

Bazı deniz mikroalglerinin (*Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* ve *Dunaliella salina*) kültüründe tuzluluk konsantrasyonunun büyüme ve pigment yapısına etkisinin araştırılması

Investigation of the effect of salinity concentration on growth and pigment composition on the some marine microalgae (*Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* and *Dunaliella salina*)

Yaşar Durmaz* • Pinar Piriñç

Ege University, Faculty of Fisheries, 35100, İzmir, Turkey

* Corresponding author: yasar.durmaz@ege.edu.tr

Received date: 18.10.2016

Accepted date: 19.12.2016

How to cite this paper:

Durmaz, Y. & Piriñç, P. (2017). Investigation of the effect of salinity concentration on growth and pigment composition on the some marine microalgae (*Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* and *Dunaliella salina*). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(1): 75-80. doi:10.12714/egejfas.2017.34.1.11

Öz: Bu çalışmada; *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* ve *Dunaliella salina* türlerinin farklı tuzluluk değerlerinde büyümesi ve optimum tuzluluk değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kültürler, F/2 ortamında, balonlarda, pH 8'de, kültür sıcaklığı 22±2°C ve üçer tekrarlı olarak yapıldı. Farklı tuzluluk değerlerinde en yüksek hücre yoğunluğu *Nannochloropsis oculata* türünde ‰20 ile ‰30 arasında, *Tetraselmis chuii* türü için en yüksek hücre sayısı ise ‰30 ile ‰40 arasında elde edilmiştir. *Dunaliella salina* mikroalg türü için ‰40 tuzluluk konsantrasyonunda en yüksek hücre sayısı elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii*, *Dunaliella salina*, tuzluluk, ışık, beta karoten

Abstract: In this study, it has aimed that *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii*, and *Dunaliella salina* microalgae species were examined effects on growth in different salinity and to determine the optimum salinity concentration for the culture. Cultures were growth in flask enriched with F/2 medium arranged to be pH 8 as culture temperature to be 22±2°C and were performed in triplicate. In different salinity concentration, the highest cell density for *Nannochloropsis oculata* was obtained at ‰20 between ‰30 concentrations of salinity, for *Tetraselmis chuii* the highest cell density was determined at ‰30 and ‰40 concentrations of salinity. For *Dunaliella salina* microalga, the highest cell density was obtained at ‰40 concentrations of salinity.

Keywords: *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii*, *Dunaliella salina*, salinity, light, beta carotene

GİRİŞ

Fitoplankton hücrelerinin gelişimini çeşitli faktörler etkiler. Bunlar; ışık, sıcaklık, havalandırma-karıştırma gibi fiziksel faktörler ile sterilizasyon, mineral tuzlar, karbon gazı, pH ve tuzluluk gibi kimyasal faktörlerdir. Bu faktörlerden tuzluluk, fitoplankton gelişimini, metabolizmasını ve dağılımını etkileyen en önemli ekolojik faktörlerden birisidir (Alsull vd., 2012). Mikroalg türlerinin kimyasal kompozisyonları (lipit, karotenoid vs) ve büyüme oranları çevresel koşullar tarafından etkilenir. Bunlar; ışık, sıcaklık, besin, suyun tuz konsantrasyonudur. Bu faktörler; büyüme, fizyolojik aktiviteler ve biyokimyasal kompozisyon üzerinde etkilidir (Asulabh, 2012; Ben-Amotz ve Shaish, 1992).

Bu çalışmada, ülkemizde çipura, levrek larva yetiştiriciliğinde önemli bir yer tutan ve rotiferlerin

beslenmesinde yaygın olarak kullanılan *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* ve *Dunaliella salina* mikroalg türlerinin farklı tuzluluklardaki (*Nannochloropsis oculata* için; ‰20, ‰25, ‰30, ‰33, ‰35, ‰38, ‰40, tuzluluk, *Tetraselmis chuii* için; ‰20, ‰30 ve ‰40 tuzluluk, *Dunaliella salina* için; ‰40, ‰80, ‰150 tuzluluk) gelişiminin incelenmesi, yetiştiriciliğe en uygun tuzluluk derişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada, Akva-tek Su ürünleri Turizm San. ve Tic. A.Ş. işletmesinden temin edilen *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii*, ve *Dunaliella salina* türleri kullanılmıştır.

