

## Organik Gıda Atıkları Kullanılarak Laboratuvarda Alg Üretim Yöntemleri

**Tahir ATICI<sup>1</sup>**  
**Bilge Başak FİDAN<sup>2</sup>**

**Özet:** Algler hayatın her alanında özellikle endüstride sıkça kullanılan bir canlı grubudur. Çok farklı hücresel şekilleri vardır ve farklı habitatlarda ve yüzeylerde üreyebilirler. Doğada kolaylıkla kendiliğinden çoğalabilen algler, laboratuvar koşullarında çok steril ve dikkatli çalışmanın sonucunda saf kültür olarak çoğalabilirler. Günümüzde biyoteknoloji alanında; biyodizel üretiminde, yenilebilir biyoplastik yapımında, balık yemi ve besin olarak, mikrobiyal gübre ve kozmetikler gibi daha pek çok çeşitli çalışmalarda kullanılan algler için farklı üretim teknikleri geliştirilmiştir. Bu üretim teknikleri yüksek maliyetlidir ve ekonomik sebeplerle istenilen miktarlarda çoğaltılamamaktadır, bilimsel çalışmalar sektöre uğramaktadır ve okullarda birçok öğrenci projesi yürütülememektedir. Özellikle ortaöğretim okullarında yapılacak bilimsel çalışmalar için alg üretmek bu nedenle sorun olabilmektedir. Buna çözüm olarak evsel bitkisel atıklar kullanılarak hazırlanacak bir alg besi ortamı hem daha ucuz hem de kolay ulaşılabilir olacaktır. Bu nedenle özellikle bitkisel atıklardan salatalık, portakal ve benzeri sebze ve meyvelerin atıkları kullanılarak alg üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; %20 oranında portakal atığı, %5 ve %10 oranında yumurta kabuğu özütü içeren ortamlar BG-11 besi ortamı yerine alternatif olarak kullanılabilir besin ortamlarıdır.

**Anahtar kelimeler:** alg, organik gıda atıkları, alg üretim teknikleri, besi ortamı, biyoteknoloji

## Algae Production Methods in the Laboratory Using Domestic Waste

**Abstract:** Algae are a living group that is frequently used in all areas of life, especially in industry. They have very different cellular shapes and can breed in different habitats and surfaces. Algae, which can easily reproduce in nature, can reproduce as pure cultures as a result of very sterile and careful work in laboratory conditions. Today, in the field of biotechnology; Different production techniques have been developed for algae, which are used in biodiesel production, edible bioplastics, fish feed and nutrients, and many other studies such as microbial fertilizers and cosmetics. These production techniques are costly and cannot be reproduced in desired quantities due to economic reasons, scientific studies are interrupted and many student projects cannot be carried out in schools. For this reason, producing algae can be a problem, especially for scientific studies to be carried out in secondary schools. As a solution to this, an algae growth medium to be prepared using domestic plant wastes will be both cheaper and easily accessible. For this reason, algae production was carried out by using the wastes of cucumber, orange and similar vegetables and fruits, especially from vegetable wastes. Studies have shown that; Media containing 20% orange waste, 5% and 10% eggshell extract are the media that can be used as an alternative to BG-11.

