

Yeşil Alglerden *Ulva rigida* (C. Agardh) Kültürüne Farklı Karbon Kaynaklarının Etkisi

*İlknur Ak, Cenk Öztaşkent, Nihal Topçu

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale, Türkiye
*E-mail: ilknurak@gmail.com

Abstract: Effect of different carbon sources on green algae *Ulva rigida* (C. Agardh) culture. In this study, the influence of sodium acetate and carbondioxide on growth and proximate composition of *Ulva rigida* L. was studied. In the first trial, six concentrations of sodium acetate were arranged, e.g. 3.05 mM (group 1), 6.10 mM (group 2), 12.20 mM (group 3), 24.40 mM (group 4), 36.60 mM (group 5) and 48.80 mM (group 6) addition to Conway medium. The maximum biomass yield was achieved in group 6. In the second trial, five concentrations of carbondioxide were arranged, e.g. 14.20 mM (group I), 28.40 mM (group II), 42.60 mM (group III), 56.81 mM (group IV) and 71.01 mM (group V) 1 day⁻¹ addition to Conway medium. The highest biomass yield was calculated in group III which was added CO₂. The highest crude protein content was determined as 24.55±0.41% in group IV which was added 56.81 mM CO₂. The maximum lipid content was measured as 8.28±0.08% in group 2. At the end of the study, it was determined that the carbon sources influence the growth and the proximate composition of *Ulva rigida*.

Key Words: *Ulva rigida*, Culture, Sodium acetate, Carbondioxide, Proximate composition

Özet: Bu çalışmada, *Ulva rigida*'nın büyüme ve besin içeriği üzerine sodyum asetat ve karbondioksitin etkisi araştırılmıştır. İlk denemede, Conway ortamına ek olarak altı farklı sodyum asetat konsantrasyonu; 3,05 mM (1. grup), 6,10 mM (2. grup), 12,20 mM (3. grup), 24,40 mM (4. grup), 36,60 mM (5. grup) ve 48,80 mM (6. grup) kullanılmıştır. En yüksek biyomas verimi 6. gruptan elde edilmiştir. İkinci denemede Conway ortamına ek olarak beş farklı CO₂ konsantrasyonu; 14,20 mM (I. grup), 28,40 mM (II. grup), 42,60 mM (III. grup), 56,81 mM (IV. grup) ve 71,01 mM (V. grup) uygulanmıştır. En yüksek biyomas verimi CO₂ kullanılan III. grup için hesaplanmıştır. En yüksek ham protein içeriği 56,81 mM CO₂ uygulanan IV. grupta %24,55±0,41 olarak bulunmuştur. En yüksek yağ içeriği 2. grupta %8,28±0,08 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda *Ulva rigida*'nın biyomas artışı miktarının ve besin içeriğinin karbon kaynaklarından etkilendiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ulva rigida*, Yetiştiricilik, Sodyum asetat, Karbondioksit, Besin içerikleri

Giriş

1997 yılında yetiştiricilik yolu ile elde edilen dünya su bitkileri üretimi 7.234.952 ton iken, bu değer 2006 yılında %108'lik büyüme oranı ile 15.756.125 tona ulaşmıştır (FAO, 2009). Yeşil algler başta Uzak Doğu ülkeleri olmak üzere birçok bölgede gıda, tekstil ve kâğıt sanayinde kullanılmaktadır. *Enteromorpha prolifera*, *E. compressa* ve *E. intestinalis* türleri gıda maddesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. *Entromorpha* ve *Ulva* türlerinin gelişimleri hızlıdır. Bir gün içerisinde *Ulva lactuca*'nın ağırlığı 2 kat artarken *E. prolifera*'nın tallus uzunluğu iki katına ulaşabilmektedir (Parker, 1981; Soe-Htun vd., 1986). Sıcaklık, tuzluluk, ışık (Lobban ve Harrison, 1994), havalandırma (Chen ve Johns, 1991) ve besin tuzlarının miktarları (Björnsater ve Wheeler, 1990; Floreto vd., 1996; Garcia-Ferris vd., 1996) algin büyüme hızını, biyokimyasal kompozisyonunu ve yapısını etkilemektedir.