Deneme, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Urla Birimi plankton laboratuvarında sürdürülmüştür. Çalışma süresince laboratuvar sıcaklığı, bir klima ile $22\pm 2^\circ\text{C}$ 'ye ayarlanmıştır. Deneme üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sürekli havalandırma ile kültürlerin karıştırılması sağlanmıştır. pH 7-8 olarak ayarlanmış ve havalandırmada CO_2 ilavesi yapılmamıştır. Denemede kültür ortamı olarak F/2 besin ortamı kullanılmıştır (Guillard, 1975).

Nannochloropsis oculata türü ‰20, ‰30, ‰35 ve ‰40, ‰25, ‰33 ve ‰38 tuzluluk konsantrasyonları, *Tetraselmis chuii* türü ‰20, ‰30 ve ‰40 tuzluluk konsantrasyonları, *Dunaliella salina* ‰40, ‰80 ve ‰150 tuzluluk konsantrasyonlarında denemeler yapılmıştır.

Hücre sayımı, ışık mikroskobu kullanılarak, Neubauer hemositometre ile yapılmış, her bir kültürden alınan örnekler sayılarak bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Kuru madde miktarlarının saptanması için, her erlenden 5 ml örnek alınmıştır. 47 mm çaplı $0,45\ \mu\text{m}$ göz açıklığındaki Whatman GF/C filtre kağıtları yardımıyla süzülen örnekler 105°C 'ye getirilen etüvde 3-4 saat tutulduktan sonra kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Vonshak, 1997). Klorofil-a ve toplam karoten miktarları spektrofotometrik yöntemle göre, hücreler durgunluk fazına girerken yapılmıştır. 5 ml örnek tüplere alınarak, santrifüjde çöktürme işleminin ardından üzerinde kalan fazla su dökülmüştür. 5 ml aseton ya da metanol ile muamele edildikten sonra, cam tozu ilave edilerek, mekanik karıştırıcı ile 3-5 dakika süre ile homojenize edilmiş, elde edilen örnek, $50-60^\circ\text{C}$ suyun içerisinde 5 dk süre ile bekletildikten sonra vortex yardımıyla 15 sn karıştırma işleminin ardından tekrar santrifüj ile ayrılmıştır. Santrifüjden çıkan örneklerin üzerinde kalan sıvı, spektrofotometrede 666nm ve 475nm dalga boyunda okunmuş, aşağıda verilen formül ile klorofil a ve toplam karoten miktarı tespit edilmiştir.

Klorofil a ($\mu\text{g/ml}$) = $13,9 A_{666}$ (Sanchez vd., 2005)

A_{666} 666 nm okunan absorpsiyon (soğurma) değeri

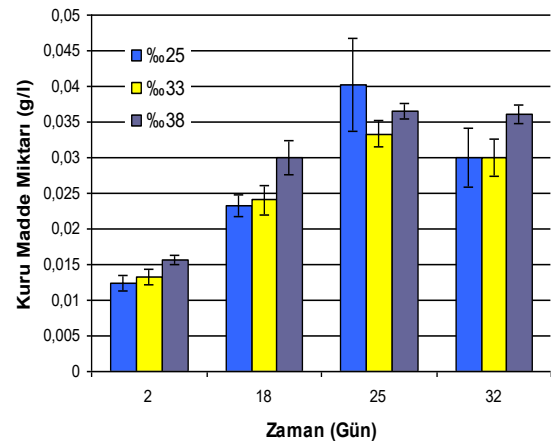
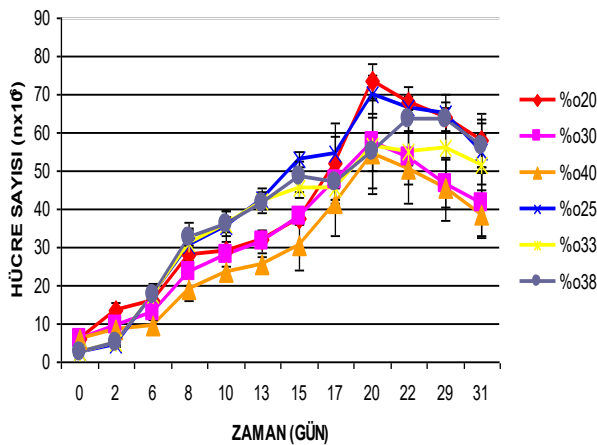
Toplam Karoten ($\mu\text{g/ml}$) = $4,5 A_{475}$ (Zou ve Richmond, 2000)

