hücrelerin kesinlikle zarar görmemesi de sürpriz olmuştur. Bu tip bir santrifüj cihazın küçük ölçekli işletmelerde rahatlıkla kullanılabileceği söylenebilir.

**BÖLÜM 5
SONUC VE ÖNERİLER**

Bu konu ile ilgili çalışmalar ülkemizde oldukça sınırlıdır. Mikroalglerin gerek akuakültürde deniz balığı larvaları için gerekse biyodizel üretmek amacıyla potansiyel bir yağ üreticisi olduğu düşünüldüğünde dünyada bu tip çalışmaların gittikçe artması şaşırtıcı değildir. Ülkemizin bu çalışmaların gerisinde kalmaması açısından mikroalglerden değerli metabolitlerin üretimi ve teknolojisi ile ilgili çalışmaların desteklenmesi ve sayısının artması gerekmektedir. Ayrıca, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), 2013 yılından itibaren benzine ve motorine yerli katkı olarak oranları her yıl artırılmak üzere biyodizel ve etanol ilave zorunluluğu getirdiğini açıklamıştır. Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerine, 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren % 2, 1 Ocak 2014 tarihi itibariyle de en az % 3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol ilave edilmesi zorunlu kılınmıştır. Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin ise 1 Ocak 2014 tarihi itibariyle en az % 1, 1 Ocak 2015 tarihi itibariyle en az % 2, 1 Ocak 2016 tarihi itibariyle en az % 3 olması zorunluluğu getirilmiştir. Biyo-dizel üretiminde, karasal tarım ürünlerinin hem verimli tarım arazilerini işgal etmesi hem bir şekilde dışarıya bağımlı olması (gerek yağ gerekse tohum olarak) hem de birim alandan diğer ürünlere göre daha fazla yağ üretme potansiyelinin olması nedeniyle mikroalgler önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tez çalışmasının da bu konuda çalışacak kişiler tarafından yararlanılacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Adir N., Zer H., Shochat S., Ohad I., 2003. Photoinhibition – a Historical Perspective. *Photosynthesis Research* 76(1): 343-370.

Bilanovic D., Shelef G., Sukenik A., 1988. Flocculation of Microalgae With Cationic Polymers - Effects of Medium Salinity. *Biomass* 17: 65-76.

Borges L., Moro'n-Villarreyes J.A., D'Oca M.G.M., Abreu P.C., 2011. Effects of Flocculants on Lipid Extraction and Fatty Acid Composition of the Microalgae *Nannochloropsis oculata* and *Thalassiosira weissflogii*. *Biomass and Bioenergy* 35: 4449-4454.

Bosma R., van Spronsen W.A., Tramper J., Wijffels R., 2003. Ultrasound, a New Separation Technique to Harvest Microalgae. *Journal of Applied Phycology* 15: 143-153.

Chen C.Y., Yeh K.L., Aisyah R., Lee D.J., Chang J.S., 2010. Cultivation, Photobioreactor Design and Harvesting of Microalgae for Biodiesel Production: *a Critical review*. *Bioresource Technology* 102: 71–81.

Chisti Y., 2007. Biodiesel From Microalgae. *Biotechnology Advances* 25: 294-306.

Del Campo J.A., Garcia-Gonzales M., Guerrero M.G., 2007. Outdoor Cultivation of Microalgae for Carotenoid Production: Current State and Perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology* 74: 1163-1174.

Gladue R.M., Maxey J.E., 1994. Microalgal Feeds for Aquaculture. *Journal of Applied Phycology* 6: 131-141.

Göksan T., Zekeriyaoğlu A., Ak İ., 2007. The Growth of *Spirulina Platensis* in Different Culture Systems Under Greenhouse Condition. *Turkish Journal of Biology* 31: 47-52.

Greenwell H.C., Laurens L.M.L., Shields R.J., Lovitt R.W., Flynn K.J., 2009. Placing Microalgae on the Biofuels Priority List: a Review of the Technological Challenges. *J. R. Soc. Interface*, Published Online 23 December 2009. DOI: 10.1098/rsif.2009.0322.

Griffith M.J., Van Hille R.P., Harrison S.T.L., 2008. Optimising Algal Growth and Lipid Productivity for Biodiesel Production. *11th International Conference on Applied Phycology*, Galway, Ireland.