**Keywords:** algae, organic food waste, algae production techniques, medium, biotechnology

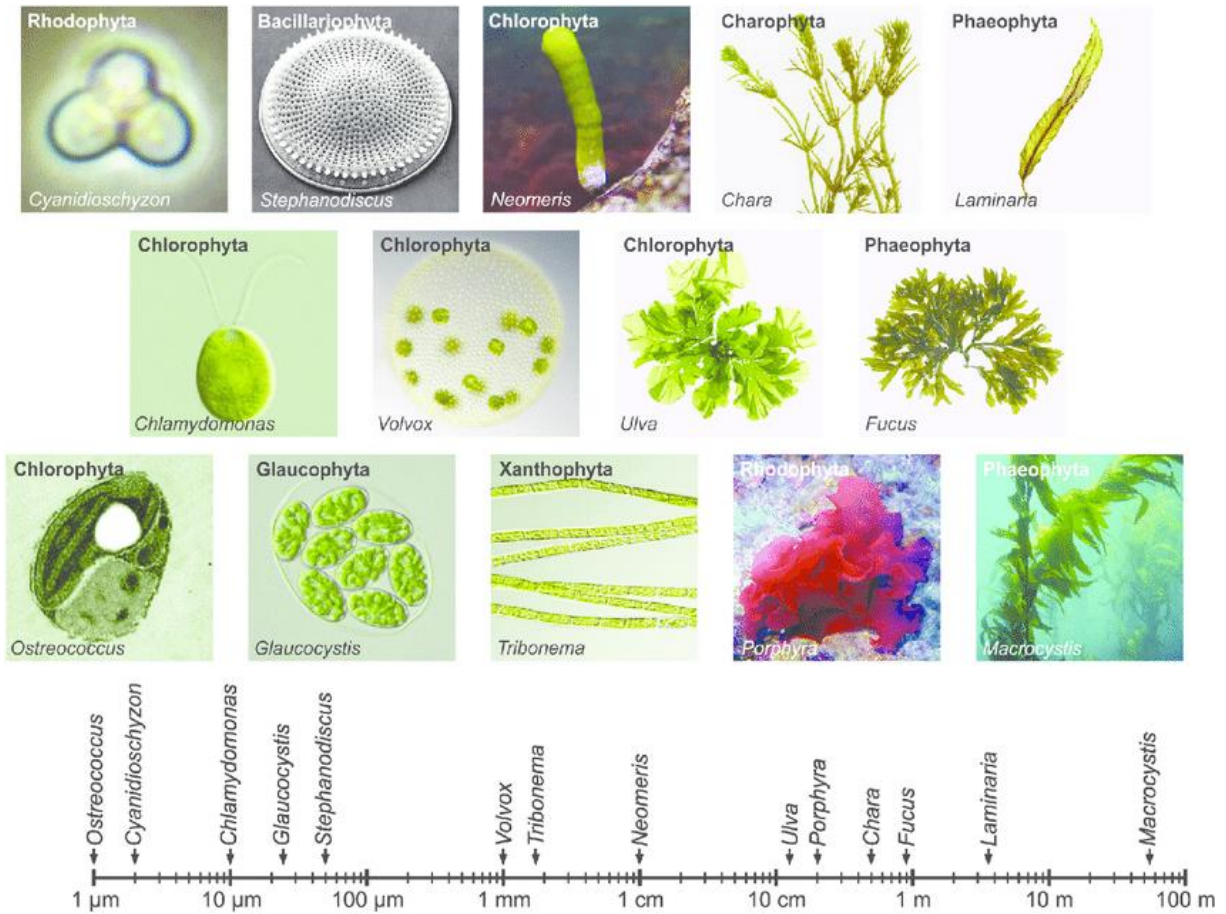
<sup>1</sup> Corresponding author, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı, Beşevler-Ankara, Türkiye, tatici@gmail.com, [0000-0002-3396-3407](https://orcid.org/0000-0002-3396-3407)

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı, Beşevler-Ankara, Türkiye, bilgefidan98@gmail.com, [0000-0002-0213-5887](https://orcid.org/0000-0002-0213-5887)

## GİRİŞ

Algler dünyada hemen hemen her ortamda yaşayabilirler. Örneğin; buzullar, kaplıcalar, çöller gibi ekstrem koşullarda bile alg topluluklarına rastlanabilir. Algler, bir mikrometre kadar küçük tek hücreli organizmalardan yüz metreye ulaşan boyutlarıyla büyük deniz yosunlarına kadar geniş bir yelpazeye sahiptir (Şekil 1). Sucul sistemlerde oksijen kaynağı ve besin zincirlerinin ilk halkasını oluşturdukları için çok önemli biyolojik organizmalar olarak kabul edilirler. Algler tekstil, kâğıt, bina, kozmetik, gübre, gıda, ilaç endüstrilerinde ve biyoteknolojide tek hücre proteini üretiminde kullanılırlar.

Alg sayısı ve tür zenginliği su sistemlerinde verimliliğin göstergesidir (Round, 1973). Sucul ekosistemleri kirleten kaynaklar çoğunlukla endüstriyel ve organik gıda atıklarıdır. Bazı alg türleri su kirliliğini tanımlamada önemli kriterlerdir, son yıllarda yapılan çalışmalar da göstermiştir ki algler su kirliliğinin belirlenmesinde indikatör olarak kullanılmaktadır (Atıcı, 1997).



