

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ YETİŞTİRME VE ISLAHI
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKROALG KÜLTÜRÜ İLE HİDROPONİK KÜLTÜRÜN
BİRLEŞTİRİLMESİNİN *Mentha piperita* GELİŞİMİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

NURDAN MISMIL

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ YETİŞTİRME VE ISLAHI
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKROALG KÜLTÜRÜ İLE HİDROPONİK KÜLTÜRÜN
BİRLEŞTİRİLMESİNİN Mentha piperita GELİŞİMİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

NURDAN MISMIL

Dr.Öğr.Üyesi Gülsüm Ebru ÖZER UYAR
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Rezzan KASIM
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr.Öğr.Üyesi Şaziye Betül SOPACI
Jüri Üyesi, Ahi Evran Üniversitesi


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 24.06.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans eğitimim boyunca engin bilgisi ve tecrübesiyle, gerek tez yapım gerekse tez yazım anında pozitif düşünceleri ile beni her anda motive eden ve destekleyen değerli danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Gülsüm Ebru ÖZER UYAR'a sonsuz şükranlarımı sunmak isterim. Danışmanımın yanı sıra beni tüm üniversite eğitimim boyunca destekleyen, bana inanan ve her daim yanımda olduğunu gösteren değerli hocam Prof. Dr. Rezzan KASIM'a teşekkür ediyorum. Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümü, Biyoteknoloji laboratuvarında tezimin ilk aşamalarında çalışmalarımı yapabilmemi sağlayan ve bu konuda kendimi geliştirmem için yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Başar UYAR ve Dr. Togayhan KUTLUK'a teşekkür etmek istiyorum. Destekleyici, teşvik edici ve pozitif yorumları ile tez komisyonumda yer alan değerli hocam Dr. Öğr.Üyesi Şaziye Betül SOPACI' ya teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Ayrıca tezimi, 2018/055 No.lu projede maddi olarak destekleyen Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim ve tez hazırlık süresince yanımda olan, benimle bu süreci geçirirken desteklerini esirgemeyen sevgili hayat arkadaşım, değerli eşim Akın MISMIL'a ve yine tüm sevgi ve destekleriyle bu süreçte yanımda olan kıymetli aileme en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Haziran-2019

Nurdan MISMIL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLOLAR DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	6
1.1. <i>Mentha piperita</i> 'nın Genel Özellikleri	6
1.2. <i>Chlorella vulgaris</i> 'in Özellikleri	7
1.3. Alglerin Kullanım Alanları	11
1.4. Topraksız Tarım	21
1.4.1. Dünya'da ve Türkiye'de topraksız tarım	24
1.4.2. Topraksız tarımın avantajları	26
1.4.3. Topraksız tarımın dezavantajları.....	27
1.5. Hidroponik Sistemlerin Çeşitleri	28
1.5.1. Su kültürü (Hidroponik kültür)	28
1.5.1.1. Durgun su kültürü	28
1.5.1.2. Besleyici film tekniği (NFT).....	29
1.5.1.3. Derin veya yarı derin akan su kültürü	31
1.5.2. Aeroponik sistemler	31
1.5.3. Substrat kültürü	31
2. MATERYAL	34
2.1. Bitki ve Alg Materyali.....	34
2.2. Kimyasallar ve Cihazlar	34
2.3. Besiyeri İçeriği	34
3. YÖNTEM.....	35
3.1. Besi Ortamının Hazırlanması	35
3.2. <i>M. piperita</i> 'nın Hazırlanması	35
3.3. <i>C. vulgaris</i> Stok Kültürlerinin Hazırlanması.....	35
3.4. Hidroponik Ortamın Kurulması	36
3.5. Analitik ve Morfolojik Değerlendirmeler	37
3.5.1. Işık şiddetinin ölçümü	39
3.5.2. pH ve EC ölçümleri.....	39
3.5.3. Sıcaklık ölçümleri	39
3.5.4. Deneme planı.....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1. <i>C. vulgaris</i> 'in Büyüme Eğrisi.....	43
4.2. Hidroponik Kültürlerde <i>C.vulgaris</i> 'in Büyümesi.....	43
4.3. <i>M. piperita</i> 'da Ağırlık Değişiminin Belirlenmesi	44
4.4. <i>M. piperita</i> 'nın Kök Ve Gövde Uzunluğunun Belirlenmesi	45
4.5. Çözünmüş Oksijen Ortalaması (%).....	48

4.6. Renk Tayinleri ve Klorofil Ölçümü	50
5. SONUÇ	52
KAYNAKLAR	54
EKLER.....	62
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	69
ÖZGEÇMİŞ	70



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. <i>Mentha piperita</i> Bitkisi	7
Şekil 1.2. <i>Chlorella vulgaris</i> 'in mikroskopik görüntüsü	10
Şekil 1.3. Durgun Su Kültürü	29
Şekil 1.4. Besleyici Film Tekniği Sistemi	30
Şekil 1.5. Aeroponik sistemde bitkilerin görünümü	31
Şekil 3.1. 1550 Lux şiddetinde aydınlatma kabine yerleştirilen katı ve sıvı kültürler	36
Şekil 3.2. 80 ml hazırlanan kültürler	37
Şekil 3.3. <i>M. piperita</i> Boy Ölçümleri	38
Şekil 3.4. Alttan ve yanlardan aydınlatması yapılmış deney düzeneği	39
Şekil 3.5. Deneme başlangıcında <i>M. piperita</i> 'nın gruplara ayrılması ve numaralandırılması	41
Şekil 3.6. Deneme gruplarında beherlere yerleştirilmiş <i>M. piperita</i>	41
Şekil 3.7. Parafilm ile kapatılan hidroponik sistemin görünümü	42
Şekil 3.8. Alınan numunelerin görünümü	42
Şekil 4.1. <i>C. vulgaris</i> büyüme grafiği	43
Şekil 4.2. Grup 1 ve Grup 2'de <i>C. Vulgaris</i> 'in OD değerleri ortalamaları	44
Şekil 4.3. Deneme gruplarında kullanılan <i>M. piperita</i> fidelerinin, deneme sonunda başlangıca göre ağırlık değişimi	45
Şekil 4.4. Deneme gruplarına göre <i>M. piperita</i> kök ve gövde uzunluğu değişimi	46
Şekil 4.5. <i>M. piperita</i> 'da kök oluşumu Sırasıyla A-HNK1, B- HNK2, C-HNK3 ve D-HNK4 deneme gruplarında kök oluşumları	47
Şekil 4.6. Deneme gruplarına göre ortalama çözünmüş O ₂ miktarının gösterimi	49

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1.1.	<i>Mentha piperita</i> 'nın sistematigi	6
Tablo 1.2.	<i>Chlorella vulgaris</i> 'in sistematigi	10
Tablo 1.3.	Farklı mikroalglerin genel kompozisyonu.....	17
Tablo 1.4.	Gıda olarak tüketilen bazı algler	18
Tablo 1.5.	İnsan tüketimi için kullanılan veya kullanılması önerilen mikroalgler.....	20
Tablo 1.6.	Topraksız tarımın bazı ülkeler ve Türkiye'deki durumu.....	24
Tablo 1.7.	Topraksız tarımın iller bazında Türkiye'deki durumu	26
Tablo 1.8.	Organik ve inorganik substrat çeşitleri	32
Tablo 2.1.	BG 11 İçeriği	34
Tablo 3.1.	Deneme gruplarının gösterimi	40
Tablo 4.1.	<i>M. piperita</i> 'ya ait L*, a*, b* ve Hue Değerleri	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

°C	:Santigrat (Derece)
BG-11	:Blue Green Besin Ortamı
CO ₂	:Karbondiyoksit
da	:Dekar
DHA	:Dokosaheksaenoik Asit
EC	:Electrical Conductivity (Elektriksel İletkenlik)
EPA	:Eikozapentaenoik Asit
IAA	:Indol Asetik Asit
LED	:Light Emitted Diode (Işık Yayan Diyot)
NFT	:Nutrient Film Technic (Besleyici Film Tekniği)
pH	:Hidrojen İyonu Konsantrasyonunun Negatif Logaritması

MİKROALG KÜLTÜRÜ İLE HİDROPONİK KÜLTÜRÜN BİRLEŞTİRİLMESİNİN *Mentha piperita* GELİŞİMİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada mikroalg kültürü ile hidroponik sistem birleştirilerek hem alg kültürünün hem de bitki gelişiminin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Alglerin bitkinin büyümesinde olumlu katkılarda bulunduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Alglerin fotosentez sonucu ürettikleri oksijen, bitkinin köklerinde gerçekleşebilecek anaerobiosis engellemektedir. Ayrıca alglerin büyüme ortamına oksin, sitokinin, giberellin, absisik asit ve etilen gibi bitki büyüme hormonlarını salgıladıkları gösterilmiştir. Bunların dışında bu kadar doğrudan olmasa da bitkinin büyümesine antifungal ve antibakteriyel maddeler üreterek de katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle bu araştırma ile mikroalgler ile hidroponik sisteme bırakılan bitkinin simbiyotik olarak yaşayacağı, mikroalglerin ürettiği oksijenin bitki köküne, kökün ürettiği karbondioksitin alge etkisi yapılan deneysel çalışmalar ile gösterilmeye çalışılmıştır. Çalışmalar esnasında kullanılan mikroalg *Chlorella vulgaris* Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Biyoteknoloji laboratuvarından temin edilmiştir. Kullanılan nane (*Mentha spp.*) saksılarda yetiştirilmiştir. Nane hem alg ile farklı deneme gruplarında (HNK1, HNK2) hem de algsiz deneme gruplarında (HNK3 ve HNK4) gelişime bırakılmıştır. Alglerin naneyle birlikte gelişimlerine bakıldığında havalandırmalı (HNK1) ve havalandırmasız (HNK2) ortamlarda çok fark olmadığı gözlenmiştir. Ağırlık artışı en çok HNK4'te, uzunluk artışı en çok HNK3'te, kök gelişimleri en iyi algli ortamlarda (HNK1 ve HNK2) bulunan nanelerde olmuştur. Nanelerdeki renk değerleri ve klorofil ölçümleri deneme grupları arasında farklılık göstermemiştir. Çözünmüş oksijen miktarlarındaki azalma havalandırmalı olan deneme gruplarında (HNK1 ve HNK3) diğer gruplara göre daha fazla olmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Chlorella vulgaris*, Hidroponik Sistemler, *Mentha piperita*, Mikroalg.

DETERMINATION OF THE EFFECT OF MICROALGAE CULTURE AND HYDROPONIC CULTURE ON *Mentha piperita* GROWTH

ABSTRACT

In this study, it was aimed to improve both algal culture and plant growth by combining microalgae culture and hydroponic system. It has been shown in various studies that algae make positive contributions to the growth of the plant. The oxygen produced by algae as a result of photosynthesis prevents anaerobiosis which may occur in the roots of the plant. Moreover; it has been shown to secrete plant growth hormones such as auxin, cytokine, gibberellin, abscisic acid and ethylene to the growth environment of algae. In addition, antifungal and antibacterial agents are produced by algae, which helps the plant growth indirectly. This study has revealed the symbiotic life of the plant placed in the hydroponic system with microalgae. Also it has been shown the effect of both the oxygen produced by the microalgae to the plant root and the carbondioxide produced by the root to the algae. The microalgae (*Chlorella vulgaris*) used in the studies were obtained from Biotechnology Laboratory of Chemical Engineering Department of Kocaeli University. Peppermint (*Mentha spp*) was grown in pots. Peppermint was left to development both in algae with different trial groups (HNK1, HNK2) and in algae-free trial groups (HNK3 and HNK4). When the development of algae with peppermint was examined, it was observed that there is not much difference in ventilated (HNK1) and non-ventilated (HNK2) environments. The weight increase was highest in HNK4, the length increase was highest in HNK3 and the growth of peppermint roots was best in algae environments (HNK1 and HNK2). Color values and chlorophyll measurements in the peppermint did not differ between the experimental groups. The decrease in dissolved oxygen amounts was higher in the ventilated experimental groups (HNK1 and HNK3) than in the other groups.

Keywords: *Chlorella vulgaris*, Hydroponic Systems, *Mentha piperita*, Microalgae.

GİRİŞ

Dünya nüfusunun artmasının sonucu olarak ihtiyacında artmasına karşılık, tarım yapılabilecek araziler de gitgide azalmıştır. Bu yüzden tarım için uygun olan alanlardan daha fazla ürün elde etme yoluna gidilmiştir. Tarımsal topraklarda, 20. yüzyılın başından itibaren, birim alandan daha yüksek verim almak için yoğun çalışmalar yapılmış ve bilinçsizce kimyasal gübre, hormon ve zirai kimyasal ilaçlar kullanılmıştır. Dolayısıyla, modern tarımda bu gübreleme çalışmaları yapılırken sadece bitki gelişimi ve bu bitkilerden alınacak en yüksek verim amaçlanmakta ancak aşırı kullanılan bu kimyasalların çevreye ve tarım topraklarına vereceği zararlar önemsenmemektedir.

Üretim ihtiyacı arttıkça, tarımsal üretimde kimyasal ilaç ve kimyasal gübre kullanımı da artmıştır. Kullanılan kimyasallar toprak yapısında deformasyonlara ve toprakta bulunan mikroorganizmaların faaliyetlerinin azalmasına sebep olmuştur (Emrebaş, 2010). Ayrıca bu tarım arazilerinde ki yoğun kimyasal kullanımı, verimi ve üretimi arttırırken, toprak verimliliğinin sürdürülebilirliği ile birlikte doğal dengenin bozularak tehlikeye girmesine sebep olmuştur (Özdemir ve diğ., 2016).

Ekolojik sistemde yanlış ve aşırı kimyasal kullanılarak yapılan bu uygulamalar sonucu bozulan bu doğal dengeyi yeniden düzenlemek için, insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içeren, sentetik kimyasal tarım ilaçları ve gübrelerin kullanımını minimum düzeyde kullanmayı amaçlayan gelişmiş tekniklerin tarımsal üretimde kullanılmasına ihtiyaç vardır. Birçok ülkede bu nedenlerle klasik tarım uygulamalarından çevre dostu olan üretim tekniklerine geçilmeye başlanmıştır (Emrebaş, 2010).

Tarımsal alanlarda kullanılan kimyasal ilaçların etkilerinin farkına varılmasıyla değişmeye başlayan koşullar karşısında özellikle başta gelir seviyesi yüksek olan ülkeler olmak üzere bilinçlenen üretici ve tüketiciler, doğaya ve çevreye zarar vermeyen yöntemlerle, insanlara toksik ve zehir etkisi olmayan tarımsal ürünleri üretmeyi ve bunları tüketmeyi tercih etmişlerdir (Cardozo ve diğ., 2007).

Bu amaca yönelik olarak; doğaya daha az zararlı kimyasallar ve teknikler geliştirilmeye çalışılmış, böylece hem üretimin artırılması hem de kısa sürede daha verimli bir üretim yolu için yeni sistem arayışları içine girilmiştir (Novák, 2009).

Ülkemiz tarım alanlarında yoğun tarımsal kültürel uygulamalar neticesinde toprak ile alakalı önemli problemler ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar su ve bitki besin elementi noksanlığı, toprak pH'sının belirlenen miktarlardan farklı olması, bazı bitki besin elementleri arasındaki dengesizlikler, yetersiz organik madde miktarı, tuzluluk, drenaj, toprak yoğunluğu ve temizlik olarak ifade edilebilir. Bu amaçla tarım alanlarında toprak kirliliğinin azaltılması ve daha hızlı ve temiz bir üretim yapabilmek adına son yıllarda topraksız tarım uygulamaları geliştirilmeye başlanmıştır. Günümüzde bu uygulamalar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Topraksız tarım denemeleri, ilk kez 1920'li yıllarda Amerika'da ticari amaçlı kullanılmaya başlanmış, Avrupa'da ise teknolojinin gelişimi doğrultusunda 1965'ten sonra hızla gelişmiş, bugünkü durumuna gelmiştir (Başar, 2000). Topraksız tarım sistemleri, su kültürü (hidroponik) ve ortam kültürü (substrat kültürü) olmak üzere iki şekilde gelişmiştir.

Genel bir tanımlama ile hidroponik sistem, toprak kullanmadan, bitkisel üretimin durgun veya akan mineralli besin eriyiklerinde, bitki yetiştirme yöntemidir. Bitkiler, ihtiyaç duydukları besin maddelerini ve mineralleri toprak yerine, yetiştirme ortamlarına verilen solüsyonlardan alırlar (Jones Jr., 2016).

Su kültüründe bitkiler mineral besin çözeltileri içinde yetiştirilirken, ortam kültürlerinde ise bitkilerin kökleri organik, inorganik veya sentetik ortamlar içinde yetiştirilmektedir. Bu amaçla kullanılan ortamlar perlit, çakıl, kum, turba, kaya yünü, genişletilmiş kil ve hindistan cevizi kabuğu gibi nötr bir ortamda kendi kökleri ile yetiştirilebilir (Meriç, 2008).

Su ürünleri yetiştiriciliğinin entegrasyonu ve bitkilerin hidroponik ekimi son 30 yılda çok çeşitli sistem tasarımları, bitki ve suda yaşayan hayvanlar ve deneysel protokoller Rakocy ve Hargreaves tarafından incelenmiştir (Okudur ve Ercan, 2016).

Ayrıca su kültürü (Aquakültür) ile hidroponik sistemlerin entegrasyonu (Aquaponik sistemler) ile ilgili sistem tasarımları, sistemlerin endüstriyel ve bilimsel uygulamaları hakkında çok sayıda araştırma yapılmıştır (Yep ve Zhang, 2019; Zhang ve diğ., 2017).

Algler insanların kendi yararları için kullanmaya başladıkları doğal kaynaklar arasındadır. Algler, aynı zamanda ekolojik düzenin en önemli birincil üreticileri olup, organizmalar içinde de en değerli ekolojik gruptur. Özellikle günümüzde mikroalgler üzerinde yapılan son biyoteknolojik çalışmalar ve teknik incelemeler, alglerin endüstri, ilaç, tarım, gıda, yem, çevre ve kozmetik gibi alanlarda kullanımını arttırmaya yöneliktir. Yapılan çalışmalar arasında biyodizel yakıt hammaddesi için mikroalglerin yağ kalitelerinin artırılmasına yönelik stres koşullarının araştırılması üzerine denemeler yapmıştır (Gökpınar, 2013).

Ayrıca tarımda kullanılan gübrelerin sınırlı olması yeni üretim materyalleri arayışına sebep olmuş ve bu konuda protein içeriği bakımında da zengin olan *C. vulgaris* kullanılarak biyogübrelerin seralarda ve tarımsal üretim alanlarında kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Özdemir, 2015). Biyogübreler bitkiye, tohum ve toprak yüzeyine uygulandıklarında, içerdikleri canlı mikroorganizmalar bitki içinde kolonileşme yapar ve konukçusu olduğu bitkiye, ihtiyacı olan temel besin maddelerinin ulaştırılmasını sağlar (Sönmez, 2017).

Farklı kimyasal ve biyolojik bileşikleri üretme özelliği olan mikroalgler, bu özellikleri nedeniyle ticari alanlarda önemi olan, endüstri sektöründe de kullanımı açısından gelişme gösteren organizmalardır. Balıklar ve diğer sucul organizmaların besinini oluşturan besin zincirinin en alt kademesindeki algler, dünyadaki bitki biyokütlesinin yaklaşık 1/3'ünü oluşturmaktadır (Tapan, 2006).

Algler, güneş ışığı altında atmosferdeki karbondioksiti alır ve insanlar için önemli olan oksijeni üretirler. Sucul ortamlarda yaşayan mikroalglerden yararlanmak için 1950'lerden beri araştırmalar yapılmaktadır (Spalore ve diğ., 2006).

Algler veya diğer bir genel ismiyle yosunlar, uzun yıllar, alternatif bir enerji kaynağı olarak gündemde olmasının dışında, hayvan yetiştiriciliğinde yem maddelerine besin katkısı olması için üretilip, böyle değerlendirilmişlerdir (Aktar, 2010).

Birkaç yüzyıldır, alglerin, gıda maddesi olarak Asya ülkeleri olan Çin, Japonya ve Kore Cumhuriyeti'nde kullanımı önemli düzeylerde olup, bu ülkelerde deniz yosunlarına geniş yer verilmiş ve geleneksel bir kullanım alanı sağlamıştır. Asya ülkelerindeki insanların dünyanın farklı yerlerine göç etmeleriyle birlikte bu geleneksel gıda maddesi de yine o yöre insanıyla farklı bölgelere taşınmıştır. Günümüzde de birçok ülke insanı, deniz yosunlarının tüketimine alışmış ve dolayısıyla deniz yosunlarını tüketen ülke sayısı artmıştır (Alçay, 2017).

Ülkemizin üç yanı denizlerle çevrili olmasına rağmen, mikroalgler ile yapılan çalışmalar ve onların kullanım alanları oldukça sınırlı düzeydedir. Ancak son yıllarda ülkemiz kıyılarında dağılım gösteren mikroalglerin kimyasal içeriği ve kullanım alanlarının önemi farkedilmiş ve yapılan çalışmalar giderek artış göstermiştir (Oğur, 2016).

Alglerden üretilen gübreler, eski yıllardan beri, dikkat ve özenli bakım isteyen, özel kültürler için kullanılmaktadır. Örneğin, sebze yetiştiricileri tarafından Fransa'nın Atlantik kıyılarındaki seralarda çilek bitkilerinin gübrenmesinde mikroalglerden yararlanılmaktadır (Whapham ve diğ.,1994).

Biyoteknolojik uygulamalarda kullanılabilirliği oldukça yüksek olan mikroalg türlerinden *C. vulgaris*, geniş çapta ticarileştirilmiş ve bu alanda geliştirilmiştir.