Makro algler ihtiyaç duydukları karbonu inorganik kaynaklardan karşılamaktadırlar. *Ulva* gibi fırsatçı türler ise karbon kaynağı olarak glikoz, asetat ve lösin gibi organik karbonları da kullanabilmektedir. Denizel ortamdaki karbonun kaynağı genellikle kayalar, kayaçlar ve deniz kabuklularındır (Lobban ve Harrison, 1994). Beer ve Eshel (1983) *Ulva* türlerinin hem HCO₃⁻ hem de suda çözünmüş halde bulunan

CO₂'yi kullanabildiklerini, *Enteromorpha* türlerinin ise daha çok suda çözünmüş halde bulunan CO₂'yi tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda alg biyomasının yaklaşık %50'sinin karbondan oluştuğu belirlenmiştir. Yaklaşık 1 kg alg biyoması üretmek için 1,8 kg karbondioksit ihtiyacı duyulmaktadır (Lobban ve Harrison, 1994). Saf karbondioksitin pahalı olması nedeniyle endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan CO₂ atıkları alg üretiminde kullanılmaktadır (Becker, 1995). Mikro alg kültürlerinde sodyum asetat kullanılmakta olup makro alg kültürlerinde kullanılmasına yönelik çalışmalara rastlanılmamıştır (Göksan vd., 2010). Teorik olarak 1 kg alg biyoması elde etmek için 1,25 L asetik aside ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, pratik olarak bu miktar 2,0-2,5 L'ye kadar artış göstermektedir (algler ortamdaki asetik asidin sadece %50-60'ını kullanabilmektedir). Bu çalışmada iki farklı karbon kaynağının (sodyum asetat ve karbondioksit) *Ulva rigida*'nın vejetatif büyümesine ve besin içeriğine olan etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Denemelerde kullanılan *Ulva rigida* İzmir Körfezi Bostanlı mevkiinden 01 Kasım 2010 tarihinde toplanmıştır. Uygulama Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Plankton Stok Biriminde

yapılmıştır. Toplanan alglerin üzerindeki epifitler yıkanıp ayıklandıktan sonra analizlerde kullanılmak üzere bir kısmı kurutulmuş, bir kısmı ise 1000 L'lik alg üretim havuzuna yerleştirilmiştir. Tallusların büyümesini sağlamak amacıyla deniz suyu Conway (Cirik ve Gökpinar, 1999) ortamıyla zenginleştirilmiştir. Birinci denemede farklı sodyum asetat konsantrasyonlarında *Ulva* talluslarının büyümesi ve besin madde içeriklerinde değişiklikler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla denemede Conway ortamına ek olarak 3,05 (1. grup), 6,10 (2. grup), 12,20 (3. grup), 24,40 (4. grup), 36,60 (5. grup) ve 48,80 (6. grup) mM olacak şekilde altı farklı sodyum asetat konsantrasyonunda 15 gün süreyle *Ulva* talluslarının büyümesi izlenmiştir.

Farklı karbondioksit konsantrasyonlarının tallusların büyüme hızı ve besin içeriklerine etkisini belirlemek amacıyla ikinci deneme grubu oluşturulmuştur. Beş farklı CO₂ konsantrasyonun 14,20 (I. grup), 28,40 (II. grup), 42,60 (III. grup), 56,81 (IV. grup) ve 71,01 (V. grup) mM olacak şekilde Conway ortamına ek olarak difüzör kullanılarak ortama CO₂ ilave edilmiştir. Denemelerin başlangıcında tuzluluk değeri refraktometre (Nippon, 5081) ile ‰38 olarak ayarlanmıştır.

Tüm denemeler 10 L hacme sahip kaplarda gerçekleştirilmiş olup bu kapların yüksekliği 35 cm ve çapları ise 20 cm'dir. Işık şiddeti 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olacak şekilde ışık ölçer (LiCor, Li-250) ile ayarlanmıştır. Büyüme hızları ve besin içeriklerinde meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla sadece Conway ortamının kullanıldığı bir kontrol grubu da oluşturulmuştur.