A_{475} 475 nm okunan absorpsiyon değeri

Verilerin istatistik analizi için Windows Versiyon 12 SPSS programı kullanılmış ve tüm veriler ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edilmiştir (Özdamar, 2004). Verilerin parametrik test varsayımlarını gerçekleştirildiğinden parametrik olmayan testlerden Duncan testi ile analiz edilerek, ters dönüşüm, logaritmik dönüşüm ya da Kruskal Wallis kullanılarak, P değerinin 0,05 ve 0,05 den küçük bulunduğu değerler istatistiksel açıdan farklı olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Nannochloropsis oculata türünün ‰20, ‰30, ‰35, ‰40 tuzluluk derişimindeki hücre sayıları 0. günde $6,08 \times 10^6$ hücre/ml iken 20. güne kadar kademeli olarak artmış, ‰20 tuzlulukta $73,33 \times 10^6$ hücre/ml'ye, ‰30 tuzlulukta $57,47 \times 10^6$ hücre/ml'ye, ‰35 tuzlulukta 52×10^6 hücre/ml'ye, ‰40 tuzlulukta $54,67 \times 10^6$ hücre/ml'ye kadar ulaşmıştır. *Nannochloropsis oculata* türünün ‰25, ‰33, ‰38 tuzluluk derişimindeki hücre sayıları ise, 0. günde $2,56 \times 10^6$ hücre/ml iken, 20. güne kadar kademeli olarak artmış ‰25 tuzlulukta $54,33 \times 10^6$ hücre/ml'ye ‰33 tuzlulukta $45,72 \times 10^6$ hücre/ml'ye ‰38 tuzlulukta 47×10^6 hücre/ml'ye kadar ulaşmış, en yüksek hücre sayısı ‰20 tuzlulukta ayarlanmış kültür ortamında tespit edilmiştir. Kuru madde miktarı en fazla, ‰25 tuzluluk derişimine sahip kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 1). Hücre sayısı ve kuru madde miktarı bakımından, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

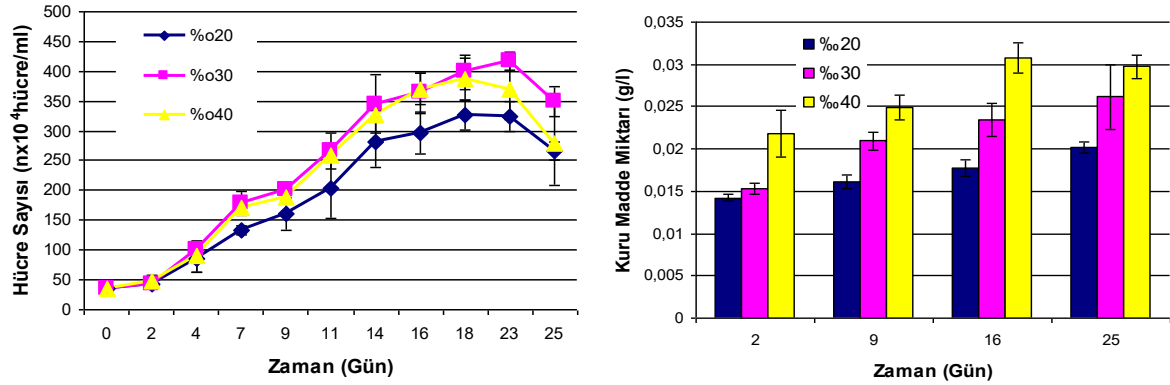


Şekil 1. *Nannochloropsis oculata* türünün farklı tuzluluk derişimlerinde ortalama hücre sayıları ($\text{nx}10^6$ hücre/ml) ve kuru madde miktarı (g/L) değişimleri

Figure 1. The variation in average cell number ($\text{nx}10^6$ cells/ml) and dry weight (g/L) of *Nannochloropsis oculata* at different salinity concentration

Tetraselmis chuii türünün ‰20, ‰30 ve ‰40 tuzluluk derişimlerinde, hücre sayıları tespit edilmiş, 0. günde 35×10^4 hücre/ml olan hücre sayısı 18. güne kadar kademeli olarak artmış, ‰20 tuzlulukta 326×10^4 hücre/ml'ye, ‰30 tuzlulukta 398×10^4 hücre/ml'ye, ‰40 tuzlulukta 386×10^4 hücre/ml'ye kadar ulaşmıştır.