Chloropyhta üyesi olan bu algin, protein içeriği %42-58 oranlarındadır. Bu yönüyle *C. vulgaris* alternatif protein kaynağı olarak görülmekte ve bu yüzden birçok ülke tarafından kullanım talebi artmaktadır. Ayrıca farklı kullanımlar için kültüre alınmaktadır (Özdemir ve diğ., 2016).

Tıp bitkilerinden olan ve çok eski dönemlerden bu yana hemen hemen her alanda kullanımı yaygın olan nane (*Mentha sp.*), Lamiaceae familyasından olup,. anavatanı Orta Avrupa ve Asyadır. Dünyada 25 tür ve çok sayıda melez türle temsil edilen *Mentha*'nın ülkemizde 12 taksonu yayılış göstermektedir (Demirez, 2013).

Nane, taze sürgün ve yaprakları yemeklere çeşni veren aromatik bir baharat olarak kullanılmakta ayrıca Akdeniz ülkelerinde salatalarda kullanılmak üzere tercih

edilmektedir. Geleneksel Türk mutfağında ise gerek kurutulmuş halde baharat olarak gerekse taze şekliyle sebze olarak salata ve yemeklerde tercih edilmektedir.

Nanenin üretimi yapılan kısmının önemli bir bölümü kurutularak toz haline getirilmekte ve çeşitli firmalarca ambalajlanarak baharat olarak satışa sunulmaktadır. Bunun yanı sıra üreten kişiler tarafından da kurutulup kullanılmaktadır (Demirez, 2013).

Mentha türlerinin dünya üzerinde birçok ülkede ticari olarak tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde ise çok eski yıllardan beri bahçelerde, evlerin önünde, saksılarda ve tarlalarda yetiştirilmektedir. Ayrıca nanenin, tıbbi açıdan spazm ve gaz giderici, serinletici ve uyarıcı etkilere sahip olduğu bilinmektedir.

Ayrıca kurutulmuş hali çay şeklinde demlemesi yapılarak da kullanılmaktadır. Ayrıca nane bitkisinden elde edilen nane yağı ilaç, gıda ve kozmetik sanayinde geniş bir kullanıma sahip olup, bu bitki mentolün en zengin doğal kaynağıdır (Büyükbayraktar, 2014).

Bu araştırmada, mikroalg kültürü ile hidroponik kültürün birleştirilerek, bu entegre sistemin bitki gelişimine etkileri incelenmiştir. Bu çalışma ile hem mikroalg hem de *Mentha* bitkisinden karşılıklı ve tam fayda elde edilmesi amaçlanmıştır.

Böylelikle *C. vulgaris*'in özellikle hidroponik sistemlerde alternatif büyüme ortamı materyali olarak kullanılabilecek bir biyogübre olup olmayacağı hem de sistem de kullanılan *Mentha* bitkisi ile birlikte yaşayıp, bitki gelişimine de pozitif yönde etkilerinin görülmesi sağlanacaktır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. *Mentha piperita*'nın Genel Özellikleri

Lamiaceae familyası oldukça geniş alanlarda kullanılan hemen hemen her alanda faydası yüksek bitkilerden oluşan büyük bir familyadır. Lamiaceae familyası takson sayısı bakımından Türkiye'nin en zengin üçüncü familyasıdır. Ülkemizdeki endemizm oranı yaklaşık % 44,5'tir (Kahraman ve diğ., 2009). Bu familyanın üyesi olan *Mentha*, tek veya çok yıllık, otsu, çalimsı ve kısmen de odunsu olan 30-90 cm boylanabilen, hafif tüylü, oldukça sık çatallaşabilen, kahverengimsi gövdeye sahip bir bitkidir. Adaptasyon toleransı yüksek sınırlara sahip bu bitkinin, özellikle ılıman ve tropikal bölgelerde ideal gelişim gösterdiği bilinmektedir. Ülkemizde ise hemen her bölgenin doğal florasında rastlanmakla birlikte, özellikle Ege ve Akdeniz Bölgesi bu bitki familyasının endemik türleri açısından önemli bir konumdadır. *M. piperita* sistematigi Tablo 1.1' de verilmiştir.

Tablo 1.1. *Mentha piperita*'nın Sistematigi

Alem	Plantaea
Bölüm	Magnoliophyta
Sınıf	Magnoliopsida
Takım	Lamiales
Familya	Lamiaceae
Cins	<i>Mentha</i>
Tür	<i>Mentha piperita</i>

Son yıllarda yapılan çalışmalar da bu bitkinin çok yönlü olarak hem tarım bitkisi hem de çeşitli sanayi alanlarında endüstri bitkisi olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir. Nane, *Mentha* türlerine verilen genel isimdir. Bu bitkiler çok yıllık sürünücü gövdelere sahip otsu bitkilerdir. Anavatanı Orta Asya ve Avrupa olan nane, dünyanın hemen hemen her bölgesinde yayılış gösterir. Özellikle subtropik ve ılıman bölgelerde yoğun olarak yayılış gösterir. Bunun yanı sıra yağış miktarı fazla olan ılıman bölgelere de daha çok adapte olmuştur.



A

B



C

D

Şekil 1.1. *Mentha piperita* Bitkisi. A: Bitkinin Çiçeği. B: Doğal Habitatındaki Görünümü. C-D: Bitkinin Yaprak Formu (URL-1,2,3)

Ekonomik açıdan nane bitkisinin yaprakları en değerli kısımlarıdır. Toprak isteği bakımından çok seçici olmamakla birlikte, nemli ve humusça zengin topraklarda daha iyi yetişir. Üretimi tohumla olan bu bitkinin, toprak altı sürgünleri ve gövde çeltikleriyle de kolayca üretilebilir. Ülkemizde nane üretimi 2015 yılında yaklaşık 14.945 tondur (Temel ve diğ., 2018).

1.2. *Chlorella vulgaris*'in Özellikleri

Algler, dış görünüşleri bakımından, ipliksi yapıda olup, gerçek çekirdekleri olmayan basit bir hücre yapısına sahip olan (prokaryot) veya gerçek bir çekirdeğe sahip ökaryotik yapıda olan, mikroskobik formlardan birkaç metre boyunda yosunlar kadar değişik morfolojide gözlenebilen, besin zincirinin ilk sırasında yer alan canlılardır (Öterler ve diğ., 2014). Alglerin üretime olan katkıları büyüktür ve bu durum yaşam piramitinin üst basamağındaki canlılarla olan ilişkileri açısından önem taşımaktadır.

Yaşama ve yayılma alanları çok geniş olup, genellikle sucul ve yarı sucul habitatlarda (okyanuslar, nehirler, tatlı su gölleri, çaylar, dereler, kutup gölleri, su birikintileri vb.) tekli hücre şeklinde veya koloni şeklinde gelişime gösterirler. Ayrıca selüloz çepere sahip olup, ototrof, fotosentetik ökaryotik ve prokaryotik canlılardır (Alçay, 2017).

Dağılım alanları oldukça geniştir. Algler genellikle tatlı, acı ya da tuzlu sularda gelişirler. Amerika'nın bazı dağlarındaki karlardan, çıplak, çorak kayalar üzerinde gelişen liken birliklerine, çöl topraklarında yaşayan tek hücreli alglerden, sıcak su kaynaklarına kadar dünyanın büyük çoğunlukla her ortamında gelişmektedirler.

Algler denizlerde çok büyük kitleler halinde bulunabildikleri gibi, tatlı sularda da çok yüksek oranda gelişim gösterirler (Özdemir ve diğ., 2016). Yaşama ve gelişmeleri için ışığa ihtiyaçları olan bu fitoplanktonik organizmalar, akuatik ortamda su tabakasının ışık alan üst kısımlarında daha yaygın bir dağılım gösterirler. Çünkü oksijen, suyun dip kısımlarda yeterli oranda olmaz. Çoğalmaları ışık, sıcaklık ve besin miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Ototrof olan bu canlılar, ışıktaki fotosentez yoluyla karbondioksit ve inorganik maddelerden yüksek enerji potansiyeline sahip organik bileşikler oluştururlar. Bu şekilde besin üretmiş oldukları gibi bulundukları ortamda suyun çözünmüş oksijen miktarını arttırmış olurlar. Bu canlılara protein üreten fabrikalar da denmektedir (Pirinç, 2014).

Algler güneş enerjisinin büyük bir kısmını biyokütleye çeviren ökaryotik organizmalardır. Tablo 1.2. de sistematigi verilen *Chlorella*, tek hücreli bir canlıdır (Şekil 1.2). Tek başına bir besin kaynağıdır. İçerik olarak, vitamin, protein (%50-60), mineral, aminoasitler, nükleik asitler (RNA, DNA), temel yağ asitleri, enzimler ve pigmentleri bünyesinde saf ve doğal olarak mükemmel bir denge içerisinde barındırır. Deniz yosunları olarak da bilinen makroalgler kahverengi algler (*Phaeophyta*), kırmızı algler (*Rhodophyta*), yeşil algler (*Chlorophyta*) ve mavi-yeşil algler (*Cyanophyta*) olmak üzere dört farklı gruba toplanabilir (Alçay, 2017).

Mikroalg terimi ise mikroskopik algler ve oksijenik fotosentetik bakteriler olan siyanobakteriler için kullanılmaktadır.

Mikroalgler deniz ve tatlı su ekosisteminde yaygın olarak bulunmakta ve sucul besin zincirinin temelini oluşturmakta, ayrıca sahip oldukları şekil, pigment içerikleri ve yaşam döngülerindeki farklılıklara göre sınıflandırılmaktadırlar. Mikroalglerin tahmini 50000'den fazla türü olduğu düşünülmektedir ancak günümüzde bu türlerin yaklaşık 30000'e yakın kısmı belirlenebilmiştir (Elcik ve Çakmakçı, 2017).

Algler, diğer canlılara oranla, doğada bilinen, içerisinde en yüksek miktarda klorofil barındıran doğal bir kaynaktır. Çoğunlukla bünyesinde demir, iyot, çinko, magnezyum, fosfor ve kalsiyum da içermektedir (Bulut, 2009). Ayrıca mineral beslenme istekleri de yüksek bitkilerden çok farklı değildir. Temel ihtiyaçları karbon, fosfor, azot, kükürt, magnezyum ve potasyumdur (Altın, 2017).

Çoğu mikroalg kültürü için pH aralığı 7 ile 9 arasındadır; ancak doğada uç değerlerde pH değeri olan ortamlara uyum sağlamış mikroalgler bulmak mümkündür (Altın, 2017).

Mikroalgler için güneş ışığı ana enerji kaynağı olup aynı zamanda büyüme oranına, mikroalgin içeriğine ve katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesine etki eden en önemli faktörlerden biridir. Mikroalglerin iyi bir şekilde büyümesi için fotosentetik aktif ışımaya (400-700 nm-görünür ışık) yeterlidir. Işık yoğunluğu da kültürdeki hücre yoğunluğu, hücrelerin optik özellikleri, karıştırma hızı ve reaktörün optik yol uzunluğuna bağlı olarak hücrelerin ışığı kullanmasında etkili bir faktördür. (Sharma, 2008).

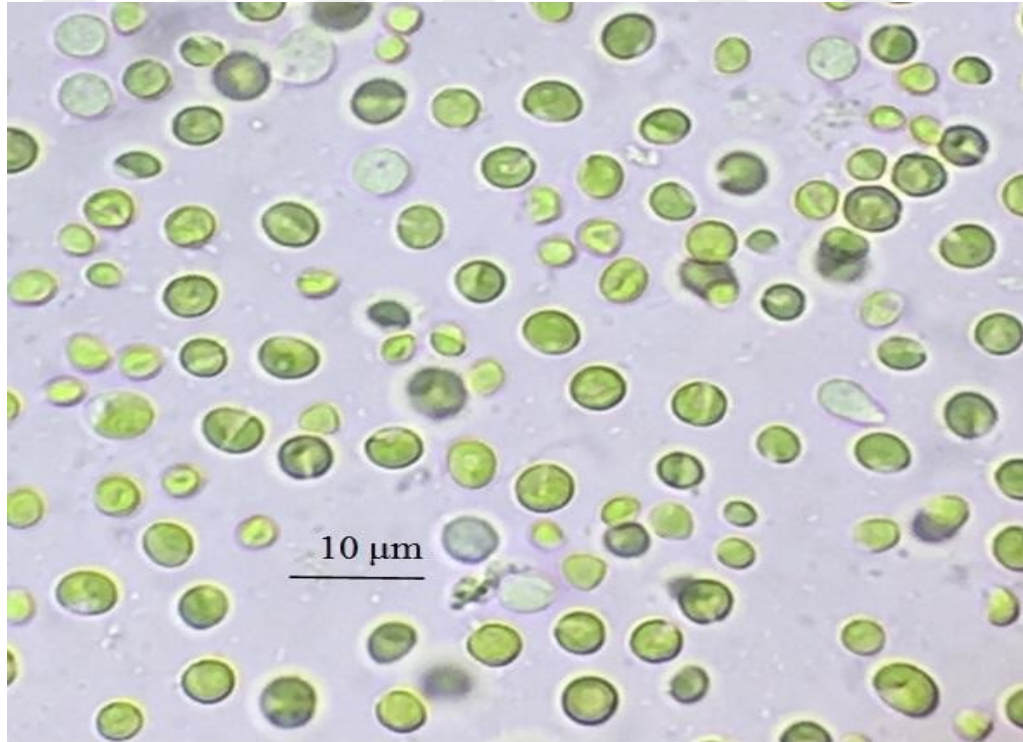
Büyüme hızını ve mikroalg biyokütle üretimini etkileyen diğer bir anahtar faktör ise kültür ortamının bileşimidir. Karbon, azot, fosfor ve kükürt mikroalg biyokütle üretiminde en önemli makro besinlerdir. Diğer gerekli besinler ise demir ve magnezyum gibi eser elementlerdir.

Genel olarak mikroalg kültürü için gerekli olanlar tuzluluk, karbon kaynağı; temel olarak CO₂ ve/veya HCO₃⁻, azot kaynağı; özellikle nitrat, amonyum ve/veya üre, pH, iyonik bileşikler, eser elementler ve vitaminlerdir (Bulut, 2009).

Algler su ortamında primer üretici canlılardır. Bulundukları ortamda üretimlerinin aşırı artış göstermesi halinde doğal çevresel denge bozulur ve bu aşırı gelişime ötrofikasyon adı verilir. Ötrofik bir ortamda besin miktarlarının fazla olması, (özellikle azotlu bileşikler ve fosfat gibi alglerin gelişimini arttıran bileşikler) alg ve bakterilerinin faaliyetlerini arttırır.

Tablo 1.2. *Chlorella vulgaris*'in Sistematığı (Pirinç,2014)

Alem	Plantaea
Bölüm	Chlorophyta
Sınıf	Chlorophyceae
Takım	Chlorococcales
Familya	Chlorellaceae
Cins	<i>Chlorella</i>
Tür	<i>Chlorella vulgaris</i>



Şekil 1.2. *C. vulgaris* 'in Mikroskopik Görüntüsü (Ramaraj ve diğ., 2016)

Aslında genel olarak hidroponik sistemlerde alg gelişmesi istenmeyen bir durumdur. Çünkü algler hidroponik kültürlerde yeterli ışık altında gelişme gösterirler ve genellikle sulama sistemlerinde problemlere neden olurlar. Ayrıca besin için bitkiyle yarışır ve bu da bitkinin gelişmesini olumsuz etkiler (Ting ve diğ., 2017). Bu nedenle alg önleyici ilaçlar kullanılmaktadır.

Ancak alglerin bitkinin büyümesinde olumlu katkılarda bulunduğu da çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Alglerin fotosentez sonucu ürettikleri oksijen, bitkinin köklerinde gerçekleşebilecek anaerobiosis engellemektedir (Raso, 2013). Ayrıca alglerin büyüme ortamına oksin, sitokinin, giberellin, absisik asit ve etilen gibi bitki büyüme faktörlerini salgıladıkları gösterilmiştir (Mazur ve diğ., 2001; Stirk ve diğ., 2002; Prieto, 2011).

Bunların dışında dolaylı olarak da bitkinin büyümesine antifungal ve antibakteriyel maddeler üreterek de katkıda bulunmaktadır (Demiriz, 2008). Yapılan çalışmalarda fotosentez ile birlikte mikroalglerin de açık ortam da güneş enerjisi ile birlikte %6 oranında karbondioksit yakalayabildiği tespit edilmiştir (Aghaalipour, 2017).

1.3. Alglerin Kullanım Alanları

Mikroalglerin kullanımı iki bin yıl öncesine kadar dayanmaktadır. Fakat ticari olarak üretimine 1960'lı yılların başında başlanmıştır. Mikroskobik mikroalglerin ticari olarak yetiştiriciliği yaklaşık 40 yılı aşkın süredir devam etmektedir. 1948-1950'li yıllarda ilk büyük ölçekli alg yetiştirme sistemleri için yapılan çalışmalar Stanford Araştırma Enstitüsü'nde başlamıştır (Borowitzka, 2013).

1951 yılında Cambridge, ABD'de, deneme amaçlı pilot ölçekli açık sistemler kullanılarak *Chlorella* türü mikroalg üretimi için çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Pirinç, 2014). 1960'larda Kaliforniya Üniversitesinde, William (Bill) Oswald ve ekibi, biyokütle üretimi ve atık su arıtımı için daha büyük çapta alg geliştirme çalışmalarına yoğunlaşmıştır (Oswald ve Golueke, 1960).

Alg üretimi günümüzde artık bir endüstri kolu olan atık suların arıtılması ve güneş enerjisinin biyokütleyle dönüştürülmesi gibi alanlarda bilinen en etkili ve ekonomik üretim faktörü olmuştur (Aluç, 2015).

Endüstriyel ve evsel atıklar, çözünmüş veya askıdaki organik ve inorganik bileşikleri kapsamaktadır. Bu atıkların temizlenme prosesleri oksijenli ortamlarda gerçekleşir ve ortamın oksijenlendirme durumu bazı algler tarafından gerçekleşir (Güçlü, 2011). Ayrıca alglerin bulundukları tanklarda bazı temizlenmesi güç olan fosfat, azot gibi bileşikler algler tarafından besin kaynağı olarak kullanılır ve ortamdan bu sayede uzaklaştırılır. Dolayısıyla ortamın bu maddelerden arıtılması sağlanmış olur (Atasayar, 2014).

Günümüzde alglerin endüstriyel amaçlı üretimleri için karıştırıcılı ve santrifüjleme düzeneklerinden oluşmuş çeşitli ebatlarda, genellikle betonarme olan üretim havuzları oluşturulmuştur. Bu havuzların, içi tatlı su ve kanalizasyon suyu ile doldurulmuş, derinliği 20-30 cm kadar olup, üst kısımları açıktır.

Farklı bir ortamda geliştirilmiş alg kültürleri, hazırlanmış bu üretim havuzlarına aşılanır. Havuzlarda bulunan kirli sular, alglerin gelişimi için, azot ve fosfor kaynağı sağlarken, aynı ortamdaki bakteriler tarafından parçalanan organik maddeler de yine alglerin yararlanabileceği küçük yapı taşlarına dönüştürülürler. Böylece alglerin gelişimleri daha hızlı ve kolay sağlanır.

Bu şekilde oluşturulan havuzlarda, alglerin gelişimi için gereken kirli su kaynağını, kanalizasyon sularından temin etmek yerine, öncelikli olarak endüstriyel ve tarımsal alanlardan çıkan atık maddeleri değerlendirmek suretiyle elde edilmesi öngörülür. Böylece bu alanlarda oluşan atık maddeler de proteine çevrilerek, çevre kirliliğinin ortadan kalkmasına fayda sağlanmış olunur (Akbaba, 2003).

Bu tip havuzlarda ve akuakültür de en çok tercih edilen türler ise; *Nannochloropsis* sp., *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis suecica*, *Dunaliella tertiolecta*, *Pavlova lutheri*, *Chlorella* sp., ve *Spirulina* sp.'dir (Khurana ve Wales, 1989).

Mikroalgler içermiş oldukları değerli organik kimyasallar ile farklı endüstriyel alanlarda kullanılmakta, mikroalg biyoteknolojisi giderek önem kazanmakta olup, biyoteknoloji alanının önemli çalışma konularından biridir. Günümüzde mikroalglerin ticari/endüstriyel pek çok uygulama alanı bulunmaktadır (Spolaore ve diğ.,2006).

Örnek olarak insan/ hayvan gıdası, kozmetik, biyoyakıt, biyoyileştirme alanlarında uygulamaları bulunurken linoleik asit, EPA, DHA gibi çoklu doymamış yağ asitleri, karotenoid, astaksantin gibi pigmentler, biyodizel, biyoetanol, biyoplastik, biyogaz, aşı gibi katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesinde de kullanılmaktadır (Ulukardeşler, 2012).

Ayrıca, dişçilik sektöründe, ilaç, kâğıt, kauçuk, boya, tekstil, kozmetik, gıda, akuakültür ve yetiştiricilik, deri sanayilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Atasayar, 2014; Özçimen, 2018). Özellikle dişçilik sektöründe bozulmayan ve çabuk sertleşen bir içeriğe sahip olduklarından diş kalıbı alma maddesi olarak kullanılmaktadırlar (Arenholt-Bindslev, 1998).

Algler alkol ve bira sanayisinde, özellikle şarap berraklaştırıcı olarak kullanıldıkları gibi, kokteyl karışımlarının çökmesini engelleyici stabilizatör olarak da kullanılmaktadırlar (Cardoza ve diğ., 2007).

Chlorella'nın, insan vücudunda özellikle de karaciğer üzerinde çok etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Buna göre *Chlorella*'nın, karaciğerin çalışmasında kan kolesterolü ve trigliseritlerin düzeylerini düşürdüğü ve düzenlediği görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda, kötü ve yetersiz beslenmenin, karaciğer fonksiyonlarında sorunlara sebep olduğu bulunmuştur. Bu durum trigliserit seviyesinin yükselmesine ve glikojen seviyesinin de anormal düzeyde artmasına yol açmaktadır. Yüzde beş ilaveli *Chlorella* kullanıldığı zaman, karaciğerin, yetersiz ve kötü beslenmeden kaynaklı oluşan zehirli maddelerin hasarından korunabildiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Akbaba, 2003; Gökpınar ve diğ., 2006).