Büyüme hızlarını belirlemek amacıyla her 2 günde bir alglerde meydana gelen ağırlık değişimleri 0,01 hassasiyetli terazi (Kern 440-49N) yardımıyla belirlenmiştir. Spesifik büyüme hızlarının tespiti yaş ağırlık değerlerine göre yapılmış olup aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Troell vd., 1997).

$$\text{Günlük Büyüme hızı (\%)} = 100 * (\ln X_2 - \ln X_1) / (t_2 - t_1)$$

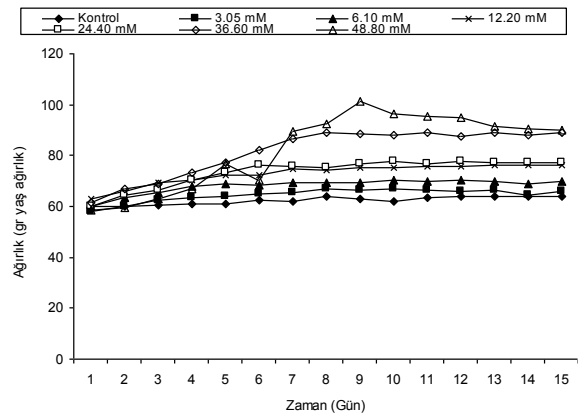
Formülde X₂ ve X₁ sırasıyla t₂ ve t₁ zamanlarındaki yaş ağırlıklarını belirtmektedir.

Birim alandaki günlük biyomas verimi; günlük büyüme hızlarının alg talluslarının bulunduğu kapların alanına (0,0765 m²) bölünmesi ile elde edilmiştir (Smith ve Walker, 1980). pH ve sıcaklık ölçümleri günde iki defa yapılmıştır. Sıcaklık 1 °C duyarlılıktaki termometre ve pH değeri pH metre (Hanna, HI8314) ile ölçülmüştür. İki farklı karbon kaynağının farklı konsantrasyonlarda kullanıldığı denemelerden ve kontrol grubundan hasat edilen algler ile deneme başlangıcında doğadan toplanan alglerin besin kompozisyonlarını belirlemek amacıyla ham protein, ham yağ, ham kül ve su yüzdeleri ölçülmüştür (AOAC 2000a,b; Folch vd., 1957). Verilerin homojenliği test edildikten sonra tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile gruplar arasındaki farklılıklar Özdamar (1997)'a göre belirlenmiştir.

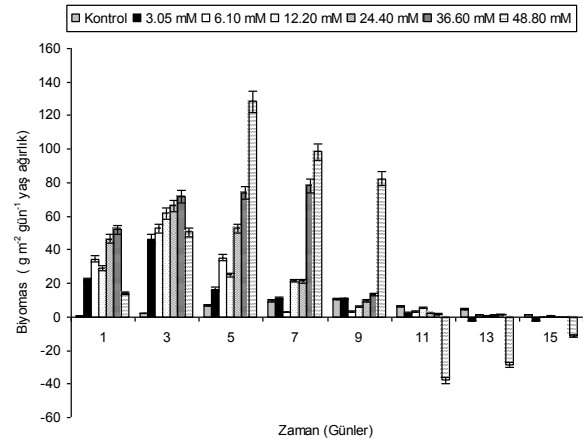
Bulgular

Sodyum Asetat ile Yapılan Yetiştiricilik Denemeleri

Denemeler süresince 2 günlük aralıklarla gruplarda meydana gelen ağırlık değişimleri ölçülmüştür. 6. deneme grubunun (48,80 mM) 9. gün sonunda 101,3±0,91 g ya (yaş ağırlık)'a ulaştığı belirlenmiştir. Deneme sonunda ise bu gruptan 89,9±1,22 g ya hasat edilmiştir. 36,60 mM sodyum asetat kullanılan 5. grupta ise en yüksek biyomas 15. gün sonunda 89,01±0,56 g ya olarak bulunmuştur. Tüm deneme gruplarının ağırlık artışının kontrol grubuna göre yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Deneme süresince biyomas verimlerinde meydana gelen değişimler Şekil 2'de verilmiştir: Deneme grupları arasında en yüksek biyomas verimi 6. grupta (48,80 mM) bulunmuştur.



Şekil 1. Farklı konsantrasyonlarda Sodyum asetat uygulanan grupların ağırlık artışında meydana gelen değişimler



Şekil 2. Farklı konsantrasyonlarda Sodyum asetat uygulanan grupların biyomas verimlerinde meydana gelen değişimler

Deneme süresince grupların pH değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 1'de gösterilmiştir. Grupların pH değerleri 8,39±4,43 ile 8,76±0,06 arasında saptanmıştır. Gruplar arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (P>0.05). Denemeler süresince su sıcaklığı ortalama 22,51±0,79 °C olarak ölçülmüştür.