En yüksek hücre sayısı, ‰30 ve ‰40 tuzlulukta ayarlanmış kültür ortamlarında tespit edilmiştir. Kuru madde miktarı en fazla ‰40 tuzluluk derişimine sahip kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 2). Hücre sayısı ve kuru madde miktarı bakımından, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

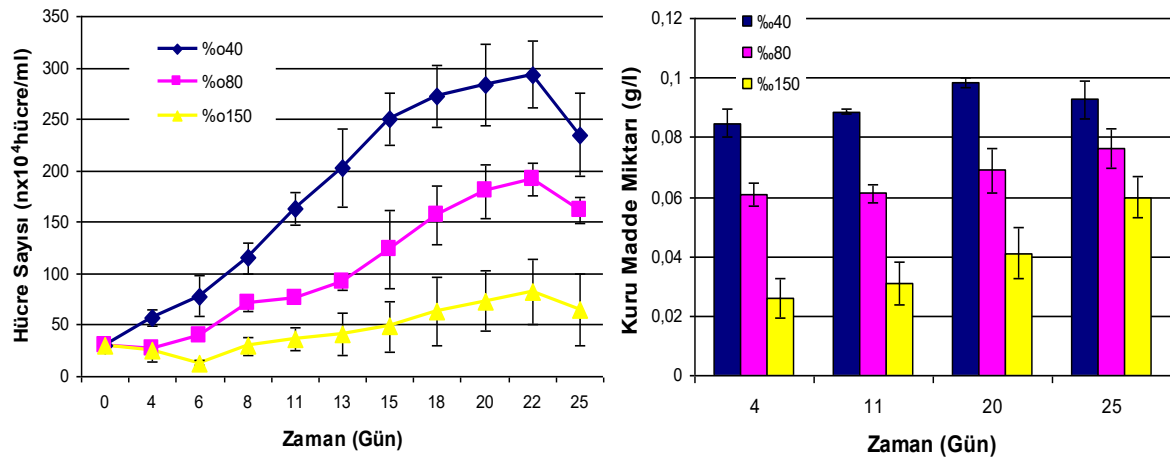


Şekil 2. *Tetraselmis chuii* mikroalg türünün farklı tuzluluk derişimindeki ortalama hücre sayıları ($nx10^4$ hücre/ml) ve kuru madde miktarı değişim grafiği (g/l)

Figure 2. The variation in average cell number ($nx10^6$ cells/ml) and dry weight (g/L) of *Tetraselmis chuii* at different salinity concentration

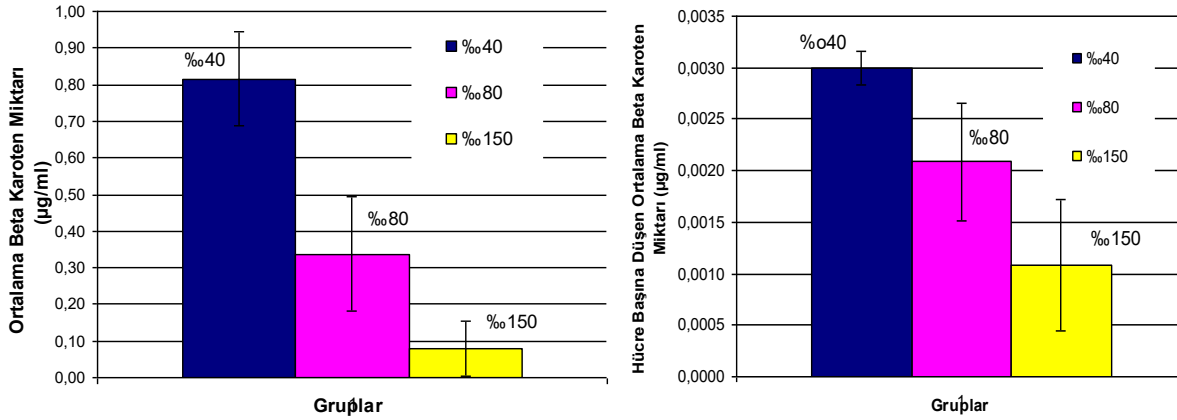
Dunaliella salina türünün ‰40, ‰80 ve ‰150 tuzluluk derişimlerinde, 0. günde 30×10^4 hücre/ml olan hücre sayısı 22. güne kadar kademeli olarak artmış, ‰40 tuzlulukta 293×10^4 hücre/ml'ye, ‰80 tuzlulukta 191×10^4 hücre/ml'ye, ‰150 tuzlulukta 81×10^4 hücre/ml'ye kadar ulaşmış, en yüksek hücre sayısı ‰40 tuzlulukta ayarlanmış kültür ortamlarında tespit edilmiştir. Kuru madde miktarı en fazla ‰40 tuzluluk derişimine sahip kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 3). 18. günde toplam