Şekil 1. Bazı alg örnekleri (Hallmann, 2015).

Algler biyokimyasal ve fizyolojik açıdan diğer bitkilere benzerler bu nedenle; daha yüksek bitkilerle karşılaştırılabilir derecede karbonhidrat, protein ve diğer metabolitleri içeren alg türleri de vardır (Abdel-Raouf vd., 2012). Endüstrinin birçok alanında kullanılan ve Uzakdoğu'da besin maddesi olarak kullanımının 2500 yıl öncesine kadar dayandığı tahmin edilen alglerin son zamanlarda alg ürünleri tüketimi açısından Avrupa ülkelerinde de artış gösterdiği çalışmalarla belirtilmiştir (Dawczynski, 2007).

Enerji endüstrisinde biyoyakıt üretimi öncelikli olmak üzere, gıda endüstrisi, kimyasal üretim endüstrisi, gübre üretimi gibi birçok farklı alanda ticari ölçekte üretimi yapılmaya çalışılmaktadır

(Metin ve Altınbaş, 2018). İçerdikleri pigment maddeleri, antimikrobiyal maddeler, vitaminler nedeniyle tıp, eczacılık alanlarında ve kozmetik ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadırlar.

Algler; biyoyakıt, takviye edici gıda, mikrobiyal gübre gibi ürünler için güçlü hammadde adayları olarak kabul edilir. Bununla beraber, ekonomik uygulanabilirliği sağlamak için yüksek üretim maliyetlerinin ~20-25 kat azaltılması gerekmektedir. Güneş ışığı, CO<sub>2</sub> dışında, su, azot (N) ve fosfor (P) alg yetiştiriciliğinin üç ana girdisidir. Sadece azot ve fosfor gibi başlıca besinler, alg biyokütlesi üretim maliyetinin ~%10-20'sine katkıda bulunur. Son zamanlarda gübre fiyatlarındaki artış azot ve fosfor maliyetini gittikçe artırmaktadır (Bhatnagar vd., 2010).

Alglerin yetiştirilmelerine ilişkin farklı yöntem ve materyaller de kullanılmaktadır. Genel olarak mikroalglerin üretilmesinde BG-11 besi ortamları kullanılmaktadır. Uzun zamandan beri yapılan çalışmalara rağmen mikroalglerin ticari ürün üretimi için kullanımı yüksek maliyetler yüzünden yaygınlaşmamıştır. Siyanobakteri ve yeşil alg üretimi ile ilgili Atıcı vd. (2008), tarafından kullanılan Isubgol maddesinin piyasada hali hazırda kullanılan katı besi yerinde kullanılan agar maddesi ile aynı sayılarda alg üretimi gerçekleştiği görülmüştür. Alg gibi değerli ürünlerin alternatif kaynaklardan üretimi, bu ürünlerin hazır besi yeri yardımı ile üretiminden daha ucuzdur (Yılmaz, 2006; Metin ve Altınbaş, 2018).

Birçok alanda (tıp, eczacılık, kozmetik sanayi, tarımda gübre yapımı, biyoyakıt) hammadde olarak kullanılan algler doğal olarak hasatının yanısıra kültürleri yapılarak da elde edilebilirler (Atay, 1984). Alg üretiminde güvenli, uygun bir üretim sisteminin seçilmesi gerekmektedir. Alg üretimi için önemli temel hususlar; ışık ya da güneş enerjisi, su, karbondioksit ve inorganik zenginleştirici maddelerdir, gerekli olan bu maddeler temin edildiğinde alglerin yoğun miktarlarda üretimi de mümkün olmaktadır (Atıcı, 2020). Kültür ortamları için gerekli olan bu temel maddelere, evsel organik atıklarda da bolca rastlanmaktadır.