Tablo 1. Farklı sodyum asetat konsantrasyonu uygulanan grupların deneme süresince ölçülen en düşük, en yüksek ve ortalama pH değerleri (n=3)

Gruplar	Min	Max	Ortalama
I. Grup	7,93±0,23	8,63±0,34	7,39±0,48 ^b
II. Grup	7,81±0,51	9,94±0,53	7,04±0,23 ^{bc}
III. Grup	7,00±0,32	9,22±0,42	6,86±0,24 ^{bc}
IV. Grup	7,02±0,28	8,96±0,25	6,61±0,21 ^{bc}
V. Grup	7,80±0,47	8,96±0,41	6,49±0,19 ^c
Kontrol	8,07±0,29	8,81±0,26	8,39±4,43 ^a

Deneme gruplarının ham protein, yağ, nem ve su oranları Tablo 2'de gösterilmiştir. Deneme grupları arasında en yüksek ham protein içeriği %23,73±0,18 olarak 6. deneme grubunda (48,80 mM) belirlenmiş olup deneme grupları arasında istatistiksel yönden önemli derece farklılıkların olduğu bulunmuştur ($P<0,05$). Kontrol grubunun ise en düşük protein içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. Deneme sonucunda hasat edilen tallusların ham yağ içeriklerinin ise %3,50±0,42 ile 8,28±0,08 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 1). Grupların ham yağ içeriklerinin istatistiksel olarak farklı olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Grupların ham kül içeriklerinin incelendiğinde ham kül içeriği en yüksek 5. grupta (36,60 mM) en düşük ise 6. grupta (48,80 mM) bulunmuştur ($P<0,05$). Su içerikleri ise %78,84±0,60 ile 84,09±1,41 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$).

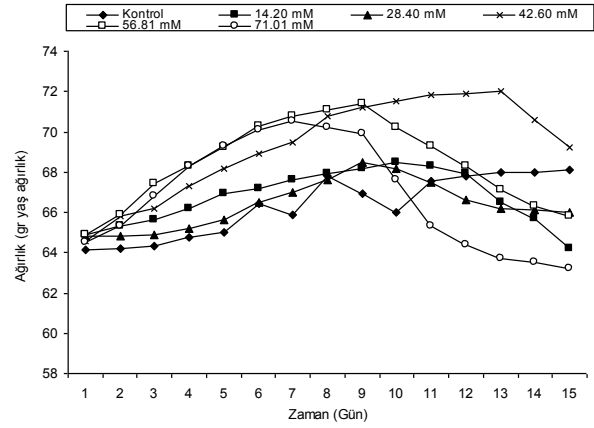
Tablo 2. Farklı sodyum asetat konsantrasyonu uygulanan grupların deneme sonunda talluslarının besin içeriklerinde meydana gelen değişimler (\pm standart hata) (n=3)

Gruplar	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Su (%)
1. Grup	16,30±0,11 ^d	6,90±0,28 ^{abc}	22,91±0,34 ^b	83,38±0,09 ^{ab}
2. Grup	16,32±0,30 ^d	8,28±0,08 ^a	23,38±0,08 ^b	79,64±0,03 ^c
3. Grup	17,18±0,33 ^{cd}	8,10±0,60 ^a	24,18±0,09 ^b	82,37±0,52 ^{ab}
4. Grup	17,93±0,59 ^c	7,32±0,16 ^{ab}	24,54±0,66 ^b	81,32±0,45 ^{bc}
5. Grup	19,56±0,06 ^b	5,32±0,15 ^{bcd}	33,25±1,29 ^a	78,84±0,60 ^c
6. Grup	23,73±0,18 ^a	3,50±0,42 ^d	16,14±0,45 ^c	84,09±1,41 ^a
Kontrol	16,21±0,09 ^d	6,29±1,26 ^{abc}	22,36±0,18 ^b	83,25±0,35 ^{ab}

Farklı harfler (a-d) istatistiksel yönden farklılığı göstermektedir ($P<0,05$)