karoten miktarı ve hücre başına düşen ortalama beta karoten miktarları ($\mu\text{g/ml}$) en fazla $0,82 \mu\text{g/ml}$ ile ‰40 tuzluluk derişimine sahip kültürlerde elde edilmiştir. Hücre başına düşen beta karoten miktarı ise, en fazla $0,0030 \mu\text{g/ml}$ ile ‰40 tuzluluk derişimine sahip kültürlerde elde edilmiştir (Şekil 4). Duncan'a göre, hücre sayısı ve kuru madde ve toplam karoten miktarı bakımından, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,05$).



Şekil 3. *Dunaliella salina* mikroalg türünün farklı tuzluluk derişimindeki ortalama hücre sayıları ($nx10^4$ hücre/ml) ve kuru madde miktarı değişim grafiği (g/l)

Figure 3. The variation in average cell number ($nx10^6$ cells/ml) and dry weight (g/L) of *Dunaliella salina* at different salinity concentration



Şekil 4. 18. günde *Dunaliella salina* mikroalg türünün farklı tuzluluk derişimlerinde toplam karoten miktarları ve hücre başına düşen ortalama toplam karoten miktarları (µg/ml) değişim grafiği (µg/ml)

Figure 4. The variation in total carotene and beta-carotene per cell (µg/ml) of *Dunaliella salina* at different salinity concentration

TARTIŞMA VE SONUÇ

Algal büyüme düzenleyen en önemli parametreler; besin kalitesi ve miktarı, ışık, pH, türbülans, tuzluluk ve sıcaklıktır (Utting, 1985). Algal kültürlerde oluşturulan ortam koşulunda bir algal tür için optimum olan parametre, başka algal tür için optimum olmayabilir (Coutteau, 1996). Ayrıca, mikroalg türlerinin kimyasal kompozisyonları ve büyüme oranları ışık, sıcaklık, besin, suyun tuz konsantrasyonu tarafından etkilenir (Asulabh vd., 2012; Ben-Amotz ve Shaish, 1992). Mikroalg üretiminde temel hedef ekonomik bir sonuca ulaşmaktır. Özellikle hücrelerin ışığı etkin kullanamaması mikroalg üretiminde maliyeti etkileyen en önemli parametredir. Kültür balığı üretiminde mikroalg üretimi önemli bir maliyet girdisi oluşturur. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliğinde yoğun olarak kültürü yapılan *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* ve *Dunaliella salina* türlerinin, farklı tuzluluk konsantrasyonlarının büyüme ve pigment miktarları üzerine etkisi çalışılmış, her alg türü için optimum kültür yoğunluğunun tespit edilerek, az harcamayla daha yüksek verimlilikte ürün elde edilebileceği tespit edilmiştir.

Çevresel koşullar ile birlikte kültür ortamında kullanılan besin maddeleri ve konsantrasyonları mikroalgal büyüme ve mikroalgin biyokimyasal yapısı üzerinde değişikliklere neden olabilir. Büyüme, besin ortamlarında kullanılan nutrient türünün yanı sıra konsantrasyonlarında etkilemektedir (Brown vd., 1989). Pek çok tür için uygun olan F/2 besin ortamı ile *Nannochloropsis oculata* kültüründe en yüksek biyokimyasal değerler elde edilmektedir (Owens vd., 1987; Sukenik vd., 1993; Schneider ve Roessler, 1994; Lourenco vd., 2002). Bu nedenle çalışmamızda besin ortamı olarak F/2 besin ortamı tercih edilmiştir.