Chlorella'nın, kolon sağlığını iyileştirici etkilere sahip bakterilerden biri olan *Lactobacillus*'un büyümesini de hızlandırdığı tespit edilmiştir. Sert ve selüloz yapıda zara sahip *Chlorella*'nın, kadmiyum, kurşun ve diğer ağır metalleri bünyesinde tutabilmektedir. Ayrıca yine bu kimyasalları vücudun dışına taşıırken, bünyesinde var olan klorofilin de, bağırsağı temiz tutmaya yardım ettiği görülmüştür. *Chlorella*'nın büyüme ve gelişmesi, hasarlı dokuların onarımını da hızlandırdığı görülmüştür (Akyıl, 2016).

Yağ ve mumların hazırlanan çözeltilerine akışkanlık kazandırmak için, tabletlerin üzerine kaplama maddesi olarak, ilaç tabletlerinde ayrıştırma maddesi şeklinde de kullanımları vardır. Ayrıca hormon, vitamin ve antibiyotiklerin içilebilir hale getirilmesinde de kullanımları mevcuttur (K  z, 2009; Aktar, 2010).

Algler kağıt sanayisinde, kağıtların üzerini cilalamakta, mürekkep dağılımını ve su sızdırmazlığı sağlamak için (  zellikle par        kağıdı   retimlerinde) dolgu malzemesi olarak kullanılır. Algler, kauçuğun yumuşayarak esnek olması ve akıcılık kazanması için doğıal kauçuğa da ilave edilir. Bu yüzden kauçuk sanayisinde de kullanımı bulunmaktadır (Senthil ve Jeyachandran, 2012).

Ayrıca algler odun esaslı bir kağıt hamurunu işleyebilme ve kağıt endüstrisinde uygun ışık yoğıunluğı ve atık su mukavemeti geliştirebildikleri gözlenmiştir (Tarlan ve diğı., 2002).

Kozmetik sektöründe de birçok ürünün içeriğinde bulunan algler, losyonlar ve cilt temizleme malzemelerinde, sa   spreylelerinde, sa   boyalarında ve cilt kremlerinin birçoğunda ana madde olarak kullanılmaktadır. Sabunlarda köpük arttırıcı olarak şampuanlarda da temizleyici olarak kullanılmaktadır. Özellikle tekstil ve boyarmadde endüstrilerinden kom  su su kütlelerine ve atık su arıtma tesislerine atık su tahliyesi esnasında mikroalglerden yararlanılabileceğı g  r  lm    tir (Banat ve diğı., 1996; Siahaan ve diğı., 2017).

Özellikle deri   retiminden çıkan atık suların mikroalg *Chlorella vulgaris* kullanılarak izole edilmesiyle iyile  tirildiğı gözlenmiştir. Böylece mikroalgler hem arıtım amaçlı hem de yüksek besin değıeri sebebiyle gıda olarak kullanılmaktadır (Senthil ve Jeyachandran, 2012).

Algler, günümüzde birçok gıda maddesinin üzerinde koruyucu bir zar oluşturmaları sebebiyle, özellikle konserve yapımında da kullanılmaktadırlar. Konservesi hazırlanacak ürünler, algden hazırlanan eriyik ile birlikte ince bir katman halinde kaplanır ve böylece ürünlerin normal sıcaklıkta bile uzun bir s  reler zarar görmeden kalması sağılanmaktadır (  zdemir ve Erkmen, 2013).

Mikroalglerden oluşturulan ve katılaşma özelliği olan agar, yiyecek endüstrisinde kullanılmaktadır. Örneğin; pasta, marmelat, şeker, puding, dondurma, dayanıklı ekmek yapımı, peynircilikte, mayonez, meyve jelleri ve sosların yapımında yine alglerden yararlanılmaktadır (Kaba, 2006).

Büyük bir çoğunluğu Phaeophyceae ve Rhodophyceae sınıfı 100'den fazla alg türü içerdikleri protein, karbonhidrat, vitamin ve minerallerin varlığından dolayı, dünyanın çeşitli yerlerinde insanlar tarafından besin kaynağı olarak tercih edilmektedir (Aktar, 2010; Akyıl, 2016).

Mikroalglerin, besin kaynağı olarak kullanımı Meksika, Afrika, Asya'da yüzyıllar öncesine dayansa da mikroalg yetiştiriciliği günümüzde gelişmeye başlamıştır (Elcik ve Çakmakçı, 2017).

1960 yıllarında *Chlorella* öncelikle Tayvan ve Japonya'da ticari amaçlı bir besin kaynağı olarak yetiştirilmiş ve 1970'li yıllarda bu durum gelişerek Asya'daki Çin ve diğer ülkelere de yayılmış ve gelişmeye devam etmiştir (Lee, 1997).

Gıda olarak tüketildiğinde besleyici özellik açısından, canlı mikroalglerin sindirilebilirliği yüksektir ve diğer alternatif besinlere göre besleyici özellikleri daha fazladır (Özçiçek ve diğ., 2017). Besin kaynağı olarak tüketilen alg türleri Tablo 1.3. te verilmiştir.

Chlorella'dan sonra 1970'li yılların başında Meksiko şehrinin yakınındaki Texcoco gölü üzerinde ilk *Spirulina* üretim tesisi kurulmuş, 1995 yılına kadar da faaliyet göstermiştir.

Günümüzde insanlar tarafından sevilerek ve beğeniyle tüketilen birçok sayıda *Cyanophyta* türü mevcuttur. İlk olarak 1965 yılında Çad Gölü'nde bulunan *Spirulina*'nın, yanı sıra *Nostoc pruniiforme*, *Nostoc commune*, *Nostoc verrucosum*, *Phyllocladus sacrum*, *Oodegonium*, *Spirogyra*, *Prasiola juannica*, *Prasiola japonica* gibi türlerinde insanlar tarafından beğenilip sevilerek tüketildiğine ilişkin pek çok rapor mevcuttur (Atasayar, 2014).

Algler, genellikle yüksek oranda saf protein içerdikleri için,%60-70 oranında temel besin olarak, ayrıca ek besin olarak bağışıklık güçlendirici maksatlı kullanılmaktadır. Özellikle *Spirulina* sp. ek besin takviyesi olarak çok yaygın olarak tercih edilmektedir. Tüm bunların yanı sıra zararlı maddelerin (hava kirliliği, sigara, alkol, radyasyon vb.) emilimlerini ve etkilerini azaltırlar. Yaşlılık etkilerini de geciktirirler (Aktar, 2010).

Mikroalglerden, klorofil a, β -karoten, asta-ksantin, fikosiyanin, ksantofil ve fikoeritrin gibi önemli pigmentler elde edilir (Aluç, 2015).

Fikosiyanin, mavi renkli doğal bir renk maddesidir ve mavi-yeşil alglerde bulunur. Kokusuzdur, toksik değildir ve suda çözünebilen güçlü bir floresan özelliğe sahiptir. Tüm bu pigmentler gıda, eczacılık, tekstil ve kozmetik endüstrisinde, kanserojen etkileri olabileceğinden şüphe duyulan sentetik pigmentlerin yerine, doğal pigmentler olarak kullanılabilir (Kargın ve Su, 2006).

Ayrıca vücudun radyasyon, civa, kurşun gibi ağır ve toksik metallerden arınmasına ve korunmasına yardımcı olurlar (detoksifikasyon) (Belay ve diğ.,1996; Naveen ve diğ., 2011). *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* ve *S. maxima* var. insanlar için yiyecek olarak uzun bir kullanım tarihine sahiptir.

Geleneksel olarak, Aztek uygarlığı sırasında yiyecek olarak kullanılmışlardır. Ayrıca zengin bir protein kaynağı olarak kabul edilen algler, esansiyel amino asitler, mineraller, esansiyel yağ asitleri y-linolenik asit (GLA) ve karotenoidler gibi pigmentleri bünyesinde barındırdığı için ticari olarakta üretimi yapılmaktadır (Belay ve diğ., 1996).

Ülkemizde 2000’li yılların başlarında Ege Üniversitesi bünyesinde ilk defa havuzlarda *Spirulina* üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonraki yıllarda Çukurova ve Çanakkale Onsekizmart Üniversiteleri’nde *Spirulina* üretimi yapılmıştır (Kargın ve Su, 2006).

Tablo 1.3. Farklı Mikroalglerin Genel Kompozisyonu (% kuru ağırlık/ağırlık olarak) (Becker, 2007)

ALG	PROTEİN	KARBONHİDRAT	YAĞ
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	62	23	3
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-38	14-20
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9 -14
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14
<i>Spirogyra sp.</i>	6-20	33-64	11-21
<i>Arthrospira maxima</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Spirulina/platensis</i>	46-63	8-14	4-9

Ayrıca, deniz yosunlarının yüksek bir besin değerine sahip olduğu bilinmektedir. Dünya genelinde, deniz yosunlarının % 94'ü kültüre alınıp yetiştiricilik yoluyla elde edilmektedir. Ayrıca 43 ülkede üretilen 28 milyon ton deniz yosunun, 800 bin tonluk kısmı doğadan toplanmaktadır (Alçay, 2017). Tablo 1.4. te gıda olarak kullanılan ve kullanılması önerilen mikroalgler verilmiştir.

Mikroalgler yüksek yapılı bitkilerden sonra azot çevriminde en aktif rol alan organizmalardır. Azot bağlama yetenekleri ile havadaki serbest azotları bağlayabilirler. Azot bağlayabilen algere örnek olarak, tek hücreli mavi-yeşil algler (*Gloeocapsa*, *Dermocarpa*, *Synechococcus*, *Synechocystis* vb.) ve filamentli mavi-yeşil algler (*Nostoc*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Nodularia* vb.) verilebilir.

Bu şekilde, azotlu gübre yapımında, fiyatı yüksek olup sürekli artan petrol gibi bir hammaddeyi kullanmak yerine, bitkilere azot tespiti yapan genlerin aktararak, daha ekonomik ve kolay şekilde, bitkilerin azot gereksinimlerini kendilerinin karşılaması sağlanabilir (Akbaba, 2003).

Tablo 1.4. Gıda Olarak Tüketilen Bazı Algler (Darcy-Vrillon, 1993)

Genel ismi	Tüketilen Ülke	Bilimsel Adı
Kombu/Konbu, Dashima, Hai dai, Kelp, Oarweed, Tangleweed, Sea Girdle, Sea Tangle, Sea Ribbon	Japonya, Kore, Çin	<i>L. digitata</i> , <i>L. japonica</i> , <i>L. longissima</i> , <i>L. angustata</i> , <i>L. coriacea</i> , <i>L. ochotensis</i>
Nori, Mor Laver	Japonya, Kore, Çin	<i>Porphyra umbilicalis</i>
Aonori veya Yeşil Laver	Japonya, Kore Cumhuriyeti	<i>Monostroma</i> , <i>Enteromorpha</i> , <i>Ulva spp.</i>
Laver	İrlanda	
Wakame	Japonya, Kore, Çin	<i>Undaria pinnatifida</i>
Limu kohu	Hawaii	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
Limu kala	Hawaii	<i>Sargassum echinocarpum</i>
Limu wawaeiole	Hawaii	<i>Codium Sp</i>
Limu huluhuluwaena	Hawaii	<i>Grateloupia filicina</i>
Limu palahalaha	Hawaii	<i>Ulva Spp.</i>
Limu manauea	Hawaii	<i>Gracilaria coronopifolia</i>
Limu ‘ele‘ele	Hawaii	<i>Enteromorpha prolifera</i>
Limu lipoa	Hawaii	<i>Dictyopteris plagiogramma</i>
Dulse, Dillisk, Sol	İskoçya, İrlanda, İzlanda	<i>Rhodomenia palmata</i>
Hiziki	Japonya	<i>Hizikia fusiformis</i>
İrlandalı moss veya karragenan moss	İrlanda	<i>Chondrus crispus</i>
Nori veya amanori Zicai	Japonya Çin	<i>Porphyra Sp.</i>
Deniz Marulu	İskandinavya, Büyük Britanya, İrlanda, Çin ve Japonya	<i>Ulva lactuca</i> , <i>Enteromorpha spp.</i>

Tablo 1.4. (Devam) Gıda Olarak Tüketilen Bazı Algler (Darcy-Vrillon, 1993)

Genel ismi	Tüketilen Ülke	Bilimsel Adı
Düğümlü yosun (egg wrack), Kaya otu, Norveç kelpi	Kanada, Norveç ve İskoçya	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Royal veya Tatlı Kombu	İrlanda, İngiltere, Avrupanın Kuzey Atlantik Kıyıları, Kuzey Amerika' nın Atlantik Kıyıları	<i>Laminaria saccharina</i>
Deniz spagettisi	Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu ve Kuzey Denizi	<i>Himanthalia elongata</i>
Deniz üzümü veya yeşil havyar	Japonya, Filipinler	<i>Caulerpa lentillifera</i>

Mikroalglerden biyoyakıt elde etmek amacıyla da yararlanılmaktadır. Besin içeriklerinin zenginliği sebebiyle insan gıdasında tercih edilmelerinin yanında, artan insan nüfusu ve buna bağlı olarak hızla tüketilen petrol vb. ürünler, araştırmacıları yeni tüketim kaynaklarının bulunmasına yönlendirmiştir. Fosil yakıtların rezerv ömürlerinin kısa olması, dünya nüfusun hızla artışı ve teknolojinin gelişimiyle birlikte bu yakıtların kullanımında artış olmuştur. Ancak bunların oluşturduğu olumsuz çevresel etkiler insanlar tarafından farkedilmiştir. Dolayısıyla dünya genelinde yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin ilginin her geçen gün arttığı görülmektedir (Elcik ve Çakmakçı, 2017).

Biyokütle, hidro güç, jeotermal, güneş, rüzgar ve dalga enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların ana bileşenleri, karbonhidrat bileşikleri olan tüm hayvansal ve bitkisel kökenli organik maddelerdir ve bunlar biyoyakıt olarak kullanılabilir. Bitkisel yağ, biyodizel, biyoetanol, biyogaz, biyoyağ, biyohidrojen gibi birçok biyoyakıt gibi ürünler bu kaynaklardan üretilmektedir (Pragya ve diğ., 2013).

Özellikle yeni nesil araçlar için biyodizel yakıt ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Çılgın, 2015). Ancak mikroalgden üretilen yakıtların ticarileşmesinin önümüzdeki en önemli engel üretim maliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Safi ve diğ., 2014).

Hali hazırda birçok şirket mikroalglerden üretilen biyoyakıtların ticari alanda kullanımlarının artması için yatırım girişimlerinde bulunmaktadır. Bu şirketlerin büyük bir kısmı Amerika’da, bir kısmı Avrupa’da olup, daha küçük ölçekli kısımda diğer bölgeleri kapsamaktadır. Ayrıca birçok araştırma ve devlet kurumları da algal biyoyakıtların gelişmesinde ve ticarileşmesinde katkıda bulunmaktadır (Elcik ve Çakmakçı, 2017, Safi ve diğ., 2014).

Bazı algler, demir, bakır, çinko ve manganez gibi değerli minerallerce zengin oldukları için mineral kaynağı olarak kullanılmaktadırlar. *Phaeophyceae*, *Rhodophyceae* ve *Chlorophyceae* sınıfı bazı algler besin kaynağı olarak birçok hayvan yeminin üretiminde de yaygın olarak kullanılır. Ayrıca hayvan yemi olarak, planktonik algler kullanılabilir. Bunlar Protozoa, Crustacea, balıklar ve diğer sucul canlıların en büyük besin kaynağı oluştururlar (Oğur, 2016). Tablo 1.5’te insanların tüketmesi için önerilen mikroalgler verilmiştir.

Tablo 1.5. İnsanların Tüketmesi İçin Kullanılan veya Kullanılması Önerilen Mikroalgler (Borowitzka, 1998)

Alg	Kaynağı
Cyanobacteria (Mavi-yeşil algler)	
<i>Spirulina platensis</i>	ABD, Tayland, Çin, Tayvan, Hindistan vs ülkelerde kültüre alınmıştır.
<i>Spirulina maxima</i>	ABD, Tayland, Çin, Tayvan, Hindistan vs ülkelerde kültüre edilmiştir.
<i>Nostoc commune</i>	Sahadan toplanmıştır
<i>Aphanizomenon flos-aqua</i>	Sahadan toplanmıştır (ABD, Klamath Gölü)
Chlorophyta	
<i>Chlorella spp.</i>	Tayvan ve Japonya’da kültüre edilmiştir
<i>Dunaliella salina</i> (beta karoten için)	Avustralya, İsrail ve ABD’de kültüre edilmiştir
<i>Scenedesmus sp.</i>	Çek Cumhuriyeti’nde ve deneysel olarak kültüre edilmiştir
<i>Haematococcus pluvialis</i> (astaksanthin için)	Sadece deneysel olarak kültüre edilmiştir

Dünyada gittikçe artan nüfus ile birlikte tarım yapılabilecek araziler de azalmaya başlamış dolayısıyla daha fazla tarım arazisine ve gıda üretime ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Bu ihtiyacın karşılanması için kimyasal gübre kullanımı da artış

göstermiştir. Sonuçta tarım alanlarındaki bu kimyasal gübre kullanımı verim ve üretimi arttırmış fakat sürdürülebilir toprak verimliliği ile birlikte ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmuştur.

Dünyanın bir çok sahil bölgesindeki algler içerdikleri fosfor, potasyum, ve bazı iz elementlerin varlığından dolayı tercih edilerek gübre olarak kullanılmaktadırlar (Mulbry ve diğ., 2005). Sonuçta gelir seviyesi yüksek ülkelerdeki üretici ve tüketiciler bir araya gelerek, insanlarda toksik etki oluşturmayan ve doğaya zarar vermeyen tekniklerle üretilen tarımsal ürünlere yönelmeye başlamıştır.

Bu bağlamda, organik tarımda kullanılan sınırlı gübreler konusunda alternatif arayışı içine girilmiş ve alglerinde gübre olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Arioli ve diğ., 2015).

Ayrıca alglerin, karasal bitkilere göre üretim süresi ve döngüleri çok kısadır. İlk defa Norveç, İrlanda, Fransa ve Amerika gibi denize kıyısı olan ve denizsel alglerin bol bulunduğu ülkelerde mevcut algleri değerlendirme yoluna gidilmiş ve bu alglerden yararlanma yolları aranmıştır.

Verimsiz tarım topraklarının değerlendirilmesinde alglerin gübre olarak kullanımıyla ilgili ilk adımlar atılmıştır (Özdemir ve diğ., 2016). Tarımsal savaşımelerde, yararlı bitkilere zarar veren böcek, bitki ve benzeri zararlılarla biyolojik olarak savaşmak için kullanılan ilaçlarda, alglerin de tercih edilerek eklenmesi büyük yarar sağlamıştır.

1.4. Topraksız Tarım

Topraksız tarım ile ilgili ilk fikirler 1600 lü yılların başında ortaya çıkmış akabinde 1930 lu yıllarda gelişme göstermiş ve ilerlemeye başlamıştır. Fakat topraksız tarıma dair çalışmaların bu tarihten daha da önce yapıldığına dair bulgularda mevcuttur. Topraksız tarım için geliştirilmiş pek çok farklı tasarımlar bulunmaktadır (Alshrouf, 2017). Topraksız yetiştiriciliğe örnek verilebilecek tasarımlar, Babil'in asma bahçeleri ile Anzaklar ve Çinliler'in yüzen bahçe tasarımlarıdır.

Ayrıca, milattan birkaç yüzyıl öncesinde Mısırlılara ait bulunan kayıtlar da suda bitki yetiştiriciliğini anlatmaktadır (Soylu, 2018).

Topraksız tarımın geçmişi 17. yy’a (1666) dayanmaktadır. O yıllarda denemeler, su (dere) nanesi (*Mentha spicata*) bitkisi ile yapılmış ve bu bitkinin 9 ay süreyle sadece su içerisinde cam bir viyolde canlı kalabildiği tespit edilmiştir (şevik, 2011).

Yine 1800 ‘l yıllar ve bu yılların ikinci yarısında bitkilerin gelişmeleri için gerekli olan mineralleri içeren bir çözelti olduğunda ve bitkiler bu çözelti ile sulandığında, hazırlanan ortamda yetiştirilebileceği görülmüştür.

1925 yılında, Amerika’da seracılık ile uğraşan insanların toprak kökenli sorunlarla karşılaşmaya başlamasının ardından, besin çözeltisinden oluşan bu tekniği kullanmak istemişler ve topraksız tarımda önemli gelişmeler 1925- 1935 yılları arasında önemli gelişmeler kaydedilmeye başlanmıştır (Hazar ve Baktir, 2014).

Topraksız tarıma dair ilk laboratuvar dışı çalışma, 1930 ‘da Kaliforniya niversitesi’nde Gericke tarafından yapılmaya başlanmış, hazırlanan besin solüsyonu içinde ilk defa domates bitkisi yetiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu tekniğe, Yunancada su (hydro) ve çalışma (ponos) anlamına gelen iki kelimeden oluşan hidroponik (hydroponics) adı verilmiştir (Soylu, 2018).

Topraksız ortamlarda bitki yetiştirme, özellikle bahçe bitkilerinin üretimi üzerinde yoğunlaşmış olup, daha çok ss bitkileri ve sebze üretiminde kullanılmaktadır. Topraksız kültür, üretim ortamında bitki köklerini destekleyen bir materyal kullanarak veya bu materyali kullanmaksızın, bitkilerin besin çözeltisinde uygun tekniklerle yetiştirilmesidir.