Karbon dioksit kullanılarak yapılan yetiştiricilik denemeleri

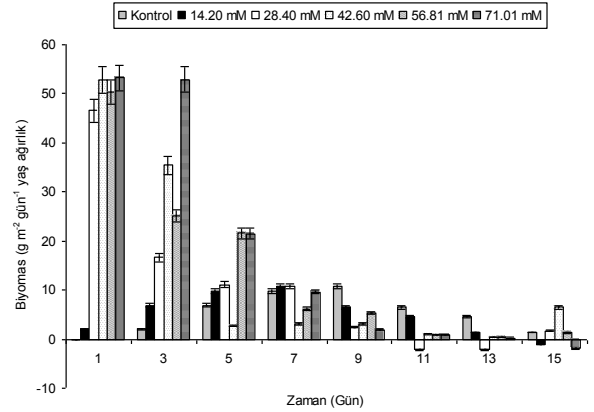
İkinci denemede farklı karbon dioksit konsantrasyonunun *Ulva rigida* talluslarının büyüme hızları üzerine etkileri incelenmiştir. Deneme gruplarında meydana gelen ağırlık değişimleri gün aşırı ölçüm yapılarak saptanmıştır. En yüksek ağırlık III. grupta (42,60 mM gün⁻¹) 71,8±2,14 gr ya olarak ölçülmüştür (Şekil 3). En yüksek karbon dioksit konsantrasyonunun uygulandığı V. grupta (71,01 mM gün⁻¹) ise 7. günden itibaren ağırlıkta azalmanın olduğu belirlenmiştir. Deneme gruplarının biyomas verimlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4'de gösterilmiştir. En yüksek biyomas verimi III. grupta 52,79±1,56 g m⁻² gün⁻¹ olarak saptanmıştır. Grupların pH değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 3'de gösterilmiştir. En fazla karbon dioksit konsantrasyonu uygulanan V. grupta (71,01 mM gün⁻¹) pH miktarı en düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Deneme süresince ortalama su sıcaklığı 22,62±0,56 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 3. Farklı konsantrasyonlarda karbon dioksit uygulanan grupların ağırlık artışında meydana gelen değişimler

Tablo 3. Farklı karbon dioksit konsantrasyonu uygulanan grupların deneme sonunda talluslarının besin içeriklerinde meydana gelen değişimler (\pm standart hata) (n=3)

Gruplar	Min	Max	Ortalama
I. Grup	6,04±0,12	8,43±0,28	7,39±0,48 ^b
II. Grup	6,07±0,22	8,15±0,19	7,04±0,23 ^{bc}
III. Grup	5,78±0,29	8,14±0,62	6,86±0,24 ^{bc}
IV. Grup	5,39±0,56	8,22±0,45	6,61±0,21 ^{bc}
V. Grup	5,36±0,17	8,17±0,47	6,49±0,19 ^c
Kontrol	8,07±0,29	8,81±0,26	8,39±4,43 ^a



Şekil 4. Farklı konsantrasyonlarda karbon dioksit uygulanan grupların biyomas artışlarında meydana gelen değişimler

Farklı karbon dioksit konsantrasyonlarında yetiştirilen *U. rigida* talluslarının besin içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 4'de gösterilmiştir. En yüksek ham protein içeriği %24,55±0,41 olarak V. grupta (71,01 mM gün⁻¹) bulunmuştur. İlk dört grubun ham protein içerikleri istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($P>0,05$). Kontrol grubuna göre karbon dioksit uygulanan gruplarda ortalama %5'lik bir artışın olduğu saptanmıştır. Grupların ham yağ içerikleri en

yüksek II. grupta (28,40 mM gün⁻¹), en düşük ise doğadan toplanan talluslardan elde edilmiş olup gruplar arasında önemli derecede farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Grupların % ham kül ve su içeriklerinin de istatistiksel yönden anlamlı farklılıklar içerdiği Tablo 2'de görülmektedir ($P<0,05$).