Tuzluluk fitoplankton gelişimini, metabolizmasını ve dağılımını etkileyen en önemli ekolojik faktörlerden birisidir. Tuzluluk artışına bağlı olarak hücrelerin fotosentez ve protein sentezi kapasitelerinin azaldığı ve tuzluluğun daha da

artırılmasıyla büyüme hızının düştüğü, dolayısıyla üretimde belirgin bir kaybın görüldüğü bildirilmiştir (Zhang vd., 2010). Deniz planktonlarının tuzluluk değişimine olan toleransları oldukça iyidir. Pek çok tür, doğal ortamdaki tuzluluğa göre daha düşük tuzlulukta iyi bir büyüme gösterir. Pek çok alg türü %12-44, optimum %20-24 tuzluluğu tercih eder. Pek çok türün canlılığını dahi sürdüremeyeceği %140 tuzlulukta büyüme hızı çok azalsa da, fotosentetik aktivite belirli bir süre devam eder (Ben-Amotz ve Avron, 1983; Borowitzka ve Borowitzka, 1992). Örneęin; *Isochrysis galbana* %15 tuzlulukta maksimum üreme gösterirken, *Tetraselmis suecica* %25-35 tuzluluğu tercih eder. *Spirulina platensis* %1 tuzlulukta iyi gelişme gösterir (Vonshak ve Tomaselli, 2000). *Dunaliella* sp. türü ise tuzu seven organizma olduğu için geniş tuzluluk aralığında yaşayabilir. (Dudu Evren vd., 2001; Çeleki ve Dönmez, 2001). Bartley vd., 2013, tarafından gerçekleştirilen çalışmada, *Nannochloropsis salina* mikroalg türünün büyümesi ve biyomas üretiminin %22 ve %34 tuzlulukta olduğunu tespit etmiştir. Farklı tuzluluk konsantrasyonlarında (%20, %25, %30, %33, %35 ve %38), Alsull ve Maznah Omar (2012), yaptıkları çalışmada, *Tetraselmis* sp. ve *Nannochloropsis* sp. mikroalg türlerini kültürde, %33 tuzluluk değişiminde elde edilmiştir. *Nannochloropsis oculata* mikroalg türü ile gerçekleştirdiğimiz çalışmada ise, en yüksek hücre sayısı %20 tuzlulukta ayarlanmış kültür ortamında, kuru madde miktarı değişimine baktığımızda en fazla, %25 tuzluluk değişimine sahip kültürlerde elde edilmiştir. *Tetraselmis chuii* türünün en yüksek hücre sayısı, %30 ve %40 tuzlulukta ayarlanmış kültür ortamlarında kuru madde miktarı değişimine baktığımızda en fazla %40 tuzluluk değişimine sahip kültürlerde elde edilmiştir. Bu çalışmada, tuzluluk artışına paralel olarak hücre sayısında düşüş olmuş ve son çıkan üründe azalma meydana gelmiştir.

Tuzluluk artışına bağlı olarak, hücrelerin fotosentez ve protein sentezi kapasiteleri azalır ve tuzluluğun daha çok artırılmasıyla büyüme hızı ve sonuç ürün üzerinde belirgin bir sınırlayıcı etki ortaya çıkar (Gökpinar, 1983). Ancak, *Dunaliella*

salina, tuzlu ortamlara çok iyi adapte olabilen mikroalg türü olarak bilinir (Goyal, 2007). *Dunaliella salina* mikroalg türü ile ‰40, ile ‰150 tuz konsantrasyonları arasında yapılan çalışmada da, en yüksek hücre yoğunluğu, ‰40 tuz konsantrasyonuna sahip kültürlerde, tuz konsantrasyonu yükseldikçe fotosentetik aktivite hızının düştüğü tespit edilmiştir. Pek çok türün canlılığını dahi sürdüremeyeceği ‰140 tuzlulukta büyüme hızı çok azalsa bile, fotosentetik aktivite belirli bir süre devam eder. Bu nedenle, *Dunaliella salina* türünün tuzluluk ayarlamasında yüksek tuzluluk konsantrasyonu (‰ 150) tercih edilmiştir. Fakat, Durmaz ve Gökpınar (2006) tarafından yapılan bir çalışmada da, Konya Tuz Gölü'nde *Dunaliella salina* olarak tanımlanan hücreler seyreltme yöntemi ile izole edilerek, yüksek tuzluluk, yüksek ışık şiddeti ve azot eksikliği gibi bazı stres koşulları altında kültüre alınmış, *Dunaliella salina*'nın yüksek tuzluluk konsantrasyonlarında gelişimini sürdürebildikleri gözlenmiştir. Çalışmada *Dunaliella salina* için en uygun tuz derişiminin ‰100 NaCl olduğu gözlenmiştir. *Dunaliella sp.* ile farklı NaCl (‰100, ‰150 ve ‰200) konsantrasyonlarında yapılan bir diğer çalışmada, ‰100NaCl konsantrasyonunda en iyi büyüme elde