Uluslararası Topraksız Tarım Derneği (ISOSC) tarafından yapılan tanımlamada ise; “Besin solüsyonuyla desteklenmiş inorganik ortamlarda, sucul olmayan bitkilerin yetiştirilmesi” şeklinededir. Diğer bir tanımında ise; topraksız tarım; topraksız kültür, hidroponik kültür, besin kültürü ve kimyasal kültür olarak da adlandırılmaktadır (Ataklı, 2018).

Günümüzde insan sağlığına verilen önemin artması sonucu, sağlıklı bir diyetin önemli bir parçası olan marul, salatalık, domates gibi taze sebzeler modern tüketiciler tarafından önemli oranda talep görmektedir. Bu talep dünyanın özellikle kuzey bölgelerinde

modern kontrollü sera şartlarında açıkta yetiştirmenin yerini alan topraksız tarım uygulamalarıyla karşılanmaktadır (Okudur, 2018).

Yetiştirme ortamlarında kullanılacak olan besin eriyikleri, Hoagland ve Arnon tarafından 1938 yılından itibaren geliştirilmeye başlanmış ve bu bitki yetiştirme besin eriyik reçeteleri 1950 yılında son hallerini almıştır. Günümüzde de hala bu reçetelerin ışığında geliştirilen daha birçok besin eriyik solüsyonları kullanılmaktadır (Okudur ve Ercan, 2016).

Topraksız tarım, toprağın bitki yetiştirmek için uygun olmadığı koşullarda (taşlık, kayalık alanlar, kireçli, tuzlu topraklar, taban suyu problemi, kimyasal madde birikimi ve ağır metaller ile bulaşık topraklar vb.) tercih edilmektedir.

Dünyada tarıma elverişli alanlar azalmakta iken nüfusun artması ve gübre üretiminin topraklı tarımın gübre ihtiyacını karşılamayacağı öngörüsü, topraklı tarımda kullanılan gübrenin fazlasının nehir, göl gibi tatlı su kaynaklarına karışarak buralarda ötrofikasyona neden olması üreticileri topraksız tarıma yöneltmektedir (İkincikarakaya, 2013; Khan, 2018).

Ayrıca bu yöntemle bitkilerin kök bölgesinde tam bir kontrol (su, gübre, sıcaklık, oksijen) sağlanıyor olması, verim ve ürün kalitesindeki tatmin edici artış, temiz ve steril bir yetiştirme ortamı, işçilikten tasarruf edebilme vb. avantajları bulunması, bu yöntemleri daha da cazip hale getirmektedir (Lee ve Lee, 2015).

Bunun yanı sıra tarlalarda aynı ürünün sürekli olarak, uzun yıllar yetiştirilmesinin neden olduğu toprak yorgunluğunun sonucunda ortaya çıkan toprak kökenli hastalık ve zararlıların olmayışı sebebiyle de tercih nedeni olmaktadır (Roberto, 2017). Ayrıca hidroponik sistemler, topraktan kaynaklı sorunlar yaşayan üreticiler için alternatif bir üretim sistemi sağlamaktadır.

Yetiştirme ortamları için kullanılan, torf, hindistan cevizi torfu, talaş, ağaç kabuğu, çeltik kavuzu, yer fıstığı kabuğu vb. substratlar organik; kum, çakıl, turba, volkan tüfü, zeolit gibi materyaller doğal inorganik ortamlar; perlit, vermikülit, genleştirilmiş kil, kaya yünü gibi materyaller, işlem görmüş inorganik ortamlar ve poliüretan köpük gibi materyaller de sentetik-organik üretim materyalleri olarak üç grupta

sınıflandırılmaktadır (Toprak, 2013). Ülkemizde ise hindistan cevizi torfu, kaya yünü ve perlit en fazla kullanılan ve tercih edilen topraksız yetiştirme ortamlarıdır.

Hidroponik sistemler su ve besinlerin tekrar kullanılabilmesi, kolay çevresel kontrol, toprak kaynaklı hastalık ve zararlılardan korunulması gibi faydalara sahiptir (Roberto, 2017).

Neredeyse tüm hidroponik sistemler iç mekanlar da, seralarda olduğu için topraklı kültürlerle göre hem çevre koşullarından daha az etkilenmektedir hem de çevreye etkileri daha az olmaktadır.

1.4.1. Dünya’da ve Türkiye’de topraksız tarım

Topraksız bitki yetiştiriciliği, birçok ülkede uygulama alanı bulmuş, özellikle öncelik olarak sebze ve kesme çiçek sektörlerinde tercih edilmiş ve gelişme göstermiştir. Dünya üzerinde toplam 31000 hektarlık topraksız tarım alanının bulunduğu bildirilmektedir (Soylu, 2018).

Ayrıca 1.2 milyon hektarlık toplam sera alanının olduğu dikkate alındığında, topraksız tarım yapılan alan % 3 oranındadır. En yoğun olarak %95 oranla Hollanda’da yapılan topraksız tarım çalışmaları, İspanya, Fransa, Belçika, Almanya, İtalya, Japonya, Güney Kore, ABD, İsrail, Kolombiya ve Çin gibi birçok ülkede de yaygın olarak gerçekleştirilmektedir (URL-4).

Bunların dışında İngiltere’de hıyarın %80’i, domatesin %50’si topraksız tarım kültürüyle yetiştirilmektedir (Şahin ve diğ., 1998). Tablo 1.6’ da topraksız tarım yapan bazı ülkelerin üretim alanları gösterilmiştir.

Türkiye’de ilk olarak topraksız tarım, Antalya’da 1995 yılında hazırlanan modern seralarda başlamıştır. Topraksız tarım alanları sırasıyla 2000, 2004’te ve 2007 yıllarında sırasıyla, 20 ha, 75 ha ve 200 ha olarak belirlenmiştir. Bu alanlar, toplamda 30,718 ha olan sera alanlarının %0,6’ sını kapsamaktadır.

Ülkemizde topraksız üretimi yapılan alanlar 2005 yılından itibaren artış göstermiştir. Topraksız tarım alanlarının ülkemiz bölgelerindeki dağılımları incelendiğinde

Akdeniz bölgesi, Ege bölgesi ve Marmara bölgesi'nde sırasıyla %52,6 , %44,6 ve %2,8 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1.6. Topraksız Tarımın Bazı Ülkeler ve Türkiye'deki Durumu (Özkan, 2014)

ÜLKELER	Topraksız Örtü Alanı (ha)	Topraksız Üretim Alanı (ha)	Örtü Altı Alanlarının Topraksız Tarıma Ait Olan Kısımının %
Hollanda	10,125	5,000	49,4
İspanya	42,500	3,000	7,1
Fransa	8,500	1,200	14,2
Belçika	2,250	1,000	44,4
Almanya	4,600	560	12,2
İtalya	25,000	190	0,8
Türkiye	48,000	145,04	0,25

Ayrıca, yine 2005 yılında Akdeniz bölgesinde, Antalya, Mersin, Adana, Kahramanmaraş illerinde sırasıyla 674 da, 145 da, 109 da, 44 da; Ege bölgesinde, İzmir, Manisa, Denizli, Aydın, Afyon'da sırasıyla 413 da, 227 da, 118 da, 56 da ve 10 da, Marmara bölgesinde ise, Tekirdağ ve Yalova'da 44 da, 8 da topraksız tarım alanı bulunmaktadır. Tablo 1.7'de 2008 yılında Türkiye'deki topraksız tarım alanları gösterilmiştir (Özkan, 2014).

Türkiye'deki topraksız tarım ile uğraşan işletmeler büyük, orta ve küçük işletmeler olarak sınıflandırılabilir. Buna göre bu işletmelerin 30 da' dan büyük alana sahip olan % 63,3'ü büyük işletme; 10-30 da alana sahip %33,8'i orta büyüklükte işletme ve 10 da' dan az alana sahip olup %2,9'u da küçük işletme şeklindedir. Türkiye'de topraksız tarım Antalya'da ilk olarak başlamış ancak bu durum sonraları Ege bölgesine doğru ilerleme göstermiştir. Topraksız tarım sistemlerinde yüksek verim ve kalitede ürünler elde etmek amaçlanan ilk hedefler arasındadır.

Tablo 1.7. Topraksız Tarımın İller Bazında Türkiye'deki Durumu (Özkan, 2014)

İL	Topraksız Üretim Alanı (ha)	%
Antalya	70,6	48,68
İzmir	37,2	25,65
Manisa	12,2	8,41
Mersin	11,9	8,21
Aydın	5,5	3,78
Denizli	5,1	3,52
Afyon	1,08	0,70
Yalova	0,8	0,55
Adana	0,72	0,50
Türkiye	145,04	100

Bunun içinde gereksinim duyulan pek çok materyalin yanı sıra, öncelikle iklimlendirme sistemleri gerektiğinden topraksız tarım çalışmaları ve işletmeleri, jeotermal alanlara doğru yönelmiştir ve bu alanların %37'si de jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.

1.4.2. Topraksız tarımın avantajları

Topraksız tarımın amacı, bitkilerin gelişimini, kontrollü bir ortamda besin çözeltisi ile sağlamakta, bitkilerin su ve besin gereksinimlerini stres oluşturmada karşılamakta ve bunları da en ekonomik biçimde gerçekleştirmeyi hedeflemektedir (Ataklı, 2018).

Topraksız tarım ile yapılan üretimlerde, ürünlerin besin değeri ve pH dengesi kolaylıkla kontrol edilebilir ve istenilen düzeylerde tutulabilir.

Kurulan düzeneklerde besin solüsyonu uygulamalarının kontrollü bir şekilde yapılabilmesi, optimum düzeyde makro ve mikro elementlerin dengelenmesini sağlamaktadır (Soylu, 2018). Verimli toprak gerektirmediği için, verimsiz topraklar değerlendirilmiş olur. Böylece steril edilen substratlar tekrar kullanılabilir (Bozköylü ve Daşgan, 2010).

Topraksız tarım, toprağın bitkisel üretime uygun olmadığı ortamlarda, üretimi mümkün kılmak, bitkilerin kontrollü bir şekilde beslenmesini sağlamak, su etkinliğini

ve kontrolünü sağlamak, verimi ve kaliteyi arttırmak, gerekli iş gücünü azaltmak, sulamayı azaltmak, ortam sterilizasyonuna gerek kalmadan ve bundan kaynaklanan üretim masraflarını azaltmak gibi avantajlara sahiptir.

Topraksız kültür, toprak kaynaklı hastalık ve zararlı oluşumu gibi problemleri ortadan kaldırmaktadır. Gübre ve su dengesini denetleyerek, bunları kontrol altına almaktadır. Toprakten kaynaklı kaliteyi azaltıcı sebepleri ortadan kaldırarak, verimi artırma gibi üstünlüklere sahiptir.

Ayrıca ürün rotasyonu gerekliliği topraksız tarım uygulamalarında yoktur. Kök sistemi için iyi bir havalandırma sağlamaktadır. Dolayısıyla meydana gelebilecek kök hastalıklarını, oluşumlarına izin vermeden ortadan kaldırabilmektedir (Öztekin, 2003). Topraklı tarıma göre daha az alan ve su kullanımı yapılmaktadır.

Kapalı sistemlerde dönen su, aynı çevrimde sürekli kullanılabilir. Böylece daha az su ve gübre kullanımı sağlandığı için doğaya ve çevreye de verilebilecek zararlar önlenmiş olmaktadır (Meriç, 2008).

Enerji ve iş gücü tasarrufu sağlamaktadır. Daha kaliteli ürün yetiştirilebilmektedir (Kılınç, 2005). Ürünün albenisi de yüksek olacağı için, tüketicileri alım esnasında cezbedici imaj sergilemektedir. Ayrıca yüksek üretim/gelir elde edilmesini sağlamaktadır (Cebeli ve Kendirli, 2011). Üretim alanından tasarruf edileceği ve daha minimal alanda daha çok ürün oluşturma imkan sağlamaktadır.

Tarımsal ilaçların kullanımını azaltmaktadır. Bitkilerin çiçeklenme dönemleri kontrol edilebilmektedir ve birim alanda bitki sıklığı daha fazladır (Özkan, 2014).

1.4.3. Topraksız tarımın dezavantajları

Tesislerin kurulum aşamalarında yapılan masraflar ve gider maliyetleri fazladır. Bunun dışında sistemleri kullanabilen kalifiye eleman bulamama gibi bir sorun ile karşılaşılabilir (Balbay, 2014).

Hassas ve zaman alıcı bir sistem olduğu için, kurulumu yapılan bu sistemlerin sürekli izlenme ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Üretim esnasında izlemeye ara verilmesi

hata yapılma riskini arttırmaktadır. Yüksek maliyetli enerji kullanımları meydana gelmiştir (Engindeniz, 2001).

Kurulumu yapılan sera ve sistemlerin ısıtılmasında jeotermal kaynakların olmadığı durumlarda, kullanılan diğer enerji kaynakları maliyetleri arttırmaktadır (Kervankıran, 2011).

1.5. Hidroponik Sistemlerin Çeşitleri

1.5.1. Su kültürü (Hidroponik kültür)

1.5.1.1. Durgun su kültürü

Gerek su kültüründe gerekse ortam kültüründe kullanılan tekniklerde bitkilerin besin maddesi ve su ihtiyaçları, gelişmeleri ve köklenmeleri için gerekli tüm mineralleri içeren besin eriği solüsyonların kullanılmasıyla karşılanmaktadır (Okudur ve Ercan, 2016). Bitkilere, besin solüsyonu şeklinde verilen bu besin elementlerinden, yine bitkilerin en iyi şekilde yararlanması istenmektedir.

Bu teknikte, hazırlanan besin solüsyonu havalandırılmalı ve havalandırmasız olmak üzere iki farklı sistem içerisinde kullanılabilir. Solüsyon, ışık geçirmeyen, yaklaşık 15-30 cm derinlikteki kapların içine konulmaktadır. (Şekil 1.3.) hazırlanan sistem düzeneği komple kapalı bir sistem değilse, bitkiler sonradan kapların üzeri ışık geçirmez bir malzeme ile kaplanmaktadır. Çözeltinin havalandırması bir akvaryum pompası yardımıyla yapılabilir. Havalandırma borusunun ucuna daha kaliteli bir havalandırma sağlanabilmesi için, havalandırma taşı takılabilmektedir.

Bu kültürde; düzenli olarak kontroller yapılarak, süreç içinde eksilen besin ve su ilave edilmektedir (Roberto, 2017).

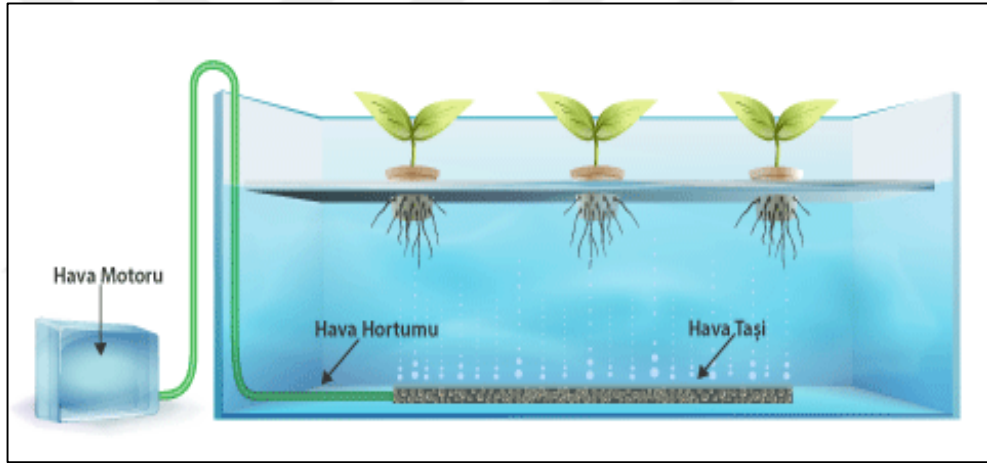
Sistem içerisindeki çözelti belli aralıklar ile (7-14 gün) kontrol edilip, değiştirilmelidir. Kültürün başlangıcında bitkiler yeni ve küçük olduğu için, sistem başlatıldıktan kısa bir süre sonra çözeltiyi değiştirmek gerektirmemektedir.

Bitki büyüyüp, geliştikçe sistem içerisindeki çözelti daha sık değiştirilmelidir. Bu yöntem evde veya balkonlarda hobi amaçlı yetiştiricilik için uygundur. Ancak ticari olarak kullanımı nispeten sınırlıdır.

Durgun su kültürü, yetiştirme dönemi kısa olan hıyar-marul gibi sebzelerin yetiştiriciliğinde kullanılır. Bitkilerin, besin çözeltisinde serbest bırakılan köpük levha benzeri hafif bir materyalin üzerine yerleştirildiği ve bu şekilde sabit kalabildikleri bu yönteme “Yüzen Su Kültürü” denir (Okudur ve Ercan, 2016).

Durgun su kültürü, çözeltinin havalanma sorunu nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır. Günümüzde yapılan denemelerle, bu havalandırma sorununa çözüm bulmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmalardan birisi, Gel-Git (Ebb-Flow) sistemidir.

Bu sistem bitkiye verilen çözelti miktarını pompa ile arttırıp azaltarak kontrol edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu arada bitki kökleri için de, havalandırma verildiği için, oksijence zengin bir ortam sağlamaktadır (İncemehmetoğlu, 2012).



Şekil 1.3. Durgun Su Kültürü (URL-5)

1.5.1.2. Besleyici film tekniği (NFT)

Besleyici film tekniği; besin eriyinin, bitki köklerine yeterli havalanma, su ve besin maddelerini sağlayacak şekilde, ince bir tabaka halinde dolaştırılması esasına dayanır (Başar, 2000). Besin çözeltisini sisteme veren ve tekrar toplayan plastik borular ile besin çözeltisini tekrar geri pompalayan dalgıç pompa ve tanklar, sistemi oluşturan bileşenler ve kanallar genellikle mat plastik film veya plastik borulardan oluşmaktadır. Sistem kurulumunda kullanılan materyalin mümkün oldukça besin çözeltisi ve diğer solüsyonlar ile etkileşime girmeyecek maddelerden yapılmış olmasına özen gösterilmelidir. Yetiştirme kabı olarak kullanılan olukların (0,5-2 mm kalınlıkta) içinden besin çözeltisi ince bir tabaka halinde geçer.

Kaplara yerleştirilmiş olan bitkilerin kökleri besin çözeltisi ile temas ettirilir ve bu şekilde sistem içindeki çözültiden yararlanmaları sağlanır.

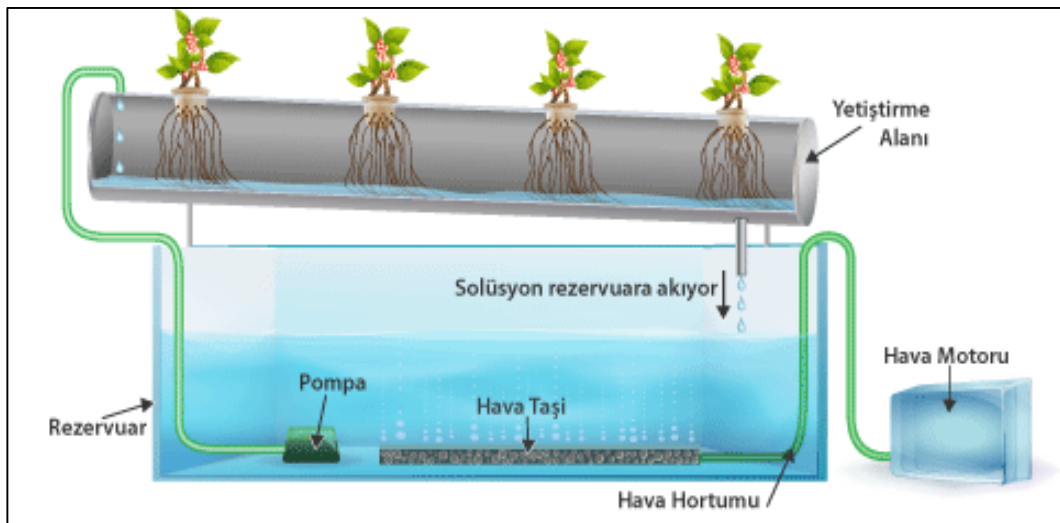
Böylece kökler hem beslenip gelişebilir, yeterli miktarlarda su alabilir, hem de ihtiyaç olan havalanma olanağı sağlanmış olur (Koca, 2012).

Sistem için kullanılan su ve besin maddesi kayıplarının minimum düzeyde olması için, yine sistemde kurulan kanallardan geçen besin çözeltisi daha sonra tekrar kullanılmak üzere tankta toplanır. Bu şekilde kaliteli su ve üretim malzemesi kullanıldığı sürece, gübre ve su kayıplarının daha az olması yönüyle, ekonomik bir üretim şeklidir.

Bu sistemde teoride, bitkiler asla su yetersizliği ile karşılaşmaz. Ayrıca sistem kontrollü olduğu için, üreticilerin ne zaman ve ne kadar su kullanacakları hususunda bir sorun yaşamaları da söz konusu değildir (Talaz ve Nas, 2019).

Yine bu yöntemde damla sulama kullanılmadığı için, sürekli damlatıcıların kontrol edilmesi gibi bir durumda söz konusu olmamaktadır. Bu yöntem, tümüyle otomatik çalışan bir sistem ve düzenek doğrultusunda çalıştığı için, topraksız kültür yöntemleri içinde en gelişmiş yöntemdir.

Bu teknikte besin solüsyonu akışı kesintili veya sürekli olur. Kesintili akış uygulanırsa, elektrik tasarrufu sağlanır, sistemlerin pompalarının ömrünün uzun kalmasına neden olur ayrıca kök bölgesinde O₂ kalıcılığının daha fazla olmasını sağlamaktadır. Sistemde çözelti akışı bir zamanlayıcı kullanarak programlanmaktadır (Koca, 2012).