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, *Ulva rigida* tallusları 15 gün süreyle organik ve inorganik karbon kaynakları kullanılarak yetiştirilmiş, biyomasta meydana gelen değişimler izlenmiştir. Hasat edilen talluslar kurutulduktan sonra besin içerikleri belirlenmiştir. Organik karbon kaynaklarından sodyum asetatın 6 farklı konsantrasyonda uygulandığı ilk denemede en yüksek biyomas verimi 48,80 mM sodyum asetat uygulanan 6. gruptan elde edilmiştir. İkinci denemede inorganik karbon kaynaklarından biri olan karbondioksitin *U. rigida* talluslarının büyümesi üzerine etkisi araştırılmış olup en yüksek biyomas veriminin III. grupta (42,60 mM gün⁻¹) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. Farklı karbondioksit konsantrasyonu uygulanan grupların deneme süresince pH miktarında ve deneme sonunda talluslarının besin içeriklerinde meydana gelen değişimler (\pm standart hata) (pH için n= 30; besin içerikleri için n=3)

Gruplar	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Su (%)
I. Grup	23,33±0,11 ^a	5,63±0,42 ^{ab}	19,38±0,85 ^{cd}	78,34±0,48 ^c
II. Grup	23,25±0,14 ^a	7,49±0,27 ^a	18,41±0,23 ^d	78,44±0,34 ^c
III. Grup	24,27±0,54 ^a	7,19±0,16 ^a	18,51±0,25 ^d	79,44±0,48 ^{bc}
IV. Grup	24,55±0,41 ^a	7,21±0,24 ^a	20,17±0,04 ^{bc}	81,35±0,50 ^{ab}
V. Grup	18,26±0,24 ^b	5,67±0,94 ^{ab}	21,34±0,41 ^{ab}	81,63±0,60 ^{da}
Kontrol	16,21±0,09 ^c	6,29±1,60 ^{ab}	22,36±0,18 ^a	83,25±0,35 ^a

Farklı harfler (a-d) istatistiksel yönden farklılığı göstermektedir ($P<0,05$)

Msuya ve Neori (2008) *U. lactuca*'nın büyüme hızı ve besin içeriği üzerine havalandırmanın etkilerini inceledikleri çalışmada algin biyomas artış miktarını 134±26 ile 296±158 g ya m⁻² gün⁻¹ arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. DeBusk vd. (1986) ortalama *Ulva* üretiminin 18,8 g ka (kuru ağırlık) m⁻² gün⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma kapsamında elde edilen verilerin Msuya ve Neori (2008)'nin elde ettiği sonuçlardan az, DeBusk vd. (1986)'nin elde ettiği sonuçlardan ise yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Deneme sonucunda sodyum asetat uygulanan gruplardan elde edilen biyomasın (101,3±0,91 g ya) karbondioksit uygulanan gruptan (71,8±2,14 g ya) daha fazla olduğu belirlenmiştir. Karbondioksit uygulanan grubun ilk üç gün büyüme hızı yüksek olmasına karşın sodyum asetat kullanan grubun biyomasına yetişememiştir. Yüksek sodyum asetat dozlarının mikro alglerden *Haematococcus pluvialis*'in büyümesini sınırladığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Gong ve Chen, 1977; Orosa vd., 2001,2005). Chen vd., (1997)'nin çalışmasında, hem mikotrofik hem de heterotrofik kültürlerde bulunan sodyum asetat miktarının denemeye başlanıldıktan hemen sonra tüketildiğini belirlemiştir. Heterotrofik kültürlerde asetat 4. günde tüketilirken, mikotrofik kültürlerde 7. günde tamamen tüketildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Jeon vd., (2006)'nin çalışmasında da 1,5 g L⁻¹'nin üzerinde sodyum asetat

konsantrasyonu uygulanan mikotrofik kültürlerde asetatın 3. günde tüketildiği belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Gökşan vd., (2010) tarafından da bildirilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre *U. rigida*'nın öncelikle sodyum asetatı tüketmeye eğilimli olduğu düşünülmektedir. Karbondioksit yeterli ışığın bulunması durumunda algin fotosentez hızını arttırmaktadır. Ancak algin büyüme hızı ortamda bulunan besin tuzu konsantrasyonlarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Yüksek karbondioksit yoğunlukları, fotosentez Calvin döngüsü enzimlerinin elektron taşıma hızlarına bağlı olan alıcı molekül ribuloz 1,5-bifosfatın yeniden oluşturulmasıyla ilişkilidir (Akman vd., 2001). Karbondioksit konsantrasyonlarının denendiği 2. denemede ilk 3 gün ağırlık artışının yüksek olması yüksek fotosentez hızından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneme gruplarının ağırlık artışlarında meydana gelen azalmaların ise kültür ortamlarındaki ani pH değişimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. pH değerinin 6'nın altına inmesiyle birlikte karbondioksit uygulanan grupların biyomas artışlarında azalmalar meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda algin ağırlık artışın ve büyüme hızının pH değişimlerinden etkilendiği saptanmıştır.