ettiklerini bildirmişlerdir. (Dudu Evren vd., 2001). Yaptığımız çalışmada, *Dunaliella salina* türünün kültüründe ‰40 tuzluluk konsantrasyonda maksimum üreme gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmalarda ki tuzluluk konsantrasyonları *Dunaliella sp.*'nin bir türü için uygun olur iken, başka bir çalışma için optimum olmayabilir.

Sonuç olarak, canlılığın stres faktörlerine adaptasyon sürecinin uzunluğu ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmada hücrelerin ortama adaptasyon süreleri türlere göre değiştiği tespit edilmiştir. *Nannochloropsis oculata* için gecikme fazı ilk denemede 2 gün olur iken ikinci denemede ise 6. güne kadar devam ettiği kayıt edilmiştir. *Tetraselmis chuii* türünde ise adaptasyon süresi 2 gün iken *Dunaliella salina* türünde 6-8 gün olarak kayıt edilmiştir. Fakat tuzluluğa adapte edilmiş hücrelerin fotosentez kapasitesi azalmış, ışık enerjisini kullanamamış ve bundan dolayı da stresli hücrelerin fotoinhibisyona uğramaları artmıştır. Tuz stresine giren hücrelerde, büyüme oranının düştüğü ve bu nedenle büyüme oranında azalma olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Alsull, M. & Wan Omar, W. M. (2012). Responses of *Tetraselmis sp.* and *Nannochloropsis sp.* Isolated from Penang National Park Coastal Waters, Malaysia, to the Combined Influences of Salinity, Light and Nitrogen Limitation, *International Conference on Chemical, Ecology and Environmental Sciences*, Bangkok.
- Asulabh K.S., Supriya, G. & Ramachandra, T.V. (2012) Effect of Salinity Concentrations on Growth Rate and Lipid Concentration in *Microcystis Sp.*, *Chlorococcum sp.* and *Chaetoceros sp.*, LAKE: National Conference on Conservation and Management of Wetland Ecosystems, School of Environmental Sciences Mahatma Gandhi University, Kottayam, Kerala.
- Bartley, M., Boeing, W. J., Corcoran, A. A., Holguin, F. O. & Schaub, T. (2013). Effects of salinity on growth and lipid accumulation of biofuel microalgae *Nannochloropsis salina* and invading organisms. *Biomass and Bioenergy* 54: 83-88. doi: 10.1016/j.biombioe.2013.03.026
- Ben-Amotz, A. & Avron, M. (1983). On the factors which determine massive β -carotene accumulation in the halotolerant alga *Dunaliella bardawil*. *Plant Physiology* 72: 593-597. doi: 10.1104/pp.72.3.593
- Ben-Amotz, A. & Shaish, A. (1992). Carotene bio-synthesis. In: Avron, M., Ben-Amotz, A. (Eds.), *Dunaliella: Physiology, Biochemistry and Biotechnology*. CRC Press, (206-216pp) Boca Raton, FL.
- Borowitzka, M.A. & Borowitzka, L.J. (1992). Microalgal biotechnology, Cambridge University press, Vol :1, (477pp).Cambridge.
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W. & Garland, C.D. (1989). Nutritional aspects of microalgae used in mariculture: a literature review. *CSIRO Marine Laboratory Representative* 205, 44.
- Coutteau, P., (1996). Micro-algae. In: Lavens, P. & Sorgeloos, P. (Eds.). Manual on the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper* 361. FAO, Rome, 7-48.
- Çelekli, A. & Dönmez, G. (2001). Effect of pH and Salt Concentrations on Growth and β -carotene Accumulation by *Dunaliella sp.* (in Turkish with English abstract) *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1. Algae Technology Sym, 18: 79-86.
- Dudu, Evren, Ü., Kanlıtepe, Ç., Çıracı, C. & Dönmez, G. (2001). The Determination of Glycerol Production in *Dunaliella spp.* Isolated from Lake Tuz (Konya-Turkey). (in Turkish with English abstract) *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1. Algae Technology Sym, 18: 225-232.
- Durmaz, Y. & Gökpınar, Ş. (2006) Effects of salinity concentrations on growth *Dunaliella salina* (Dunal) Teodoresco (Chlorophyceae). (in Turkish with English abstract) *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 23 (1-2): 121-124.
- Goyal, A. (2007). Osmoregulation in *Dunaliella*, Part II: Photosynthesis and starch contribute carbon for glycerol synthesis during a salt stress in *Dunaliella tertiolecta*, *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 705-710. doi: 10.1016/j.plaphy.2007.05.009
- Gökpınar, Ş., (1983). Observations on the culture of a marine diatom *Phaeodactylum tricorinitum* bohlinin different nutrient and salinity concentration. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 6: 77-86.
- Guillard, R. R. (1975). Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates, In culture of marine invertebrate animals, (29-60 pp), Springer US.
- Lourenco, S., Barbarino, E., Mancini-Filho, J., Schinke, K. & Aidar, E. (2002). Effect of different nitrogen sources on the growth and biochemical profile of 10 marine microalgae in batch culture: An evaluation for aquaculture, *Phycology* 12: 249-255.
- Owens, T.G., Gallagher, J.C. & Alberte, R.S. (1987) Photosynthetic light-harvesting function of viyolaxanthin in *Nannochloropsis spp.* *Eustigmatophyceae*, *Journal of Phycology* 23: 79-85pp.
- Özdamar, K., (2004). Programs and Statistical Data Analysis, (in Turkish) I. Kaan Press, 649s, Eskişehir.
- Sanchez, M.D., Mantell, C., Rodriguez, M., Martinez de la Ossa, E., Lubian, L.M. & Montero, O. (2005). Supercritical fluid extraction of carotenoids and chlorophyll a, *Journal of Food Engineering* 66:245-251pp.
- Schneider, J. & Roessler, P. (1994). Radilabeling studies of lipids and fatty acids in *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae) an oleaginous marine alga, *Journal of Phycology* 30, 594-598pp.
- Sukenik, A., Carmeli, Y. & Berner, T. (1989). Regulation of fatty acid composition by irradiance level in the eustigmatophyte *Nannochloropsis sp.*, 1. *Journal of Phycology*, 25(4): 686-692. doi: 10.1111/j.0022-3646.1989.00686.x
- Sukenik, A., Zmora, O. & Carmeli, Y. (1993) Biochemical quality of marine unicellular algae with special emphasis on lipid composition: II. *Nannochloropsis sp.*, *Aquaculture*, 117: 313-326. doi: 10.1016/0044-8486(93)90328-V