Yalım Kaya ve Canlı (2019), daha önce kızılçık bitkisinin geleneksel olarak doğrudan tüketim katkı maddesi olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada, maliyeti düşük, çevre dostu ve kolay ulaşılabilir malzemelerle (yumurta kabuğu, salatalık kabuğu ve portakal kabuğu) hazırlanacak besi ortamları oluşturulması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### *Materyal Seçimi ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması*

Besi yerleri için kullanılacak olan organik gıda atıklarının içerikleri referans besi ortamındaki elementleri kapsayacak şekilde "Tarım ve Orman Bakanlığının Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı" incelenerek; salatalık atığı, portakal atığı ve yumurta kabuğu tercih edilmiştir. Bu çalışmada seçilen organik atıklar alternatif kaynaklar olması ve besin içerikleri bakımından BG-11 içeriğine uygun elementler barındırması sebebiyle seçilmiştir (Rippka vd., 1979; Round, 1973). Bu nedenle üretilen besi yerleri uygun saklama koşullarında bekletildiği sürece, ekstre edilen portakallar tüm yıl boyunca saklanabilir. Temel elementler bakımından zengin olan soda, besi ortamı hazırlamak için çözücü olarak seçilmiştir. Besi yerlerinin büyümeye etkisine yönelik denemeler *Chlorella sp.* üzerinde test edilmiştir. *Chlorella sp.*, besi yeri çalışmalarında ve alg üretim çalışmalarında en çok tercih edilen alg sınıflarından biridir ve hızlı üreyip çoğalması tercih edilmesinin en büyük nedenlerindedir.

*Chlorella sp.* Gazi Üniversitesi Mikroalg Kültür Koleksiyonu (GAZİ-MACC) laboratuvarından alınmıştır. Çalışma için üç ayrı kontrol grubu oluşturulmuştur. Bunlar: 1- CntBG-11, yalnızca BG-11

içeren besi ortamı (Tablo 1); 2- CntSB, soda ve BG-11 (1:1) içeren besi ortamı (Tablo 2); 3-CntBBF, yalnızca soda içeren besi ortamı (Tablo 3).

**Tablo 1.** BG-11 Besi ortamı içeriği (Kuhl, 1962; Rippka vd., 1979).

Bileşen	Stok çözelti (g.l <sup>-1</sup> dH <sub>2</sub> O)	Kullanılan miktar (1 Litre için)
Demir sitrat çözeltisi	Sitrik asit (6), Amonyum ferrik sitrat (6)	1 ml
NaNO <sub>3</sub>	-	1,5 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .3H <sub>2</sub> O	40	1 ml
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	75	1 ml
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	35	1 ml
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	20	1 ml
Na-EDTA	1,0	1 ml
Temel elementler	İçeriği Tablo 2’de verilmiştir	1 ml

**Tablo 2.** Soda ve BG-11 (Temel elementler çözeltisi) içeriği (Rippka vd., 1979).

Bileşen	Stok çözelti (g.l <sup>-1</sup> dH <sub>2</sub> O)	Kullanılan miktar (1 Litre için)
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	-	2,860 g
MNCL <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	-	1,810 g
ZNSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	-	0,220 g
CUSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	79,0	1 ml
NA <sub>2</sub> MOO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	-	0,391 g
CO(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	49,4	1 ml

**Tablo 3.** Soda içeriği.

Bileşen (soda)	Miktar (mg)
Magnezyum	124,59
Kalsiyum	205,87
Potasyum	26,01
Demir	0,01
Sodyum	138,18

### *Organik Gıda Atıklarının Hazırlanması ve Filtrasyon*

**Yumurta Kabuğu:** Yumurta kabuğu, havaneli aracılığıyla un haline getirilerek un haline getirilmiştir. Kabuklar 200 ml soda içerisinde 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilerek çözünmeleri sağlanmış ve daha sonra filtre kâğıdına alınan numune tamamen süzülene kadar bekletilmiş olup, içeriği Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Yumurta kabuğu içeriği (Zerek, 2021).

Bileşen (yumurta kabuğu)	Miktar
Nem (%)	0,5
Protein (%)	3,9
Kül (%)	94,6
Yağ (%)	0,3
Kalsiyum (%)	34,1
Magnezyum (%)	0,3
Sodyum (%)	0,1
Bakır (ppm)	<1
Demir (ppm)	22
Manganez (ppm)	<1
Çinko (ppm)	<1

**Salatalık Atığı:** Salatalıklar, rende aracılığıyla parçalanarak gazlı bez yardımıyla suyu sıkılıp filtre kâğıdında tamamen süzülene kadar bekletilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Salatalık içeriğindeki bileşenler.