Şekil 1.4. Besleyici film tekniği (URL-6)

1.5.1.3. Derin veya yarı derin akan su kültürü

Bu sistemde bitkilerin kökleri kanalın dibine değil, akan derin çözeltide bitkinin solüsyona kökleri değecek şekilde yerleştirilmiştir. Hava motoru sayesinde oluşan hava kabarcıkları, sistemde asılı duran bitkilerin köklerine oksijen vermektedir. Bitkinin kökleri uzadıkça solüsyonun derinliği azalmaktadır. Bu sistem Japonya’da geliştirilmiştir ve besin çözeltisinin kuvvetli havalandırılması prensibine dayanır.

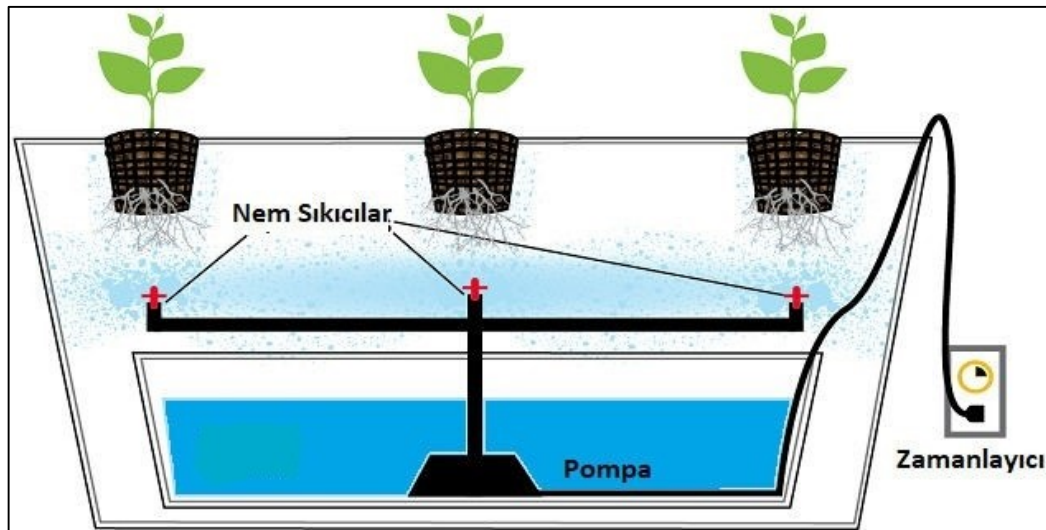
1.5.2. Aeroponik sistemler

Bu sistemlerde bitkilerin köklerine besin solüsyonu sürekli veya aralıklı zamanlarla püskürtülmektedir. Şekil 1.5’ te de gösterildiği gibi hazırlanan solüsyon sis veya buhar halinde püskürtme şeklinde verilmesi prensibine dayanan topraksız tarım şeklidir.

Diğer yöntemlere göre su ve gübre tasarrufu sağlayan bu sistem de erkencilik ve yüksek verim de elde edilebilmektedir (Khan, 2018).

1.5.3. Substrat Kültürü

Ticari olarak Dünya’da ve ülkemizde kullanılan bir yöntemdir. Bu sistemde kökler çözelti içerisinde yerleştirilir. Bitkiler, sistemde tampon ve destek görevi yapan materyaller içerisinde gelişmektedir.



Şekil 1.5. Aeroponik Sistemde Bitkilerin Görünümü (URL-7)

Tablo 1.8’ de gösterilen, organik ve inorganik olarak sınıflandırılan bu materyaller, yetiştirme ortamlarında kullanılmaktadır. Organik materyaller besin elementlerini bünyelerinde tutabilir veya ortama besin elementi verebilirler.

Genellikle doğal olan torf, kompost vd. tercih edilip, kullanılırlar (Adak ve Pekmezci, 2011). İnorganik materyaller ise doğal kum, tuf, pomza vd. olup bunlardan işlendikten sonrada kullanılan çeşitleri olan perlit, kaya yünü vd. yine inorganik materyal olarak tercih edilmektedir. Bunlar kimyasal olarak etkisizdir yani besin solüsyonu ile reaksiyona girmezler (Başar, 2000).

Yetiştirme ortamında kullanılacak malzemeler, iyi bir havalandırma ve drenaja sahip olmalıdır. Steril edildikten sonra bitkiye biyolojik ve fizyolojik olarak zarar vermeyecek şekilde olmalı ve kısa sürede bozulmamalıdır (Toksoy, 1997).

Ayrıca suda eriyebilmeli ve tuz içeriği düşük olmalı, pH değeri de uygun olmalıdır. Bitkilere yeterli miktarda su ve besin eriği tutabilmeli ve hafif bir malzeme olmalıdır (Güler, 2011).

Tablo 1.8. Organik ve İnorganik Substrat Çeşitleri

Substrat Çeşitleri	Özellikleri	Kaynaklar
Torba kültürü- (Dikey-Yatay Torba)	Bitkiye besin çözeltisi damla sulama yöntemi ile verilir. Önemli olan torba drenaj deliklerinin açılmasıdır.	Başar, 2000
Kaya Yünü	Kaya yünü bazaltik kayaların eritilmesi, eriğin liflere dönüştürülmesi ile üretilir.	Güler, 2011
Perlit-Vermikülit	Perlit volkanik kökenli alüminyum silikattır. Fiziksel olarak stabil ve biyolojik olarak sterildir; bu yüzden de ideal bitki yetiştirme ortamıdır. Vermikülit suda kendi hacminin 3-4 katı su alabilen parlak, altın renginde taneciklerdir. sterildir ve kalsiyum, magnezyum, potasyum ve fosfor gibi besinleri çeker. Ayrıca hafiftir ve su emilimi için ideal bir malzemedir.	Güler, 2011 Toksoy, 1997 Kahraman ve Özzambak, 2004

Tablo 1.8. (Devam) Organik ve İnorganik Substrat Çeşitleri

Substrat Çeşitleri	Özellikleri	Kaynaklar
Ağaç Kabuğu-Kompost	Bunlar hafif, su tutma bitki türüne göre değişebilen materyallerdir. Sahip oldukları hava boşlukları ile su tutma kabiliyetleri iyidir.	Adak ve Pekmezci, 2011
Kum Kültürü	Kum kültürü, saf su yerine temiz dere kumu kullanılarak aynı şekilde makro ve mikro elementlerin solüsyon şeklinde verilmesi ile yapılan yetiştirme tekniğidir.	Hazar ve Baktır, 2014 Kahraman ve Özzambak,2004

2. MATERYAL

2.1. Bitki ve Alg Materyali

Çalışmanın deneyleri 2016-2019 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Biyoteknoloji laboratuvarı ve Arslanbey MYO araştırma laboratuvarında yürütüldü. Çalışmada saksılarda yetiştirilen *Mentha piperita* fideleri kullanıldı. Mikroalg çeşiti olarak Kimya Mühendisliği Bölümü Biyoteknoloji laboratuvarından temin edilen *Chlorella vulgaris* kullanıldı.

2.2. Kimyasallar ve Cihazlar

Çalışmada kullanılan kimyasallar Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazların listesi EK-A'da yer almaktadır.

2.3. Besiyeri İçeriği

C. vulgaris için BG 11 besiyeri kullanılmıştır. Son pH 6.8 olarak ayarlanmıştır. Tablo 2.1' de bu besiyerinin içeriği verilmiştir.

Tablo 2.1. BG 11 içeriği

BG 11 İçeriği	1 L Besiyeri için (g)
NaNO ₃	1.5000
KH ₂ PO ₄	0.0400
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.0750
CaCl ₂ .2H ₂ O	0.0360
H ₃ BO ₃	0.0029
Na ₂ CO ₃	0.0200
Ferrik sitrat	0.0060
Sitrik asit	0.0060
Vitamin karışımı	0.0200

3. YÖNTEM

3.1. Besi Ortamının Hazırlanması

BG 11 ortamı 1 litrelik cam şişelerde hazırlandı. Başlangıç pH değerleri 6,8-7,5 , besi ortamı sıcaklığı 23 ± 2 °C olacak şekilde ayarlandı. Besiyeri hazırlığı için gerekli kimyasallar hassas terazide Tablo 2.1’de belirtilen miktarlarda tartıldı, çözelti şeklinde hazırlandı. BG11 ortamı sıvı halde hazırlanıp 121 °C de 15 dakika otoklavda steril edildikten sonra 100 ml lik beherlere bölünmek üzere ekim sıcaklığına kadar soğumaya bırakıldı. Alg gelişimini takip edebilmek ve gerektiğinde stok alg kültürünü destekleyebilmek için katı kültürler yapıldı. Bunun için sıvı ortama % 1,5 (a/h) agar eklendi. Katı kültürler alg kültürlerini saklamak, tekrar çoğaltmak ve sıvı kültür ön-kültür yapmak amacıyla kullanıldı.

3.2. *M. piperita*’nın Hazırlanması

M. piperita, saksıda yetiştirildi. Çalışmalar boyunca saksıda yetişen fideler başlangıçta boy ve yaprak sayıları eşit olacak şekilde hasat edildi. *M. piperita*, hidroponik kültüre alınmadan önce ağırlık, kök ve gövde uzunluğu, yaprak sayısı bakımından değerlendirilmiştir.

3.3. *C. vulgaris* Stok Kültürlerinin Hazırlanması

Stok kültür için besiyeri Bölüm 3.1 de anlatıldığı şekilde hazırlandı. Denemelerde hem aşısı hem de stok olarak kullanılmak üzere üretilen *C. vulgaris* türleri aydınlatma kabinlerinde 23 ± 2 °C sıcaklıkta, ortalama 1550 Lux ışık şiddetinde (Şekil 3.1) tutulmuş olup deneme süresince kültürler aydınlık-karanlık (12-12 saat) uygulandı.

Algin büyüme eğrisi ile hidroponik ortama eklenen algin deneme başlangıcında ve sonundaki konsantrasyonu, spektrofotometrede 680 nm. dalga boyundaki optik yoğunluk (OD) değerleri ile belirlendi.

OD₆₈₀ ölçümleri steril mikropipetler yardımıyla her denemeden 3 mL alınarak plastik küvetlerle yapıldı. Başlangıçta hidroponik ortama eklenecek alg miktarı; yoğunluk OD₆₈₀ de 0,3 ile 0,4 aralığında olacak şekilde ayarlandı.



Şekil 3.1. 1550 Lux Işık Yoğunluğunda Aydınlatma Kabinine Yerleştirilen Katı ve Sıvı Kültürler

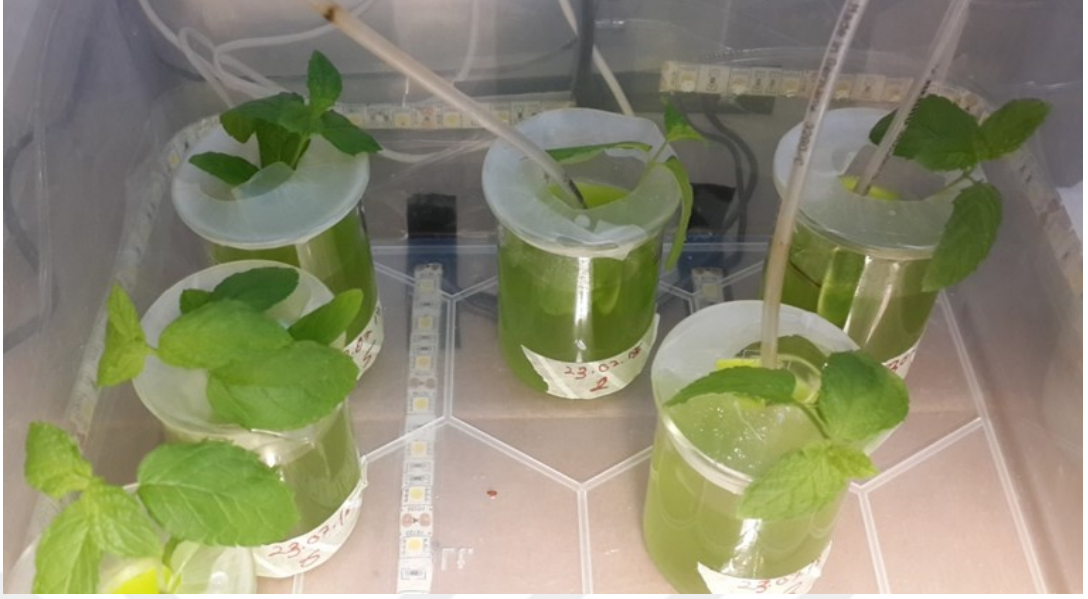
3.4. Hidroponik Ortamın Kurulması

Hidroponik ortam 80 ml BG11 besiyeri içeren beherler olarak Şekil 3.2' deki gibi hazırlandı. Kültürlerin ortam sıcaklığı 23 ± 2 °C olarak ayarlandı.

Aydınlatma kabini içine yerleştirilen kültürlere bir hava pompası aracılığı ile havalandırma sağlandı.

Çalışmada alg kültürlerinin deney başlama tarihinden itibaren 20 gün boyunca büyümesi takip edildi. Düzenli olarak erlenlerdeki *C. vulgaris*'ten OD₆₈₀ ölçümleri için numuneler alındı. pH, çözülmüş oksijen ve OD₆₈₀'de optik yoğunluk ölçümleri yapıldı.

Hidroponik deney düzeneği kurulduktan sonra, *C. vulgaris*'in besi ortamına ekimi yapıldı ve büyümesi başlatıldı. *Mentha spp.* ve *C. vulgaris* yeterli büyüme ve gelişimleri sağlandıktan sonra kurulan hidroponik sistem düzeneğine alındı ve deneme eş zamanlı olarak başlatıldı (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. 80 ml Hazırlanan Kültürler

3.5. Analitik ve Morfolojik Değerlendirmeler

Alg yoğunluk ölçümleri spektrofotometre ile yapıldı. Alg numuneleri 24 saatte bir homojen olacak şekilde bir pipet yardımıyla alındı ve her bir numune miktarı 3 ml olacak şekilde ayarlandı. Eppendorf tüplere alınan örnekler cam küvetlere konularak spektrometrede 680 nm de ölçümleri yapıldı.

Hidroponik ortamdaki çözünmüş oksijen miktarı deney başında ve sonunda çözünmüş oksijenmetre kullanılarak tespit edildi.

Kök ve gövde uzunluğu deneme başlangıcında ve sonunda; dijital kumpas kullanılarak yapıldı (Şekil 3.3). Ölçümlere ait ham veri EK-D de verilmiştir.

Nane bitkisi için, öncelikle boyları, yaprak sayıları, yaş ağırlıkları ve renk değerleri ölçüldü ve kaydedildi. Ağırlık ölçümleri hassas terazide deneme başlangıcında ve sonunda yapıldı ve gram olarak ifade edildi.

Yaprak sayısı, deneme başlangıcında ve sonunda gözle sayıldı (EK-D). Yaprak renkleri her deneme grubundaki numunelerin yapraklarından üçer paralel örnek alınarak renk ölçer ile ölçüldü ve sonuçlar deneme grupları içerisinde karşılaştırıldı.



Şekil 3.3. *Mentha piperita* Boy Ölçümleri

Çalışmada Minolta CR 400 model el tipi renk ölçüm cihazı ve CIE Lab ($L^*a^*b^*$) renk tanımlama sistemi kullanıldı. Bu renk tanımlama modelinde, renk üç boyut (rakam) ile ifade edilmektedir:

L^* : Rengin parlaklığı (0: Siyah, 100: Beyaz)

a^* : Yeşillik Kırmızılık (-60: Yeşil, +60: Kırmızı)

b^* : Mavilik Sarılık (-60: Mavi, +60: Sarı)

Renk ölçer cihazının kalibrasyonu yapıldıktan sonra, L^* , a^* ve b^* değerleri okundu. Hue açısı değeri aşağıdaki eşitlik (2,1) kullanılarak hesaplandı (Sarıçoban & Yılmaz, 2010).

$$H = \arctan(b^*/a^*)$$

Çalışmada klorofil ölçümü için Konica-Minolta SPAD 502 klorofilmetre cihazı kullanıldı. Klorofilmetre ile elde edilen değerler SPAD (SPAD: Soil - Plant Analyses Development) değeridir.

3.5.1. Işıık şiddetinin ölçümü

Kurulan deneme düzeneğinde alg ve bitkinin gelişimlerinin takibi için düzenli olarak 12 saat aydınlık 12 saat karanlık ortam sağlandı.

Aydınlatma, düzeneğin altından, üstünden ve yanlardan olacak şekilde ayarlandı (Şekil 3.4).

Aydınlatma olarak ortalama 1550 lux şiddetinde LED ışıklar ile üstten aydınlatma yapan 2700 LED ampüllü masa lambası kullanıldı. Işıık şiddetinin ölçümü Extech Instruments marka ışıkmetre ile ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Alttan ve Yanlardan Aydınlatması Yapılmış Deney Düzeneği

3.5.2. pH ve EC ölçümleri

Deneme başlangıcından itibaren düzenli olarak pH ve EC ölçümleri yapıldı. pH değeri 6 ile 7 arasında tutuldu. EC değeri ortalama $\approx 2,20$ olarak ölçüldü.

pH ölçümlerine ait tablo EK-B’de, EC ölçümlerine ait tablo EK-C de verilmiştir.

3.5.3. Sıcaklık ölçümleri

Çalışma boyunca deneme ortamının sıcaklığı 23 ± 2 °C olarak ölçüldü. Sıcaklık ölçümü AZ Instrument Crop. Cihazı ile düzenli olarak yapılmıştır. Ölçümlere ait tablo EK-B de verilmiştir.

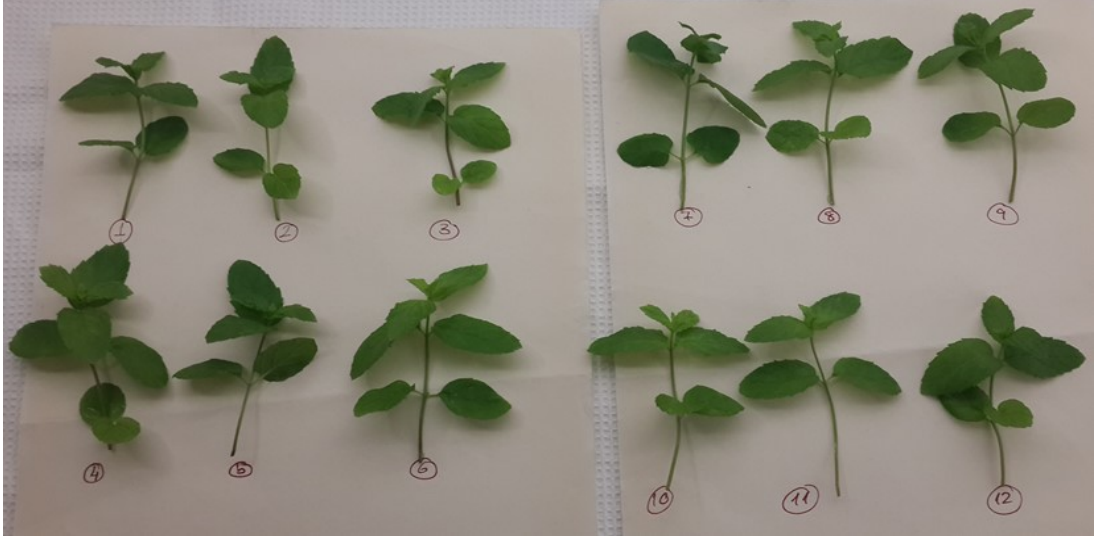
3.5.4. Deneme planı

Deneyler üç tekerrürlü dört grup halinde yapıldı, her bir nane bitkisi için numara verildi ve her deneme de toplamda 12 adet nane bitkisi ile çalışıldı. Bitkiler deneme için ilk ölçümleri yapıldıktan sonra Şekil 3.5’ te gösterildiği gibi gruplandırıldı.

Deneme için planlanan gruplar ve bu gruplardaki uygulamalar Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Deneme Gruplarının Gösterimi

Gruplar	Bitki No	Ortam Kaynakları	Gösterimi
Grup 1	1	Alg+ Hidroponik Sistem+ Havalandırma	HNK1
	2		
	3		
Grup 2	4	Alg+ Hidroponik Sistem	HNK2
	5		
	6		
Grup 3	7	Hidroponik Sistem+Havalandırma	HNK3
	8		
	9		
Grup 4	10	Hidroponik Sistem	HNK4
	11		
	12		



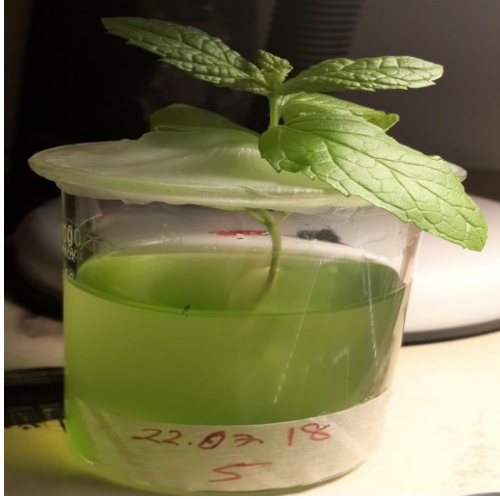
Şekil 3.5. Deneme Başlangıcında *M. piperita*'nın Gruplara Ayrılması ve Numaralandırılması

Bitkiler gruplara ayrıldıktan sonra 80 ml olarak hazırlanan ortamlara konuldu (Şekil 3.6.). 80 ml besin solüsyonu içine OD₆₈₀ 0,3-0,4 *C. vulgaris*. olacak şekilde beherlerin içine ekimleri yapıldı. Ekim yapıldıktan sonra beherlerin ilk OD₆₈₀ ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca her bir beherin pH ve ilk sıcaklık ölçümleri de yapılmıştır.