- Utting, S.D. (1985). Influence of nitrogen availability on the biochemical composition of three unicellular marine algae of commercial importance. *Aquaculture Engineering* 4: 175-190. doi: [10.1016/0144-8609\(85\)90012-3](https://doi.org/10.1016/0144-8609(85)90012-3)
- Vonshak, A. (Ed.) (1997). *Spirulina platensis arthrospira: physiology, cell-biology and biotechnology*, CRC Press.
- Vonshak, A. & Tomaselli, L. (2000). *Arthrospira (Spirulina): systematics and ecophysiology*. In. *The ecology of Cyanobacteria*, B.A. Whitton and M. Potts (Eds), (505-22pp), *Kluwer Academic Publishers*, The Netherlands.
- Zhang, T., Gong, H., Wen, X. & Lu, C. (2010). Salt stress induces a decrease in excitation energy transfer from phycobilisomes to photosystem II but an increase to photosystem I in the cyanobacterium *Spirulina platensis*. *Journal of Plant Physiology*, 167: 951-958. doi: [10.1016/j.jplph.2009.12.020](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.12.020)
- Zou, N. & Richmond, A. (2000). Light-path length and population density in photoacclimation, *Journal of Applied Phycology* 12:349-354. doi: [10.1023/A:1008151004317](https://doi.org/10.1023/A:1008151004317)