En yüksek protein 48,80 mM sodyum asetat uygulanan 6. grupta %23,73±0,18 olarak saptanırken karbondioksit uygulanan tüm gruplarda ham protein içeriği bu değere yakın (%24,55±0,41) bulunmuştur. Makro alglerin ham protein içerikleri ortamda bulunan inorganik azot miktarına ve algin bunu kullanabilme yetisine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kut Güroy vd. (2007) doğdan toplanan *U. rigida* talluslarının protein içeriğini %8 olarak bildirmişlerdir. Ova-Kaykaç (2008) doğadan topladığı *U. rigida* talluslarının mevsimlere bağlı olarak protein içeriklerinin değiştiğini belirtmiştir. Çalışmasında yeşil algin ham protein içeriğini %7,64 (Yaz) ile %24,67 (Kış) arasında saptamıştır. Yaich vd., (2011) ise *U. lactuca*'nın ham protein içeriğini %8,6 olarak bildirmiştir. Tez kapsamında elde edilen ham protein değerlerinin diğer çalışmalara göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sodyum asetat uygulanan gruplar içerisinde en yüksek ham yağ içeriği 2. ve 3. gruplardan %8 civarında saptanırken karbondioksit uygulanan gruplarda bu değer %7 olarak belirlenmiştir. Ova-Kaykaç (2008) ve Kut-Güroy (2009) yaptıkları çalışmada algin yağ içeriğinin %0,15 ile %1,25 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda elde ettiğimiz verilerin bu çalışmalara göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Makro alglerde yağ sentezi fotosentez sırasında gerçekleşmekte olup algin fotosentez hızına, ortamda bulunan inorganik besin tuzu miktarına, sıcaklık ve ışık şiddetine bağlı olarak değişim göstermektedir (Lobban ve Harrison, 1994). Bu nedenle diğer çalışmalardan farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

Sodyum asetat uygulanan grupların kül ve su içeriğinin karbondioksit uygulanan gruplardan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Tüm deneme grupları için en yüksek kül içeriği 36,60 mM asetat uygulanan grupta (%33,25), en yüksek su miktarı ise 48,80 mM sodyum asetat uygulanan grupta

(%84,09) olarak belirlenmiştir. Ova-Kaykaç (2008) kül miktarının %15,84 ile %18,05 arasında değişim gösterdiğini bildirirken Yaich vd., (2011) *U. lactuca* için %19,59 olarak saptamıştır. Alglerin kül miktarının artması veya azalması talluslarında bulunan inorganik maddelerin varlığına bağlıdır. Karbondioksit uygulanan gruplar ortamdaki besin tuzlarını daha hızlı tüketmesi nedeniyle daha düşük kül içeriklerine sahip olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda inorganik ve organik karbon kaynaklarının *U. rigida*'nın büyüme hızı ve besin içeriğine etki ettiği belirlenmiştir. Karbondioksit verilen tallusların ham protein içeriklerinin arttığı deneme kapsamında saptanmıştır.