Deneme esnasında besin solüsyonunun buharlaşmasını minimuma indirebilmek ve alglerin sıçramasını ve alg olmayan beherlerde kontaminasyon oluşumunu engellemek için beherlerin ağız kısımlarına Şekil 3.7'de gösterildiği gibi beherleri çevreleyecek şekilde parafilm uygulanmıştır.



Şekil 3.6. Deneme Gruplarında Beherlere Yerleştirilmiş *M. piperita*



Şekil 3.7. Parafilm ile Kapatılan Hidroponik Sistemin Görünümü

Deneme başlatıldıktan sonra 1-2-3 ve 4-5-6 numaralı beherlerden eppendorflar içine numuneler alınmış (Şekil 3.8) ve numune alma saatleri kaydedilmiştir. Alınan örneklerdeki alg miktarı OD_{680} 'de yapılan ölçümlerle tespit edilmiştir.

pH ve sıcaklık ölçümleri, denemenin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere toplamda üç kez yapılmıştır. Aynı şekilde üç farklı zamanda beherlerin her birinin çözünmüş oksijen miktarları ölçülmüştür.

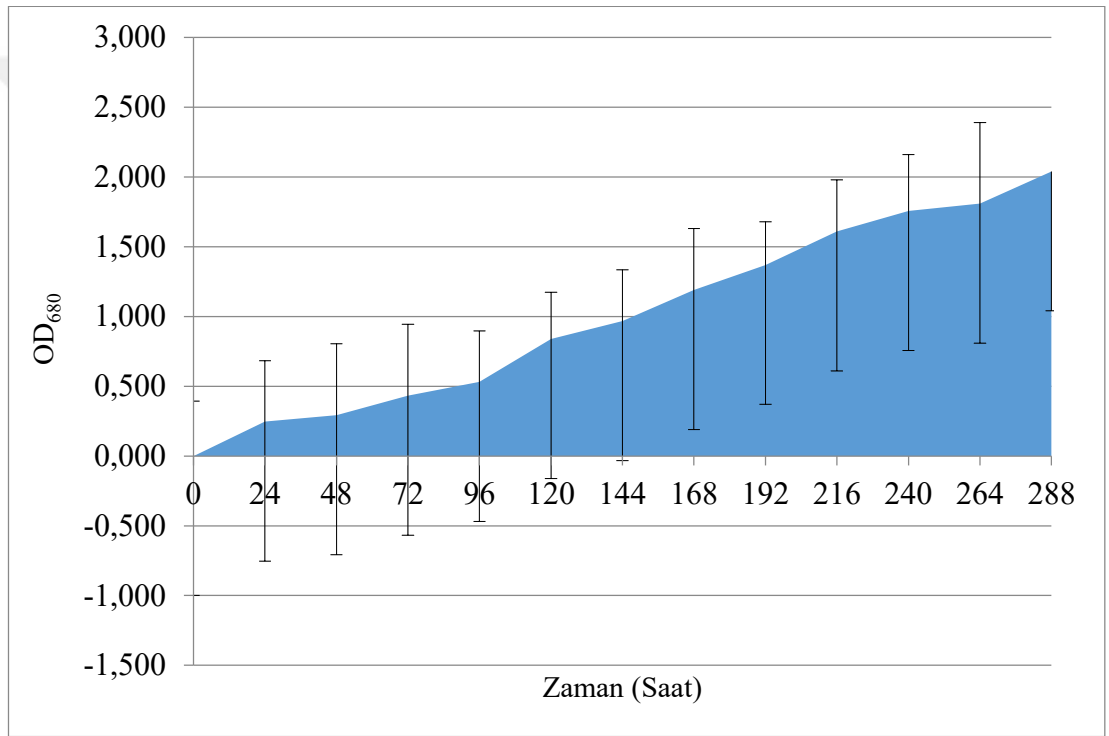


Şekil 3.8. Alınan Numunelerin Görünümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. *C. vulgaris*'in Büyüme Eğrisi

Şekil 4.1'e göre *C. vulgaris* 72 saatte logaritmik faza geçmiştir. OD₆₈₀ değeri 264. saatte 2 olmuştur. Sakarika ve Kornaros'un (2016) aynı koşullarda büyüttüğü *C. vulgaris*'in büyüme eğrisine benzerdir.



Şekil 4.1. *C. vulgaris* büyüme grafiği

4.2. Hidroponik Kültürlerde *C. vulgaris*'in Büyümesi

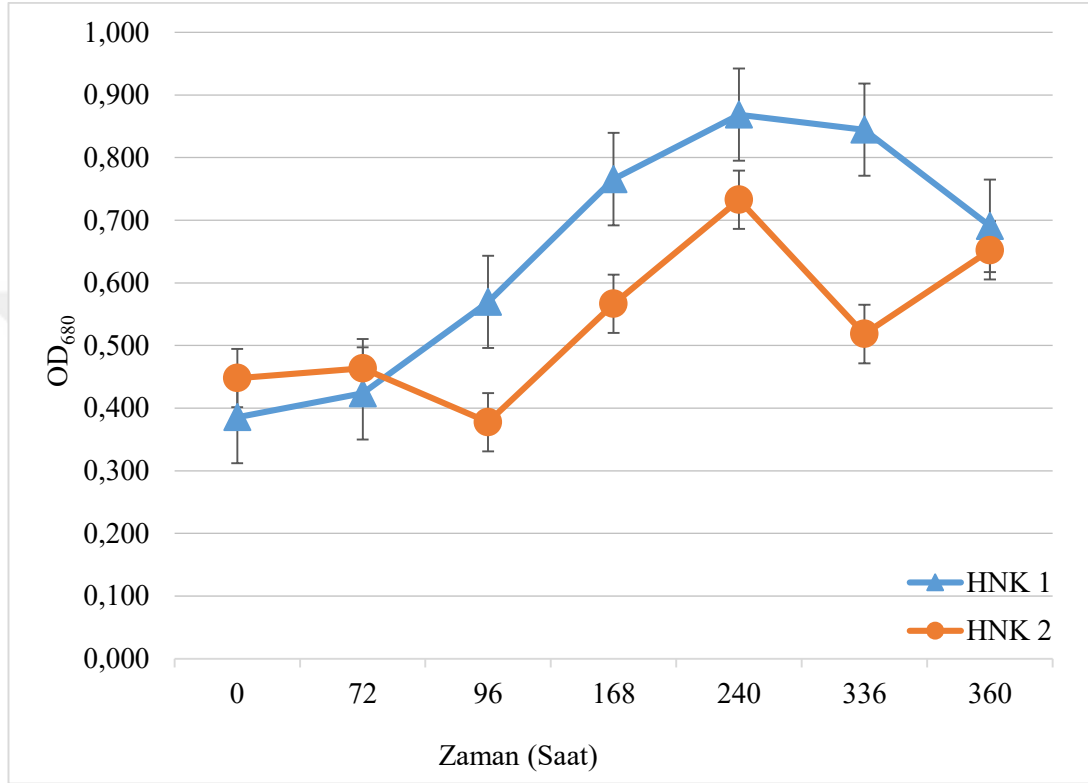
Tablo 3.1' de gösterilen deneme gruplarına göre Grup 1 ve Grup 2'de yer alan beherlere stok kültürden aşıl原因an alglerin büyüme eğrisi Şekil 4.2' deki grafikte gösterilmiştir.

Büyüme HNK1 ve HNK2'de çok farklı olmamıştır.

Buradan havalandırmanın, alg ve bitkinin birlikte büyütüldüğü bu sistemde alg gelişimi için gerekli olmadığı görülmüştür.

Havalandırma için borular, pompa ve enerji gerektiği için hem alg kültürleri hem de hidroponik kültürlerde önemli bir maliyet oluşturmaktadır (Zhang ve diğ., 2017).

Bu açıdan bu sistemin alg yetiştiriciliğinde kullanılabilecek uygun maliyetli ve çevre dostu bir sistem olduğu sonucu çıkarılabilir.



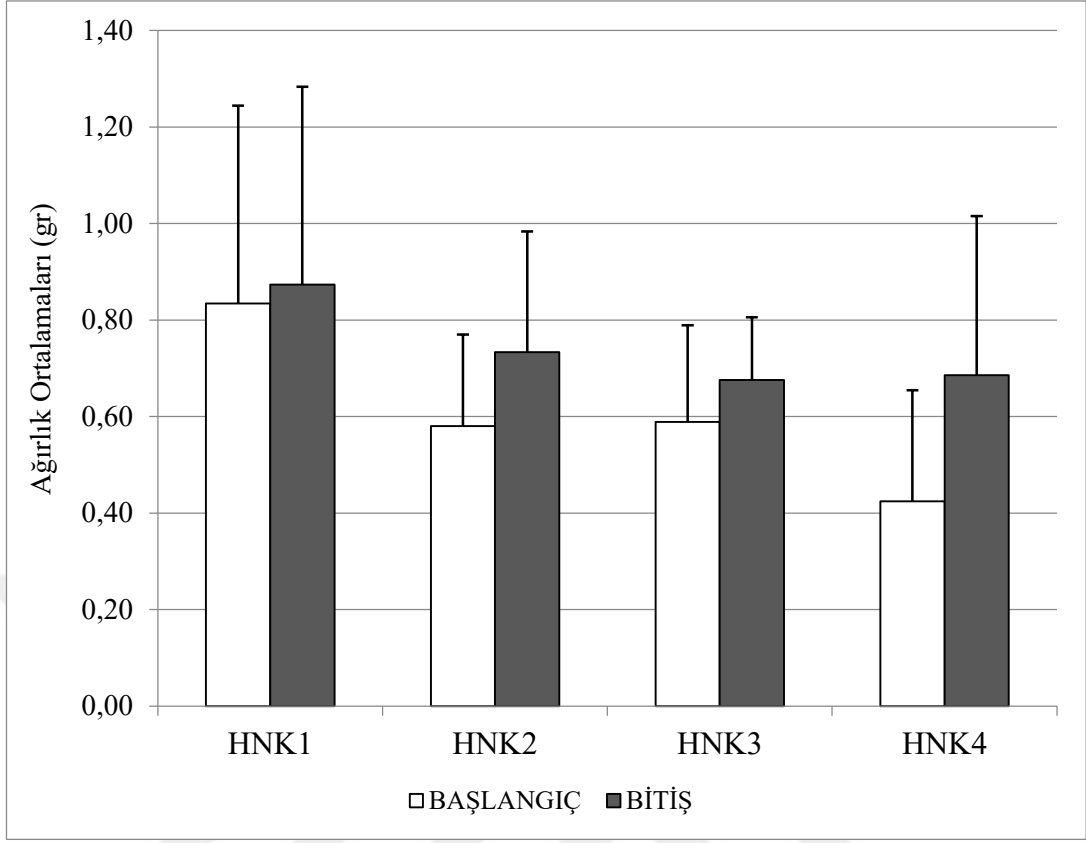
*HNK1:Alg+ Hidroponik sistem+ Havalandırma, HNK2: Alg+ Hidroponik sistem

Şekil 4.2. Grup 1 ve Grup 2'de *C. vulgaris*'in büyüme eğrisi

4.3. *M. piperita*'da Ağırlık Değişiminin Belirlenmesi

M. piperita'nın deneme gruplarına göre ağırlık ortalamasının değişimi Şekil 4.3' te verilmiştir.

Ağırlık artışlarına bakıldığında HNK1 grubundaki artışın diğer gruplara göre daha az olduğu görülmüştür. Denemenin başında en fazla ağırlık kazanımının HNK1 grubunda olması beklenmekteydi ancak en fazla ağırlık kazanımını HNK4 grubunda olmuştur.



*HNK1: Alg+ Hidroponik sistem+ Havalandırma, HNK2: Alg+ Hidroponik sistem, HNK3: Hidroponik Sistem +Havalandırma, HNK4: Hidroponik Sistem

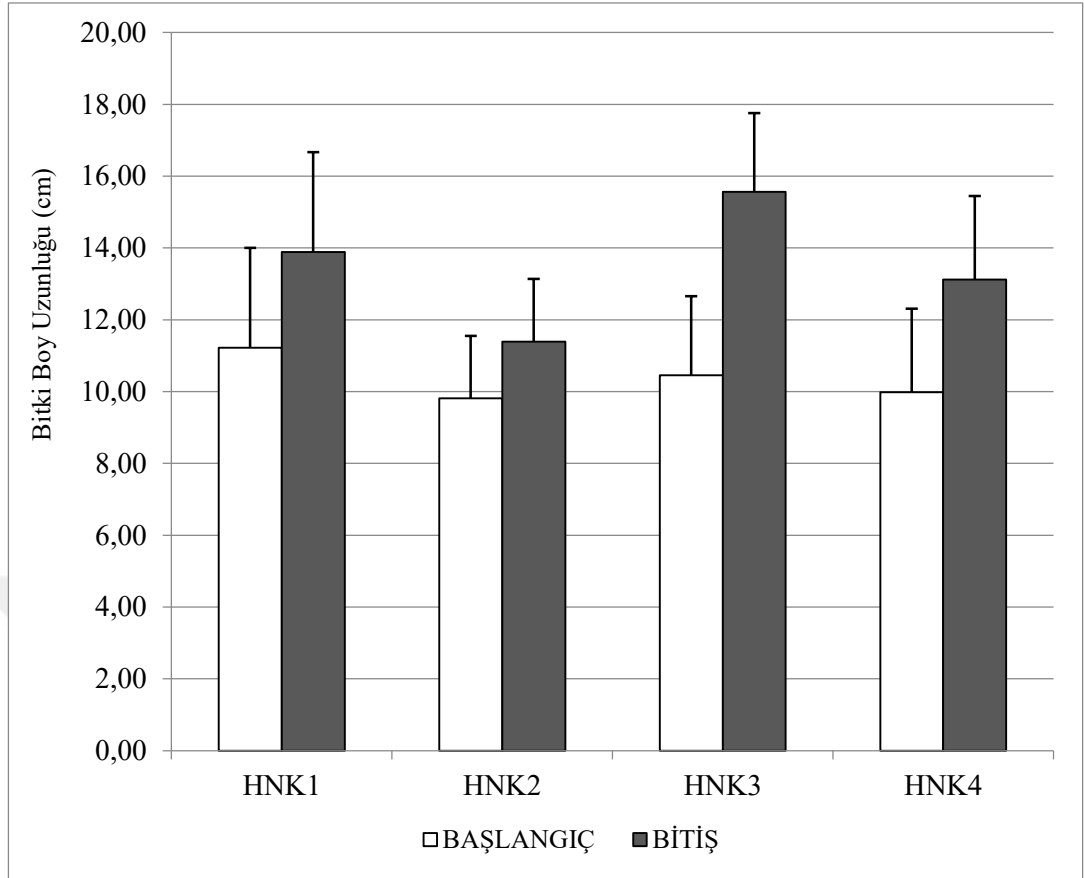
Şekil 4.3. Deneme gruplarında kullanılan *M. piperita* fidelerinin deneme sonunda başlangıca göre ağırlık değişimi

Bu sonuç Sousa ve Sodek'in 2002'de yayınladıkları derlemedeki bilgilerle uyumaktadır. Bu derlemede Barrett-Lennard ve diğ., (1988) ile Huang ve Johnson, (1995)'in yaptığı çalışmalarda oksijen eksikliğinin gövde ağırlığının artışına neden olduğu belirtilmiştir.

Bunun nedenini ise Naidoo ve Naidoo, (1992) bitkinin kök sistemindeki metabolitleri gövdeye kaydırarak metabolik bir adaptasyon sağladığı ve böylece kök sisteminin oksijen ihtiyacını azaltmayı hedeflediği şeklinde açıklamışlardır.

4.4. *M. piperita*'nın Kök ve Gövde Uzunluğunun Belirlenmesi

Deneme başlangıcından itibaren nane bitkisinin gövde ve kök boyunun uzunluğunun belirlendiği grafik Şekil 4.4' de verilmiştir.



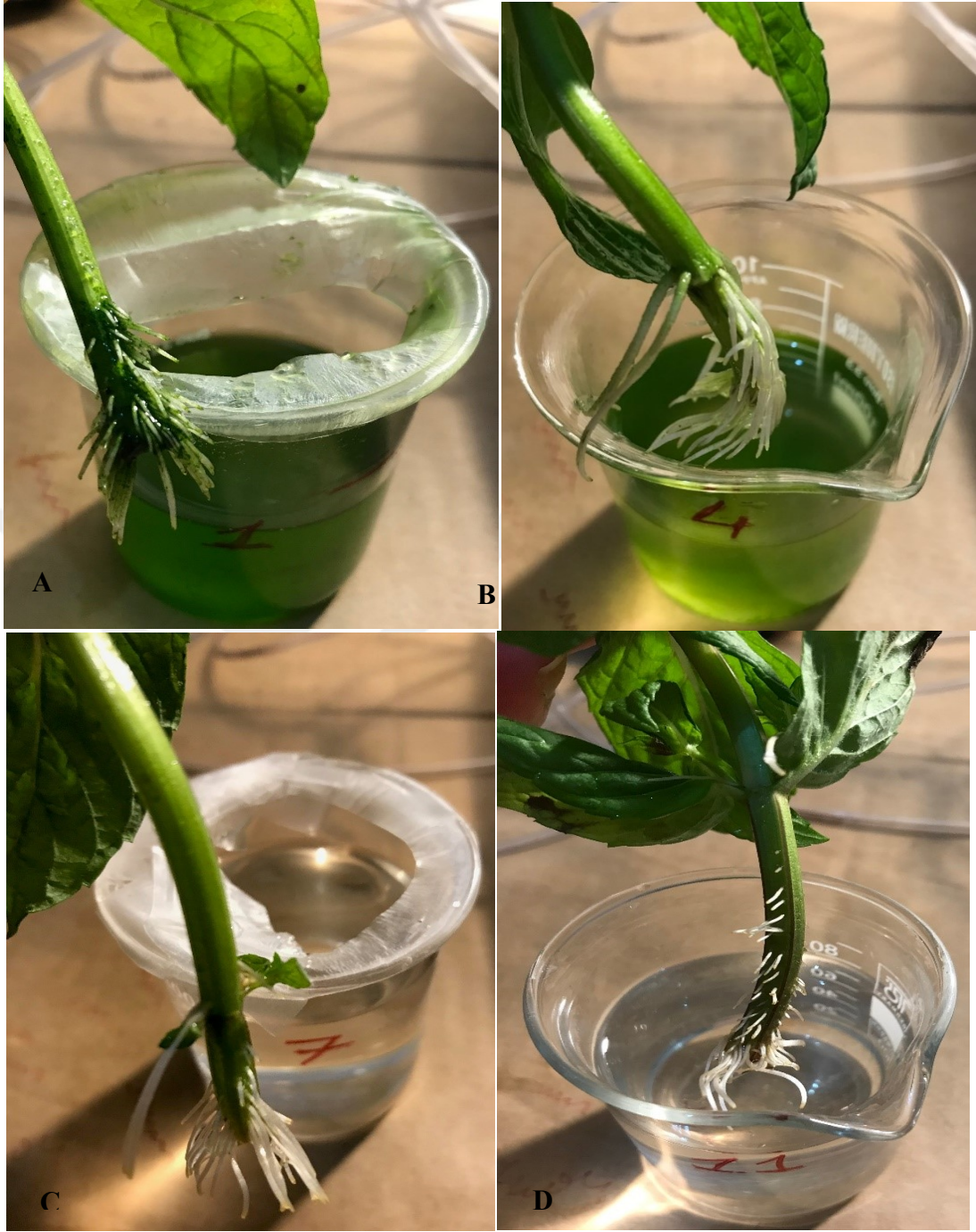
*HNK1: Alg+ Hidroponik sistem+Havalandırma, HNK2: Alg+ Hidroponik sistem, HNK3: Hidroponik Sistem+Havalandırma, HNK4: Hidroponik Sistem

Şekil 4.4. Deneme gruplarına göre *M. piperita* kök ve gövde uzunluğu değişimi

Grafikte *M. piperita*'nın her deneme grubunda ortalama olarak başlangıç fide boyu uzunluğu ile deneme sonunda fide boy uzunluğu verilmiştir.

Deneme sonundaki boy uzunluğu ölçümlerinde fidelerin kökleri (Şekil 4.5) de tüm boy uzama miktarına dahil edilerek ölçülmüştür (EK-D). Deneme grupları arasında boy miktarında artış en çok havalandırmalı fakat alg içermeyen grup olan HNK3'te gözlenmiştir.

Zheng ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada, bitki kök bölgelerinde yetersiz oksijen bulunmasının, bitki verimliliğini büyük ölçüde azaltabileceğini göstermiştir.



Şekil 4.5. *M. piperita*'da kök oluşumu. Sırasıyla A-HNK1, B- HNK2, C-HNK3 ve D-HNK4 deneme gruplarında kök oluşumları

Ayrıca bitkilerin kök bölgelerinde, yüksek miktarda oksijen konsantrasyonu ile muamelelerde, bitkilerin buna gösterdiği tepkiler hakkında çok az şey bilinmektedir

Zheng ve diğ (2007) domates bitkisinde dört hafta boyunca O_2 içeren denemeler yapmış, ikinci haftadan itibaren domates bitkisinde bodur kökler ve düşük O_2

konsantrasyonunda muamele yapılan bitkiye göre daha kalın ve hızlı bir kök gelişimi gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada da aynı doğrultuda, havalandırma uygulanan HNK1 ve HNK3 gruplarında daha hızlı kökler ve yan kökçükler oluşmuş, bitki boy uzaması havalandırmasız gruplara göre daha fazla olmuştur (Şekil 4.5).

Ayrıca bu gruplardaki bitkilerde yeni sürgün ve yaprak oluşumunun daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla O₂ konsantrasyonu arttıkça, kök solunum yolu da doğrusal olarak artmış, bu durumun bitki büyümesini olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Alglerin bitki büyüme hormonları ürettiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle *Cyanophyta* ve *Chlorophyta* familyalarına ait alglerin sitokinin hormonu ürettiği Stirk ve ark. (2002), tarafından yapılan çalışmada gösterilmiştir.