GuanHua H., Chen F., Wei D., Zhang X.W., Chen G., 2010. Biodiesel Production by Microalgal Biotechnology. *Applied Energy* 87: 38-46.

Guerin M., Huntley M.E., Olaizola M., 2003. Haematococcus Astaxanthin: Applications for Human Health and Nutrition. *Trends in Biotechnology* 21: 210-216.

Harith Z.T., Yusoff F.M., Mohamed M.S., Shariff M., Din M., Arif A.B., 2009. Effect of Different Flocculants on the Flocculation Performance of Microalgae, *Chaetoceros calcitrans* cells. *African Journal of Biotechnology* 8(21): 5971-5978.

Huang G.-H, Chen F., Wei D., Zhang X.-W., Chen G., 2010. Biodiesel Production by Microalgal Biotechnology. *Applied Energy* 87: 38-46.

Knuckey R.M., Brown M.R., Robert R., Frampton D.M.F., 2006. Production of Microalgal Concentrates by Flocculation and Their Assessment as Aquaculture Feeds. *Aquacultural Engineering* 35: 300–313.

Lee S.J., Kim S.-B., Kim J.-E., Kwon G.-S., Yoon B.-D., Oh H.-M., 1998. Effects of Harvesting Method and Growth Stage on the Flocculation of the Green Alga *Botryococcus braunii*. *Letters in Applied Microbiology* 27(1): 14-18.

Molina Grima E.M., Belarbi E.H., Fernandez F.G.A., Medina A.R., Chisti Y., 2003. Recovery of Microalgal Biomass and Metabolites: *Process Options and Economics*. *Biotechnology Advances* 20: 491-515.

Olguin E.J., 2003. Phycoremediation: Key Issues for Cost-Effective Nutrient Removal Processes. *Biotechnology Advances* 22: 81-91.

Pal D., Khozin-Goldberg I., Cohen Z., Boussiba S., 2011. The Effect of Light, Salinity, and Nitrogen Availability on Lipid Production by *Nannochloropsis* sp. *Applied Microbial and Cell Physiology* 90: 1429-1441.

Prince R.C., Kheshgi H.S., 2005. The Photobiological Production of Hydrogen: Potential Efficiency and Effectiveness as a Renewable Fuel. *Critical Reviews in Microbiology* 31: 19-31.

Renault F., Sancey B., Badot P.M., Crini G., 2009. Chitosan for Coagulation/Flocculation Processes - an Eco-Friendly Approach. *Eur. Polym. J.* 45: 1337-1348.

Rocha J.M.S., Garcia J.E.C., Henriques M.H.F., 2003. Growth Aspects of the Marine Microalga *Nannochloropsis gaditana*. *Biomolecular Engineering* 20: 237-242.

Sheehan J., Dunahay T., Benemann J.R., Roessler P., 1998. A Look Back at the US Department of Energy's Aquatic Species Program – *Biodiesel From Algae* Contract No. DE-AC36-83CH10093).

Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E., Isambert A., 2006. Commercial Applications of Microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 101: 87-96.

Torzillo G., Goksan T., Faraloni C., Kopecky J., Masojídek J., 2003. Interplay Between Photochemical Activities and Pigment Composition in an Outdoor Culture of *Haematococcus Pluvialis* During the Shift From the Green to Red Stage. *Journal of Applied Phycology* 15: 127-136.

Uduman N., Qi Y., Danquah M.K., Forde G.M., Hoadley A., 2010. Dewatering of Microalgal Cultures: The Major Bottleneck to Algae-Based Fuels. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 2: 12701-12715.

Uduman N., Qi Y., Danquah M.K., Hoadley A.F.A., 2010. Marine Microalgae Flocculation and Focused Beam Reflectance Measurement. *Chemical Engineering Journal* 162: 935-940.

Vandamme D., Pontes S.C.V., Goiris K., Foubert I., Pinoy L.J.J., Muylaert K., 2011. Evaluation of Electro-Coagulation–Flocculation for Harvesting Marine and Freshwater Microalgae. *Biotechnol. Bioeng.* 108: 2320–2329.

Vandamme D., Foubert I., Fraeye I., Meesschaert B., Muylaert K., 2012. Flocculation of *Chlorella vulgaris* Induced by High pH: Role of Magnesium and Calcium and Practical Implications. *Bioresource Technology* 105: 114–119.