Kaynakça

- Akman, Y., Küçüköğüt, M., Düzenli, S., Tuğ, G. 2001. Plant Physiology (in Turkish). Palme Press. Ankara. 266-277.
- AOAC. 2002a. Protein content. 960.39. Official method of analysis (17th ed.). Gaithersburg, Maryland: Association of official Analytical Chemists.
- AOAC. 2002b. Ashes content. 920.153. official method of analysis (17th ed.). Gaithersburg, Maryland: Association of official Analytical Chemists.
- Becker, E.W. 1995. Microalgae: Biotechnology and microbiology. Baddiley, J., Carey, N.H., Higgins, I.J., Potter, W.G. (eds). Cambridge University Press. New York. pp:9-42.
- Beer, S., Eshel, A. 1983. Photosynthesis of *Ulva* sp. I. Effects of desiccation when exposed to air. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 70:91-97.
- Björnsäter, B.R., Wheeler, P.A. 1990. Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of *Ulva fenestrata* and *Enteromorpha intestinalis* (Ulvales, Chlorophyta). *Journal of Phycology*, 26:603-611.
- Cirik, S., Gökpinar, Ş. 1999. Plankton and its culture (in Turkish). Ege University Fisheries Faculty Periodicals. Bornova, 38:217.
- Chen, F., Johns, M.R. 1991. Effect of C/N ratio and aeration on the fatty acid composition of heterotrophic *Chlorella sorokiniana*. *Journal of Applied Phycology*, 3:203-209.
- Chen, F., Chen, H., Gong, X. 1997. Mixotrophic and heterotrophic growth of *Haematococcus lacustris* and rheological behaviour of the cell suspensions. *Bioresource Technology*, 62:19-24.
- DeBusk, T.A., Blakeslee, M., Rhyther, J.H. 1986. Studies on the Outdoor Cultivation of *Ulva lactuca* L. *Botanica Marina*, 19:381-386.
- FAO. 2009. The State of World Fisheries and Aquaculture 2006. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Floreto, E.A.T., Teshima, S., Ishikawa, M. 1996. Effects of nitrogen and phosphorus on growth on the growth and fatty acid composition of *Ulva pertusa* Kjellman (Chlorophyta). *Botanica Marina*, 39: 69-74.
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H.S. 1957. A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids From Animal Tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226:497-509.
- Garcia-Ferris, C., de los Rios, A., Ascaso, C., Moreno, J. 1996. Correlated biochemical and ultrastructural changes in nitrogen starved *Euglena gracilis*. *Journal of Phycology*, 32:953-963.
- Gong, X., Chen, F. 1997. Optimization culture medium for *Haematococcus pluvialis*. *Journal of Applied Phycology*, 9:437-444.
- Göksan, T., Ak, İ., Gökpinar, Ş. 2010. An Alternative Approach to the Traditional Mixotrophic Cultures of *Haematococcus pluvialis* Flotow (Chlorophyceae). *Journal of Microbiology and Biotechnology* 20(9):1276-1282.
- Jeon, Y.C., Cho, C.W., Yun, Y.S. 2006. Combined effects of light intensity and acetate concentration on the growth of unicellular microalga *Haematococcus pluvialis*. *Enzyme and Microbial Technology*, 39:490-495.
- Kut Güroy, B., Cirik, Ş., Güroy, D., Sanver, F., Tekinay, A. 2007. Effect of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* meals as a food additive on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 31(2):91-97.
- Lobban, C.S., Harrison, P.J. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press. New York, 366 pp.
- Msuya, F.E., Neori, A. 2008. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the Seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. *Journal of Applied Phycology*, 20:1021-1031.
- Orosa, M., Franqueira, D., Cid, A., Abalde, J. 2001. Carotenoid accumulation in *Haematococcus pluvialis* in mixotrophic growth. *Biotechnology Letters*, 23:1079-1085.
- Orosa, M., Franqueira, D., Cid, A., Abalde, J. 2005. Analysis and enhancement of astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis*. *Bioresource Technology*, 96:373-378.
- Ova Kaykaç, G., Cirik, Ş., Tekinay, A. 2008. The seasonal variation of proximate composition and amino acid contents of green algae *Ulva rigida* (C. Agardh) (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(1):9-12.
- Özdamar, K. 1997. Statistical data analysis by PC programs (in Turkish). I. Anadolu University Periodicals. Eskişehir. 1001:125-130
- Parker, H.S. 1981. Influence of relative water motion on the growth, ammonium uptake and carbon and nitrogen composition of *Ulva lactuca* (Chlorophyceae). *Marine Biology*, 63:309-318.
- Smith F.A., Walker, N.A. 1980. Photosynthesis by aquatic plants: effects of unstirred layers in relation to assimilation of CO₂ and HCO₃ and to carbon isotopic discrimination. *New Phytologist*, 86:245-259
- Soe-Htun, U., Ohno, M., Mizuta, S. 1986. Effects of salinity and temperature on the growth of the green alga *Enteromorpha prolifera* in culture. *Reports of the USA Marine Biology Institute, Kochi University*, 8:9-13.
- Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A.H., Kautsky, N., Kautsky, L. 1997. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariiales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output, *Aquaculture*, 156:45-61.
- Yaich, H., Gama, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C., Attia, H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry*, 128(4):895-901.