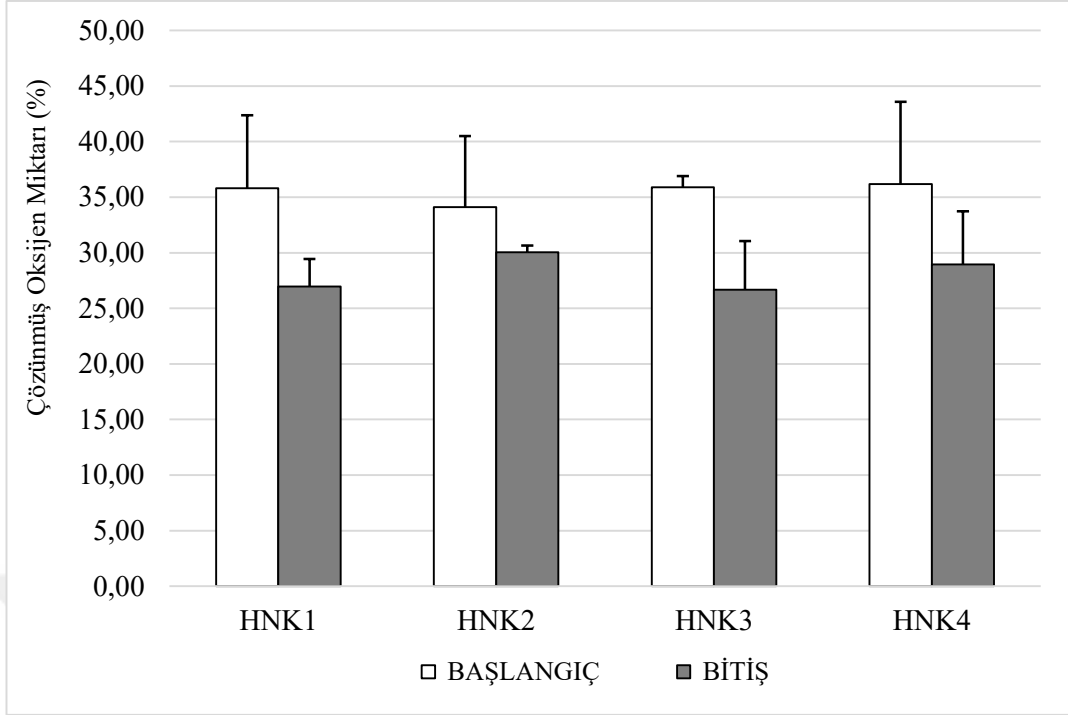
Başka bir çalışmada ise alglerin IAA üretebildikleri tespit edilmiştir (Mazur ve diğ., 2001). Yapılan bu çalışmayla da, alglerin ürettikleri hormonlarla denemelerde algli ortamlardaki bitkilerde daha fazla kök ve yeni fide oluşumunu desteklediği gösterilmiştir (Şekil 4.5).

4.5. Çözünmüş oksijen ortalaması (%)

Deneme süresince, tüm grupların çözünmüş O₂ miktarlarının ortalama değerleri Şekil 4.6' da verilmiştir.

Çözünmüş O₂ değerlerine bakıldığında tüm gruplarda başlangıçtaki çözünmüş oksijen değerlerinin, deneme sonundaki çözünmüş oksijen miktarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bitkide kök solunum hızı pozitif ve doğrusal olarak besin çözeltisinin içerisindeki çözünmüş oksijen miktarıyla ilişkilidir (Zheng ve diğ, 2007).

Algle birlikte hidroponik kültüre alınmış nane beherleri (HNK1 ve HNK2) karşılaştırıldığında HNK1'deki çözünmüş oksijen miktarındaki düşüş HNK2'nin %11' i kadardır. HNK1'de algle birlikte havalandırma olduğu için bitkinin kök sistemi HNK2'ye göre daha çok gelişmiştir; bu da aradaki farkı açıklamaktadır.



*HNK1: Alg+Hidroponik sistem+ Havalandırma, HNK2: Alg+ Hidroponik sistem, HNK3: Hidroponik Sistem +Havalandırma, HNK4: Hidroponik Sistem

Şekil 4.6. Deneme gruplarına göre ortalama çözünmüş O₂ miktarlarının gösterimi

Alg içermeyen diğer kültürlerdeki (HNK3 ve HNK4) çözünmüş oksijen miktarları arasında sadece %8,5 fark vardır. HNK3 te gerçekleşen bu düşüşün nedeni yine havalandırmadan dolayı bu sistemdeki nanenin HNK4'e göre daha fazla kök geliştirmesidir. Bu sonuçlar Zhank ve diğ.'nin (2017), yaptığı çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Zhang ve diğ. (2017), domates bitkisi kullanarak yaptıkları çalışmada oksijen desteği verdikleri gruplarda hem bitkinin hem de alg gelişimin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Özellikle besin solüsyonu ile birlikte bitki yetiştirilmesi verimi ve fotosentezi arttırmıştır.

Çalışmalar süresince deney gruplarında herhangi bir kontaminasyon oluşmamış, bakteriyel bir oluşum da gözlenmemiştir. Bu durumun alglerin bulunduğu ortamlarda bakteri vb. kontaminasyonların oluşmasına izin vermediğinin göstergesidir. Demiriz (2008) yaptığı çalışmada *C. vulgaris*'in antibakteriyel aktivitelerinin olduğunu göstermiştir. Diğer çalışmalarda alglerden elde edilen ekstraktların antiviral, antifungal, antibakteriyel, antitümoral, antiinflamatuvar etkilerinin olduğu bulunmuştur (Amaro ve diğ., 2011).

4.6. Renk Tayinleri ve Klorofil ölçümü

M. piperita'nın, deneme sonunda yapraklarından yapılan ölçümlerden elde edilen L^* , a^* , b^* değerleri Tablo 4.1' de verilmiştir. Deneme başlangıcında ise tüm bitkileri temsilen seçilen örnekte L^* değeri 39,03, a^* değeri -15,77, b^* değeri 23,67 ve hue değeri 117,41 olarak olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.1. *M. piperita*'ya ait L^* , a^* , b^* ve Hue değerleri

	L^*	a^*	b^*	Hue değeri
HNK1	40,88	-14,95	21,67	118,45
HNK2	42,62	-15,98	24,73	116,52
HNK3	42,28	-16,25	24,94	116,76
HNK4	42,93	-16,77	25,75	116,75

Deneme gruplarında L^* değeri en yüksek HNK4'te (42,93) çıkmıştır. L^* değerinin yüksekliği parlaklığı/beyazlığı ifade etmektedir, nane yapraklarında renk açıklığı kalite açısından istenen bir durum değildir.

Nane bitkisinde gerek görüntü gerekse canlılık belirtisi açısından bakıldığında yaprakların daha koyu yeşil renkte olması tercih edilen bir durumdur. Bu nedenle L^* değerinin düşük gözlemlendiği gruplar kalite açısından daha iyidir.

Sonuçlara bakıldığında HNK1'de (alg ve havalandırma olan grupta) en koyu yaprak rengi gözlemlenmiştir.

Yine bitkide a^* değerlerinin negatif olarak çıkması, yaprakların yeşil renge daha yakın olduğunun bir göstergesidir. Alg içermeyen gruplarla kıyaslandığında, içerisinde alg bulunan gruplardaki a^* değerlerinin daha düşük çıktığı görülmüştür. En düşük a^* değerinin -16,77 ile HNK4'de olduğu ve nispeten -16,25 lik değerle HNK3 grubunun da yakın bir ölçüm değeri verdiği görülmüştür.

Sarılığı ifade eden b^* değerinin HNK4'te daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. b^* değerlerine göre de HNK1'deki naneler kalite açısından daha iyidir.

Hue değerlerinde HNK1 hariç diğer deneme gruplarında azalma meydana gelmiştir. Deneme başlangıcında 117,41 olan hue açısı değeri, deneme sonunda ölçülen gruplarda HNK1'de 118,45'e çıkarken, diğer gruplarda HNK2, HNK3 ve HNK4'te sırasıyla

116,52, 116,76, 116,75'e düşmüştür. Hue değeri genel olarak rengin niteliğini ve ismini belirleyen değerdir. Yeşil sebzelerde, meyvelerde ve etlerde renk parametrelerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Pathare ve diğ., 2013). Yüksek hue değeri daha az sarılık anlamına gelmektedir. Hue değeri arttıkça nanelerin yaprakları daha yeşil olmaktadır.

Deneme başlangıcında tüm bitkileri temsilen seçilen örnekte klorofilmetre ile elde edilen SPAD değeri 3,6, deneme sonunda ise gruplara göre SPAD değerleri HNK1'de 38,53, HNK2'de 38,27, HNK3'te 35,50 ve HNK4'te 37,73 şeklinde ölçülmüştür. Bitkideki klorofil miktarı çeşitli stres faktörleriyle ilişkilendirilmiştir (Havaux ve diğ., 1988). Çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında alg içeren sistemlerde klorofil miktarı, içermeyenlere göre daha fazla artış göstermiştir. Buna göre algin bitki gelişimi üzerine stres oluşturmadığı sonucu çıkarılabilir. Ayrıca Netto ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada SPAD değerleri ile bitkinin nitrojen içeriği arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir. Buna göre algin bitki için nitrojen kaynağı olduğu söylenebilir.

Mentha fidelerinde yaprak sayıları tüm deneme grupları başlangıcında 6-12 adet aralığında olacak şekilde ayarlanmıştır. Fidelerin yaprak sayılarında denemeler süresinde azalma görülmüştür.

Fidelerin alt yapraklarının beherler içerisindeki besin çözeltisiyle teması, özellikle alt taraftaki yapraklarda dökülmesine neden olmuştur. Ayrıca deneme süresi uzadıkça yaprak dökülmeleri artmıştır.

Dökülen yapraklar sayıma dahil edilmemiştir. Yaprak sayısının aynı kaldığı beherlerde, sıvıyla temas eden veya deforme olan yapraklar dökülmüş, fideler üst taraftan yeni yapraklar çıkardığı gibi, deneme boyunca yaprak dökülmesi olmadan, ilk andaki yaprak sayısını deneme sonuna kadar koruyan fidelerde olduğu gözlenmiştir. Yaprak sayılarıyla ilgili veriler EK-D'de verilmiştir. Yeni yapılacak olan çalışmalarda hidroponik sistem düzeneklerinin bitki yaprağı ile temas etmeyecek biçimde tasarlanması önerilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada mikroalg kültürü *C. vulgaris* ile hidroponik sistem birleştirilerek hem alg kültürünün hem de *M. piperita* gelişiminin iyileştirilmesi üzerine 4 farklı deneme grubu oluşturulmuştur. Yapılan denemelerde *C.vulgaris* ile *M. piperita*'ya aynı koşullarda alg ile muamele, algsiz ortam, havalandırma kullanılan ortam ve havalandırma olmayan ortam şeklinde uygulamalar yapılmıştır.

Deneyler süresinde ortam sıcaklığının yükselmesinin, deneme üzeride olumsuz etkileri olduğu, hem alg hem de bitki gelişimini yavaşlattığı görülmüştür. pH 6-7 arasında ölçülmüş, pH oranının 8 ile 9 civarına yükselmesinin özellikle alg gelişimini olumsuz etkilediği hatta alg gelişimini durduğu tespit edilmiştir.

M. piperita için yapılan renk tayinlerinde, tüm deneme gruplarına bakıldığında önemli bir renk farklılığı görülmemiştir. Tüm bitkiler dikkate alındığında genelde parlak yeşilimsi renk gözlenmiş, nispeten sarımsı renklerde oluşmuştur.

Hidroponik sistemde bitki ile alg veriminin havalandırma ile desteklendiği gruplarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Günümüzde topraksız tarıma olan ilgi ve talep arttığı için hidroponik sistem ile burada yapılan çalışmanın daha büyük ölçekli olanları kurulabilir.

Böyle bir çalışma maksimum seviyede ürün verimini sağlarken, üretim esnasında oluşacak fazla maliyetin, düşük kalite ürün ya da ekim sırasında ve sonrasında meydana gelebilecek atıkların da minimum seviye de kalmasını sağlayabilecektir. Kısacası böyle bir sistemle tek giriş ile çift ürün alınabilecektir (Mikroalg ve Bitki). Bizim çalışmalarımızda da hidroponik sistemde maksimum fayda sağlanmış, sistem içinde hem mikroalg gelişimi ve üretimi sağlanmış hem de *M. piperita* üretimi yapılabildiği görülmüştür.

Çalışmada kullanılan *C. vulgaris* ile *M. piperita*'nın üretim koşullarının optimizasyonu, karakterizasyonu ve etki mekanizmalarının detaylandırılması bu alana ışık tutacaktır. Bu çalışma sonucunda elde edilen ürün verimliliğinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi yönünde devam eden çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda bitki ile algin tükettikleri O₂ miktarları, hidroponik sistemler ile yapılacak farklı ve daha kapsamlı çalışmalar ile detaylandırılabilir. Ayrıca farklı oksijen konsantrasyonlarında denemeler yapılarak, tüketilen O₂ miktarları arasında kıyaslamalar yapılabilir.

Ayrıca alglerden ekstrakte edilerek hormonların elde edilmesi ve bunun kullanımı da geliştirilebilir. Kök oluşumlarında alglerin hormon salgılaması ve hidroponik sistem içindeki bitkinin bu salınımları alması ve kullanımlarına dair detaylı incelemeler bundan sonraki yapılacak çalışmalar için yol gösterici olacaktır.

KAYNAKLAR

- Adak N., Pekmezci, M. Topraksız Kültürle Çilek Yetiştiriciliğinde Fide Tipleri İle Yetiştirme Ortamlarının Erkencilik ve Verim Üzerine Etkileri The Effect of Seedling Types and The Growing Media On Earliness and The Yield in Strawberry Cultivation in Soilless Culture. *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, (24), 67–74, 2011.
- Aghaalipour E. Sürekli Fotobiyoreaktör Sistemlerinde Üretilen Karışık Mikroalg Kültürü Kullanılarak CO₂ Giderim Oranlarının İncelenmesi. *VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi*, 1-3 Kasım 2017.
- Akbaba G. Biyoteknolojide Mikroalgler. *Bilim ve Teknik Dergisi*, (429), 28–32, 2003.
- Aktar S. Alglerin Genel Özellikleri, Kullanım Alanları ve Eczacılıktaki Önemi. *Ankara Ecz. Fak. Dergisi*, **39**(3), 237–264, 2010.
- Akyıl S. (2016). Alglerden Elde Edilen Yüksek Değerlikli Bileşiklerin Biyoaktif/Biyolojik Uygulama Alanları. *Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir*, **14**(4), 418–423.
- Alçay A. (2017). Alglerin İnsan Gıdası Olarak Kullanımı. *Aydın Gastronomy*, **1**(1), 47–59.
- Alshrouf A. (2017). Hydroponics, Aeroponic and Aquaponic as Compared with Conventional Farming. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, **27**(1), 247–255.
- Altın N. *Chlorella variabilis* Türü Mikroalgin Büyümesine ve Yağ İçeriğine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2017, 511154.
- Aluç Y. Bazı Mikroalglerden Karotenoid Ekstraksiyonu ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 2015, 430044.
- Amaro H. M., Guedes, A. C., Malcata, F. X. (2011). Antimicrobial Activities Of Microalgae: An Invited Review, in: Mendez-Vilas, A. (Ed.), Science against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances, Formatex Research Center, 1272–1280.
- Arenholt-Bindslev D. (1998). Environmental Aspects Of Dental Filling Materials. *European Journal of Oral Sciences*, **106**(22), 713–720.
- Arioli T., Mattner S. W. ve Winberg P. C. (2015). Applications Of Seaweed Extracts In Australian Agriculture: Past, Present And Future. *Journal of Applied Phycology*, **27**(5), 2007–2015

Ataklı S. B. Topraksız Tarımda Kıvırcık Yapraklı Baş Salata ve Biberde Led Aydınlatmanın Verim, Bitki Gelişimi, Mineral Madde Alımı ve Yaprak Nitrat Birikimine Etkisi. Doktora Tezi, T.C.Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 2018, 531456.

Atasayar B. Akuakültürde Kullanılan Mikroalglerin Fotobiyoreaktörde Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2014, 374724.

Balbay D. Marmara Bölgesinde Örtüaltı Tarımı Geliştirme Koşul ve Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2014, 374468.

Banat I. M., Nigam P., Singh D. ve Marchant R. (1996). Microbial decolorization of textile-dye-containing effluents: A review. *Bioresource Technology*, **58**(3), 217–227.

Barrett-Lennard E.G., Leighton P.D., Buwalda F., Gibbs J., Armstrong W., Thomson C.J., Greenway H. (1988) Effects of Growing Wheat in Hypoxic Nutrient Solutions and of Subsequent Transfer to Aerated Solutions. I. Growth and Carbohydrate Status of Shoots and Roots. *Aust. J. Plant Physiol.* (15)585-598

Başar H. (2000). Bazı Topraksız Yetiştiricilik Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Anadolu, Journal of Aegean Agricultural Research Institute* **10**(2), 169–182.

Becker E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, **25**(2), 207–210.

Belay A., Kato T. ve Ota Y. (1996). Spirulina (Arthrospira): Potential Application as an Animal Feed Supplement. *Journal of Applied Phycology*, **8**(4–5), 303–311.

Borowitzka M. a. (2013). *Algae for Biofuels and Energy Developments in Applied Phycology 5. Algae for Biofuels and Energy*, 1-290.

Borowitzka M. A. (1998). Algae as food. *B. J. B. Wood (Ed.), Microbiology of Fermented Foods*, Thomson Science, 585–586.

Bozköylü A. ve Daşgan H. Y. (2010). Comparison of Organic and Chemical Nutrition in Soilless Grown Tomato. *TÜBAV Bilim*, **3**(2), 174–181.

Bulut Y. (2009). Chlorella’da (Chlorophyceae) Yağ Miktarını Arttırma Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009, 244237.

Büyükbayraktar A. Konya Ekolojik Şartlarında Farklı Azot Dozlarında Yetiştirilen *Mentha piperita* L. ve *Mentha spicata* L. Türlerinin Kurutma Yöntemlerine Göre Drog Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2014, 356975.

Cardozo K. H. M., Guaratini T., Barros M. P., Falcão V. R., Tonon A. P., Lopes N. P., Campos S., Torres M. A., Souza A. O., Colepicolo P., Pinto E. (2007). Metabolites From Algae With Economical Impact. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, **146**, 60–78.

- Cebeli F., Kendirli B. (2011). Yozgat İli Seracılığında Jeotermal Enerjinin Kullanım Olanakları. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* **3**, 55–64.
- Çılgin E. (2015). 3 . Nesil Biyoyakıt Teknolojisi Alglerin bir Dizel Motorunda Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, **5**, 33–41.
- Darcy-Vrillon Bb. (1993). Nutritional Aspects Of The Developing Use Of Marine Macroalgae For The Human Food Industry. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **44**, 23–35.
- Demirez M. (2013). Nane'nin Fitoterapi Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013, 359513.
- Demiriz T. (2008). Bazı Alglerin Antibakteriyel Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008, 232996.
- Prieto E. R. (2011). Production of Indole-3-Acetic Acid in the Culture Medium of Microalga, **22**(12), 2355–2361.
- Elcik H., Çakmakcı M. (2017). Mikroalglerden Yenilenebilir Biyoyakıt Üretimi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, **32**(3), 795–820.
- Emrebaş N. Topraksız Ortamda Roka ve Tere Yetiştiriciliğinde Mikrobiyal Gübre (*Trichoderma harzianum*, KUEN 1585) Uygulamasının Bitki Gelişimi ve Verimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2010, 270340.
- Engindeniz S. (2001). Serada Topraksız Kültürle Sebze Yetiştirmenin Ekonomik Yönden Değerlendirilmesi. *Türkiye V. Tarım Ekonomisi Kongresi*, 163–169.
- Gökpinar Ş. (2013). Algal Biyoteknoloji Çalışmaları. *Yunus Araştırma Bülteni*, (4), 21–26.
- Gökpinar Ş., Koray T., Akçiçek E., Göksan T., Durmaz Y. (2006). Algal Antioksidanlar. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **23**(1/1), 85–89.
- Güçlü Z. (2011). Atık Sulardan Ağır Metal İyonlarının Kaldırımında Alglerin Kullanımı. *TABAD Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, **4**(1), 19–23.
- Güler H. (2011). Soğuk Serada Kaya Yünü, Perlit, Zeolit, Cibre ve Toprakta Yetiştirilen Kıvrıkcık Baş Salatada Gelişme ve Verimin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2011, 297643.
- Hanumantha Rao P., Ranjith Kumar R., Raghavan B., Subramanian V., Sivasubramanian V. (2011). Application of Phycoremediation Technology in the Treatment of Wastewater from a Leather-Processing Chemical Manufacturing Facility. *Water SA*, **37**(1), 7–14.
- Havaux M., Erneiz M., Lannoye R. (1988). Correlation Between Heat Tolerance And Drought Tolerance In Cereals Demonstrated By Rapid Chlorophyll Fluorescence Tests. *J. Plant Physiol.* **133**, 555–56

Hazar D., Baktir İ. (2014). Topraksız Tarım Kesme Gül Yetiştiriciliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **17** (2), 21–27.

Huang B., Johnson J.W. (1995) Root Respiration And Carbohydrate Status Of Two Wheat Genotypes In Response To Hypoxia. *Ann. Bot.* (75) 427-432.

İkincikarakaya S. Ü. (2013). Doğal Kaynaklar ve Tarım. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, **6**(1), 104–109.

İncemehmetoğlu A. (2012). Investigation The Effects Of Different Support Medium On Product With Nutrient Film Technique. *Middle East Technical University, The Degree Of Master Of Science In Biotechnology*, 5, 75.