Vonshak A., 1997. *Spirulina: Growth, Physiology and Biochemistry*. In: *Spirulina platensis* (Arthrospira): Physiology, Cell Biology and Biotechnology, ed: Vonshak A., Taylor and Franchis, London, pp: 43-65.

Ward O.P., Singh A., 2005. Omega-3/6 Fatty Acids: Alternative Sources of Production. *Process Biochemistry* 40: 3627-3652.

ÇİZELGELER

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Bazı mikroalg türlerinin yağ asitleri kompozisyonu	3
Çizelge 3.1. ASW büyüme ortamı	10
Çizelge 4.1. Farklı tuzluluk değerlerindeki <i>Nannochloropsis oculata</i> 'nın 540nm değerindeki absorbans değerleri.....	16
Çizelge 4.2. Farklı tuzluluk değerlerindeki <i>Nannochloropsis oculata</i> 'nın 680nm değerindeki absorbans değerleri.....	16

ŞEKİLLER

	Sayfa No
Şekil 2.1. <i>Nannochloropsis oculata</i> hücreleri.....	5
Şekil 3.1. <i>Nannochloropsis oculata</i>	8
Şekil 3.2. Deneme grubunun genel bir görünümü	9
Şekil 3.3.pH denemesinden bir görüntü.....	11
Şekil 3.4. Elektroflokülasyon denemesinden bir görüntü	12
Şekil 3.5. Ultrasonik flokülasyon denemesinden bir görüntü.....	13
Şekil 3.6. Denemede kullanılan krema makinası.....	14
Şekil 4.1. Farklı tuzluluk oranlarına sahip <i>Nannochloropsis oculata</i> 'nın günlere bağlı hücre sayısı değişimleri.....	15
Şekil 4.2. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %5 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki.....	17
Şekil 4.3. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %10 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki.....	17
Şekil 4.4. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %15 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki.....	18
Şekil 4.5. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %20 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki.....	18
Şekil 4.6. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %25 tuzlulukta hücre sayısı ve 540 nm absorbans arasındaki ilişki.....	19
Şekil 4.7. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %5 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki.....	19
Şekil 4.8. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %10 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki.....	20
Şekil 4.9. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %15 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki.....	20
Şekil 4.10. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %20 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki.....	21
Şekil 4.11. <i>Nannochloropsis oculata</i> 'da %25 tuzlulukta hücre sayısı ve 680 nm absorbans arasındaki ilişki.....	21
Şekil 4.12. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi(pH 10).....	23
Şekil 4.13. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi(pH 10,1).....	23
Şekil 4.14. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi(pH 10,2).....	24
Şekil 4.15. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi(pH 10,3).....	24

Şekil 4.16. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi(pH 10,4).....	25
Şekil 4.17. pH'ın farklı tuzluluk oranlarına etkisi(pH 10,5).....	25
Şekil 4.18 Polielektrolit ve pH denemesi sonrasında çökelmiş olan hücreler.....	27
Şekil 4.19. 0,5 cm yüzeye sahip elektrotlar ile kümeleştirme.....	29
Şekil 4.20. 5 cm genişliğe sahip elektrot ile yapılan kümeleştirme işlemi.....	30
Şekil 4.21. Denemede kullanılan ultrasonik homojenizatör.....	31
Şekil 4.22. Santrifüj için kullanılan krema makinesi.....	32
Şekil 4.23. Santrifüj sonrası elde edilen ürün.....	33

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özgür ULUDÜZ
Doğum Yeri : ZONGULDAK
Doğum Tarihi : 18.04.1986

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi.
Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Bölümü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Bilimsel Araştırma Projesi – Nannochloropsis oculata (Droop) Hibberd (Eustigmatophyceae)'in Hasadında Kümeleştirme Yöntemlerinin Etkinliği (No: 2010/147)

2. Türkiye Su Ürünleri ve Kültür Balıkçılığı 2008 Seminerleri – katılımcı

İŞ DENEYİMİ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kalitesi ve Planktonoloji Laboratuvarı – stajyer – 2007

Adafarm Çipura, Levrek Yetiştirme Çiftliği – stajyer – 2007

İLETİŞİM

E-posta Adresi :ozguruluduz@hotmail.com