J.Benton Jones Jr. (2016). Hydroponics. A Practical Guide for the Soilless Grower, 2nd ed., CRC Press, Washington D.C., 2-3.

Kaba N. (2006). Deniz Alglerinin İnsan Beslenmesinde Kullanılması. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **23**(1/2), 243–246.

Kahraman Ö., Özzambak E. (2004). Topraksız Kültür, Sera Koşullarında Organik ve İnorganik Ortamların Ağlayan Gelin(*Fritillaria imperialis*) Soğanları Üzerine Etkileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi ,Fen Bilimleri Dergisi*, **6**(2), 65–70.

Kargın H., Su Y. (2006). Mikroalg Üretimi İçin Fotobiyoreaktör Tasarımları. *U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences Cilt Aquaculture*, **231**(2), 327–332.

Kervankıran, İ. (2011). Afyonkarahisar İlinde Alternatif Tarım Çalışmalarına Bir Örnek: Jeotermal Seracılık. *Marmara Coğrafya Dergisi*, **24**, 382–402.

Khan F. A. (2018). A Review an Hydroponic Greenhouse Cultivation for Sustainable Agriculture. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, **2**(2), 59–66.

Khurana N., Wales R. (1989). *Effects of oxygen concentration on the metabolism of. Reproduction, Fertility and Development*, **1**(2), 99-106.

Kılınç S. S. (2005). Katı Ortam Kültürü ile Yapılan İncir Fidanı Yetiştiriciliğinde Farklı Besin Eriği Formülasyonlarının Fidan Kalitesi Üzerine Etkisi. *T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 170713.

Koca S. Bazı Bitkilerin Hidroponik Ortamda Fitoremediasyon Kapasitelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2012, 365527.

Köz F. F. Y. Yöresel Kaynaklardan İzole Edilen Yeşil Mikroalg *Chlorella* sp. ve Siyanobakteri *Oscillatoria amphibia*'nın Çeşitli Ekstraktlarının Farmakolojik Aktivitelerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2009, 255150.

- Lee Y. K. (1997). Commercial Production Of Microalgae In The Asia-Pacific Rim. *Journal of Applied Phycology*, **9**(5), 403–411.
- Lee S., Lee J. (2015). Beneficial Bacteria And Fungi In Hydroponic Systems: Types and Characteristics of Hydroponic Food Production Methods. *Scientia Horticulturae*, **195**, 206–215.
- Mazur H., Konop A., Synak R. (2001). Indole-3-Acetic Acid In The Culture Medium of Two Axenic Green Microalgae. *Journal of Applied Phycology*, **13**(1), 35–42.
- Meriç K. (2008). Topraksız Tarımda Kapılar Sistemler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, **45**(2), 145–152.
- Mulbry W., Westhead E. K., Pizarro C., Sikora L. (2005). Recycling of Manure Nutrients: Use of algal biomass from dairy manure treatment as a slow release fertilizer. *Bioresource Technology*, **96**(4), 451–458.
- Naidoo G., Naidoo S. (1992) Waterlogging Responses of *Sporolobus virginicus* (L.) Kunth. *Oecologia* (**90**)445-450
- Naveen D., Majumder C. B., Mondal P., Shubha D. (2011). Biological Treatment of Cyanide Containing Wastewater. *Research Journal of Chemical Sciences*, **1**(7), 15–21.
- Netto I. T., Campostrini E., Oliveira J.G., Bressan-Smith R.E., (2005). Photosynthetic Pigments, Nitrogen, Chlorophyll A Fluorescence And SPAD-502 Readings In Coffee Leaves, *Scientia Horticulturae*, **104**, 199–209
- Novák O., (2009). High-Throughput Screening Technology for Monitoring Phytohormone Production in Microalgae. *Journal of Phycology*, **45**(1), 108–118.
- Oğur S. (2016). Kurutulmuş Alglerin Besin Değeri Ve Gıda Olarak Kullanımı. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **33**(1), 59.
- Okudur E. (2018). Durgun Su Kültüründe Yetiştirilen Marulda Üç Farklı Şekilde Verilen Gübrelemenin Verim ve Kaliteye Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi, Araştırma Makalesi*, 394–399.
- Okudur E., Ercan N. (2016). Farklı Gübre Uygulamalarının Durgun Su Kültüründe Yetiştirilen Marullarda Verim ve Kaliteye Etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD*, 69–78.
- Oswald W. J., Golueke C. G. (1960). Biological Transformation of Solar Energy. *Advances in Applied Microbiology*, **2**(1), 223–262.
- Öterler B., Kirgiz T., Albay M. (2014). Seasonal Variations of Water Quality Parameters and Algal Flora of Tundzha. *Open Journal of Ecology*, (4), 807–819.
- Özçiçek E., Can E., Yılmaz K., Seyhaneyıldız Can, Ş. (2017). Usage of Microalgae as a Sustainable Food Source in Aquaculture. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **34**(3), 347–354.

- Özçimen D. (2018). *Chlorella protothecoides* Mikroalg Yağının *Botrytis cinerea* ve *Aspergillus niger* Küflerine Karşı Antifungal Etkisinin İncelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **15**(02), 45–52.
- Özdemir N., Erkmen J. (2013). Yenilenebilir Biyoplastik Üretiminde Alglerin Kullanımı. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, **3**(8), 89–104.
- Özdemir S. (2015). *Chlorella vulgaris* Üretimi ve Sera Organik Domates Yetiştiriciliğinde Biyogübre Olarak Kullanımının Etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, (22), 596–605.
- Özdemir S., Sukatar A., Bahar G. (2016). Production of *Chlorella vulgaris* and Its Effects on Plant Growth , Yield and Fruit Quality of Organic Tomato Grown in Greenhouse as Biofertilizer. *Journal of Agricultural Sciences*, **22**(4), 596–605.
- Özkan Ş. 2012-2013 Yıllarında Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde Gelişmekte Olan 'Topraksız Tarım Ürünlerinin Bugünkü Durumu ve Gelecekle İlgili Tahminler Domates ve Çilek Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun, 2014, 372394.
- Öztekin G. (2003). Topraksız Tarımda Besin Solüsyonunun Dezenfeksiyonu. *EÜ Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü*, **2**(2), 36–41.
- Pathare P.B., Opara U. L., Al-Said F. (2013) A.Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol* **6**:36–60
- Pirinç P. Bazı Deniz Mikroalglerinin (*Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii*, *Chlorella sp.* ve *Dunaliella salina*) Kültüründe Işık ve Tuzluluk Konsantrasyonunun Büyüme Ve Biyokimyasal Yapısına Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2014, 371449.
- Pragya N., Pandey K. K., Sahoo P. K. (2013). A Review On Harvesting, Oil Extraction And Biofuels Production Technologies From Microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **24**, 159–171.
- Ramaraj R., Unpaprom Y., Dussadee N. (2016) Cultivation of Green Microalga, *Chlorella vulgaris* for Biogas Purification. *International Journal of New Technology and Research* ,**2**, 117-122.
- Raso S. (2013). *Effects of oxygen concentration on the growth of Nannochloropsis sp. Reproduction, Fertility and Development*, Wageningen University, 1-166.
- Roberto K. *How To Hydroponics. future garden*, 3rd ed., Farmingdale, New York, 2017.
- Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P. Y., Vaca-Garcia C. (2014). Morphology, Composition, Production, Processing and Applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **35**, 265–278.
- Sakarika M., Kornaros M, (2016). Effect of Ph On Growth And Lipid Accumulation Kinetics of The Microalga *Chlorella vulgaris* Grown Heterotrophically Under Sulfur Limitation, *Bioresource Technology*, **219**, 694–701

- Sarıçoban C ve Yılmaz M.T., (2010). Modelling the Effects of Processing Factors on the Changes in Colour Parameters of Cooked Meatballs Using Response Surface Methodology, *World Applied Sciences Journal* **9** (1),14-22.
- Senthil P., Jeyachandran S. (2012). Microbial Diversity In Rubber Industry Effluent. *Biological Sciences*, **2** (1), 123-131.
- Sharma O. P. Text Book of Algae, 20, New Delhi Tata Mc Graw-Hill, 2008.
- Siahaan E., Pangestuti R., Munandar H., Kim S.-K. (2017). Cosmeceuticals Properties of Sea Cucumbers: Prospects and Trends. *Cosmetics*, **4**(3), 26.
- Sousa C. A. F., Sodek L. (2002). The Metabolic Response Of Plants To Oxygen Deficiency, *Braz. J. Plant Physiol.*, **14**(2),83-94.
- Sönmez M. (2017). Biyogübre Uygulamalarının Agregat Oluşumu Üzerindeki Rolü. *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü*, (January), 131–137.
- Soylu N. (2018). Topraksız Tarım. *Kıbrıs Amerikan Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Serası Raporu*, 1–49.
- Spolaore P., Cassan C., Duran E., Isambert A. (2006). Commercial Applications of Microalgae, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **101**(2), 87–96.
- Stirk W. A., Ördög V., Van Staden J., Jäger K. (2002). Cytokinin- and Auxin-Like Activity in Cyanophyta and Microalgae. *Journal of Applied Phycology*, **14**(3), 215–221.
- Şahin Ü., Özdeniz A., Zülkadir A., Alan R. (1998). Sera Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Bitkisinde Farklı Yetiştirme Ortamlarının Verim, Kalite ve Bitki Gelişmesine Olan Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **22**(1), 71–79.
- Şevik M. (2011). Topraksız Tarımda Hidroponik Kültür Bitki Patojeni Virüsler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, **26**(2), 176–180.
- Talaz A., Nas E. (2019). Topraksız Kültürde Domates Üretiminin Bafra Ovasında Gerçekleştirilebilirliğinin Araştırılması. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, **2**,(1), (February), 11–19.
- Tapan D. Çevre Koşullarının Bazı Mikroalg Türlerinin Büyümesi Üzerine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006, 197401.
- Tarlan E., Dilek F. B. ve Yetiş Ü., (2002). Effectiveness Of Algae In The Treatment Of A Wood-Based Pulp And Paper Industry Wastewater, *Bioresource Technology*, **84**, 1-5
- Temel M. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Tıbbi -Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, **21**, 198–214

Ting H., Haifeng L., Shanshan M., Zhang Y., Zhidan L., Na D. (2017). Progress In Microalgae Cultivation Photobioreactors And Applications In Wastewater Treatment: A Review. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, **10**(1), 1–29.

Toksoy F. (1997). Vermikülit, Mineraloji, Jeolojik Oluşum, Endüstriyel Kullanım ve Türkiye’deki Durumu. *2 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Mum l W İzmir Türkiye*, 123–139.

Toprak E. (2013). Topraksız Tarımda Kullanılan Ortam Domates Verimi ve Kalitesini Etkiliyor mu?, **6**(2), 41–47.

Ulukardeşler A. (2012). 3. Nesil Biyoyakıt Teknolojisi Olan Alglerin Türkiye’de Üretilirlik Potansiyeli. *Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Koç Üniversitesi, İstanbul*, 3–6.

Whapham C.A., Enkins T., Blunden G., Hankins S.D. 1994. The Role of Seaweed Extracts, *Ascophyllum Nodosum*, in the Reduction in Fecundity of *Meloidogyne Javanica* Fundam Appl Nematol., **17**(2), 181–183.

Yep B., Zheng Y. (2019). Aquaponic Trends And Challenges A Review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1586–1599.

Zhang J., Wang X., Zhou Q. (2017). Co-Cultivation Of *Chlorella Spp* And Tomato In A Hydroponic System. *Biomass and Bioenergy*, 97, 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.12.024>

Zheng Y., Wang L., Dixon M. (2007). An Upper Limit for Elevated Root Zone Dissolved Oxygen Concentration for Tomato. *Scientia Horticulturae*, **113**(2), 162–165.

URL-1: <https://www.nane.gen.tr/nane-yapragi.html> (Ziyaret tarihi: 06.01.2019)

URL-2: <https://www.lorganik.com/nane-ve-nanenin-faydalari-hakkinda.html>

(Ziyaret tarihi: 06.01.2019)

URL-3: <http://www.migrenbelirtileri.com/spor-aleti/nane> (Ziyaret tarihi: 06.01.2019)

URL-4: www.mku.edu.tr/files/1066 (Ziyaret Tarihi: 02.06.2019)

URL-5: <https://toprakvesu.com/kb/dwc-derin-su-kulturu/> (Ziyaret Tarihi: 24.01.2019)

URL-6: <https://toprakvesu.com/kb/ince-besin-tabakasi-sistemi-nft/> (Ziyaret Tarihi: 24.01.2019)

URL-7: <https://teknolojiprojeleri.com/teknik/aeroponik-akan-su-kulturu-sistemi-nedir-ne-ise-yarar> (Ziyaret Tarihi: 01.01.2018)



EKLER

EK-A

Cihazlar

- Vorteks (Eppendorf / Mini spin-Vortex V-32)
- pH Metre (Hanna Instruments HI 2211 Series pH 720)
- Hassas Terazî (Kern ACJ 220-4M)
- Distile Su Cihazı (Nüve NS 108 Dest / ROC CCT-3300 Series)
- Otoklav (HMC Hiclave HG-80)
- Buzdolabı (Arçelik 5243 NEB / +4°C)
- Mikropipet [200 µL ve 1000 µL] (Eppendorf Research)
- Hava pompası (Hailea Aco-9610)
- Digital kumpas (Loyka 0-200 mm)
- Spektrometre (UV mini 1240)
- Renk Ölçer (Konica Minolta CR-400)
- Çözünmüş Oksijen Ölçer, Sıcaklık Ölçer, EC Ölçer (Az Instrument Crop.)
- Işık Şiddeti ölçüm cihazı (Extech Instruments)
- Klorofilmetre (Konica-Minolta SPAD 502)

EK-B

Deney süresinde yapılan sıcaklık ve pH değerleri tablo B1,B2 ve B3 te verilmiştir.

Tablo B1. 1.Deney sıcaklık ve pH ölçümleri

1.DENEY	22.07.2018		9.08.2018	
Gruplar	SICAKLIK (°C)	pH	SICAKLIK (°C)	pH
	25,5	7,2	27,2	8,69
HNK1	25,6	7,1	27,9	8,69
	25,4	7,18	27,1	8,70
	25,8	7,19	28,1	8,89
HNK2	25,3	7,25	28,2	8,72
	25,5	7,28	28,2	8,59
	25,1	7,2	27,1	8,07
HNK3	25	7,22	27,5	8,25
	25	7,23	27,5	8,15
	24	6,88	28,3	7,67
HNK4	24	6,87	28,3	7,87
	24	6,87	28,4	7,69

Tablo B2. 2. Deney sıcaklık ve pH ölçümleri

2.DENEY	27.09.2018		5.10.2018		8.10.2018	
Gruplar	SICAKLIK (°C)	pH	SICAKLIK (°C)	pH	SICAKLIK (°C)	pH
	22,6	7,9	21,5	8,3	27,2	8,69
HNK1	22,5	7,93	21,1	8,29	27,9	8,69
	22,7	7,97	20,7	8,4	27,1	8,70
	22,6	7,99	22,2	9,23	28,1	8,89
HNK2	22,7	8	21,1	9,68	28,2	8,72
	22,4	7,86	22,3	9,59	28,2	8,59
	22	7,48	21,5	7,53	27,1	8,07
HNK3	22	7,51	21,3	7,72	27,5	8,25
	21,8	7,41	21,2	7,63	27,5	8,15
	22	7,49	22,3	7,03	28,3	7,67
HNK4	22	7,35	22,2	7,18	28,3	7,87
	22	7,4	22,3	7,44	28,4	7,69

Tablo B3. 3. Deney sıcaklık ve pH ölçümleri

3.DENEY		9.10.2018		21.10.2018	
Gruplar		SICAKLIK (°C)	pH	SICAKLIK (°C)	pH
		24	7,66	21,3	8,67
HNK1		24,3	7,51	21,1	8,60
		23,8	7,66	21,5	8,54
		24	7,67	21,7	8,76
HNK2		24	7,66	21,9	9,16
		24,5	7,69	21,8	8,95
		24,1	6,9	21,4	7,73
HNK3		24,6	6,94	21	7,94
		24,6	6,94	21,2	7,92
		24,6	6,9	21,8	7,16
HNK4		24,4	6,94	21,7	7,08
		25	6,91	21,6	7,13

EK-C

Tablo C1. Deneme süresince ölçülen EC değerleri

Gruplar	1.05.2019 EC	3.05.2019 EC	5.05.2019 EC	7.05.2019 EC	9.05.2019 EC
	2,10	2,74	2,46	3,01	2,98
HNK1	2,09	2,83	2,28	2,32	2,30
	2,09	2,72	2,44	2,24	2,15
	2,10	2,21	2,18	2,01	2,00
HNK2	2,09	2,30	2,52	2,25	2,16
	2,11	2,25	2,15	1,88	2,00
	2,36	2,16	2,47	2,16	2,15
HNK3	2,10	2,01	2,32	2,38	2,35
	2,11	2,29	2,50	2,16	2,20
	2,08	2,18	2,23	1,85	2,00
HNK4	2,10	2,16	2,21	2,22	2,15
	2,11	2,22	2,32	2,01	2,10

EK-D

Tablo D1. 1.Deney için fide boyu ve yaprak sayısı ölçümleri

1. DENEY					
Gruplar	İlk Fide Boyu	Yaprak Sayısı	Son Fide Boyu	Son Yaprak Sayısı	Yeni Fide Oluşumu
	8 cm	6 Adet	15,71 cm	6 Adet	-
HNK1	8,5 cm	6 Adet	11,08 cm	6 Adet	-
	8,5 cm	8 Adet	11,63 cm	5 Adet	-
	7,1 cm	8 Adet	12,1 cm	9 Adet	2 Adet
HNK2	8,0 cm	10 Adet	9,85 cm	2 Adet	1 Adet
	9,0 cm	8 Adet	13,69 cm	8 Adet	2 Adet
	9,0 cm	8 Adet	13,0 cm	8 Adet	-
HNK3	9,0 cm	8 Adet	15,98 cm	6 Adet	2 Adet
	9,5 cm	8 Adet	15,67 cm	10 Adet	-
	9,5 cm	8 Adet	14,17 cm	7 Adet	-
HNK4	8,5 cm	8 Adet	13,18 cm	7 Adet	2 Adet
	8,5 cm	6 Adet	9,11 cm	7 Adet	-

Tablo D.2. 2.Deney için fide boyu ve yaprak sayısı ölçümleri

2.DENEY					
Gruplar	İlk Fide Boyu	Yaprak Sayısı	Son Fide Boyu	Son Yaprak Sayısı	Yeni Fide Oluşumu
	10,2 cm	10 Adet	15,6 cm	12 Adet	2
HNK1	11,4 cm	12 Adet	12,3 cm	12 Adet	-
	10,5 cm	12 Adet	12,36 cm	12 Adet	-
	9,2 cm	10 Adet	11,44 cm	10 Adet	-
HNK2	10,0 cm	10 Adet	10,33 cm	10 Adet	-
	9,5 cm	8 Adet	9,67 cm	7 Adet	2
	8,5 cm	8 Adet	15,5 cm	12 Adet	2
HNK3	9,5 cm	8 Adet	10 cm	6 Adet	-
	8,6 cm	6 Adet	12,5 cm	10 Adet	2
	8,0 cm	6 Adet	14,48 cm	10 Adet	-
HNK4	7,8 cm	6 Adet	11,5 cm	8 Adet	2
	8,5 cm	8 Adet	8,41 cm	7 Adet	-

Tablo D.3. 3.Deney için fide boyu ve yaprak sayısı ölçümleri

3.DENEY					
Gruplar	İlk Fide Boyu	Yaprak Sayısı	Son Fide Boyu	Son Yaprak Sayısı	Yeni Fide Oluşumu
	14,45 cm	10 Adet	15,14 cm	10 Adet	-
HNK1	14,45 cm	12 Adet	15,16 cm	8 Adet	6 Adet
	15,0 cm	8 Adet	16 cm	8 Adet	-
	12 cm	12 Adet	12,50 cm	10 Adet	4 Adet
HNK2	11,5 cm	10 Adet	11,41 cm	10 Adet	2 Adet
	12 cm	10 Adet	11,56 cm	9 Adet	2 Adet
	13 cm	12 Adet	12,64 cm	3 Adet	2 Adet
HNK3	13 cm	8 Adet	13,50 cm	6 Adet	-,
	14 cm	8 Adet	14,24 cm	8 Adet	-
	13,2 cm	10 Adet	17,4 cm	12 Adet	2 Adet
HNK4	13,5 cm	10 Adet	16 cm	10 Adet	2 Adet
	12,3 cm	8 Adet	13,8 cm	11 Adet	2 Adet

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Mısmıl N., Uyar B., Kutluk T., Uyar E., Kapucu N., "Growth and Lipid Production of Two Microalgae Strains in Pilot Scale (35 L) Panel Photobioreactors",4th International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (*ICCESEN 2017*), Antalya, Turkey, October, 4-8, 2017.

Mısmıl N., Uyar E., 1st International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences Abstract Book, pp.982; Hydroponic systems in phytoremediation; Ankara 26-27 Nisan 2018.

ÖZGEÇMİŞ

19.02.1989 tarihinde İstanbul'da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da görmüştür. Lisans öğrenimini 2007-2015 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Peyzaj bölümü ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği bölümlerinde tamamlamıştır. 2014-2016 yılları arasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi bünyesinde Peyzaj ve Bahçe bakımı konusunda usta öğretici olarak çalışmıştır. 2017 yılında başladığı Soloplant Süs Bitkileri firmasında Mühendis olarak çalışmıştır. 2018 yılında Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 2018/055 No.lu projede araştırmacı olarak görev almıştır. Yüksek Lisans öğrenimine 2016 yılında arasında Kocaeli Üniversitesi Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliği ve Islahı Ana Bilim Dalında başlamış olup, öğrenimini 2019 yılında tamamlamıştır.