Bileşen (Salatalık)	Ortalama
Enerji (kcal)	16
Protein (g)	0,37
Azot (g)	0,06
Toplam yağ (g)	0,32
Karbohidrat (g)	2,75
Lif toplam diyet (g)	0,52
Glukoz (g)	0,73
Tuz (mg)	7
Demir (mg)	0,21
Fosfor (mg)	27
Kalsiyum (mg)	19
Magnezyum (mg)	13
Potasyum (mg)	156
Sodyum (mg)	3
Çinko (Zn) (g)	0,21

**Portakal Atığı:** Portakallar, limon sıkacağı ya da meyve sıkacağına sıkıldıktan sonra filtre kâğıdında tamamen süzülene kadar bekletilmiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** Portakal İçeriği (TürKomp, 2022).

Bileşen (Portakal)	Ortalama
Enerji (kcal)	60
Protein (g)	0,40
Azot (g)	0,06
Toplam yağ (g)	0
Karbohidrat	14,64
Lif toplam diyet	0,11
Glukoz	4,64
Tuz (mg)	16
Demir (mg)	0,09
Fosfor (mg)	25
Kalsiyum (mg)	17
Magnezyum (mg)	16
Potasyum (mg)	324
Sodyum (mg)	6
Çinko (g)	0,05

**Besiyerlerinin Hazırlanması:** Filtrasyon işleminden geçirilen organik gıda atıklarının (salatalık, portakal, yumurta kabuğu) her biri %20, %10 ve %5 oranında dilüe edilerek ortama katılmıştır. 200 ml'lik çözeltiler hazırlanacak şekilde erlenler alınarak Tablo 7'de belirtildiği oranlarda besiyerleri (Şekil 2) hazırlanmıştır.

**Tablo 7.** Besiyerlerine aktarılan maddeler ve oranları.

Besi Ortamı	Organik gıda atıkları (ml)	Soda miktarı (ml)	BG-11 miktarı (ml)	Distile su (ml)
Sl%20	20	80	100	-
Sl%10	10	90	100	-
Sl%5	5	95	100	-
Por%20	20	80	100	-

Por%10	10	90	100	-
Por%5	5	95	100	-
Yum%20	20	-	100	80
Yum%10	10	-	100	90
Yum%5	5	-	100	95
CntBBF	-	200	-	-
CntBG-11	-	-	200	-
CntSB	-	100	100	-

Sl: Salatalık, Por: Portakal, Yum: Yumurta kabuğu, CntBBF: Soda içeren besi ortamı, CntBG-11: BG-11 içeren besi ortamı, CntSB: 1:1 oranda BG-11 ve Soda içeren besi ortamı.

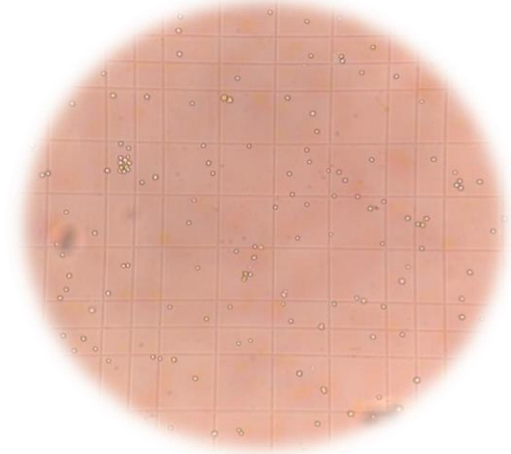


Şekil 2. Hazırlanan besi ortamları.

**Sterilizasyon:** 200 ml'lik 12 adet besi ortamı olacak şekilde hazırlanan çözeltiler, 120 °C'de 40 dakika boyunca otoklavda steril edilmiştir.

**Numunelerin Aşılması:** Her bir deney ve kontrol grubuna; alınan *Chlorella* sp. numunesi 100 µl içerisinde ~7.400 hücre olacak şekilde aşılacaktır.

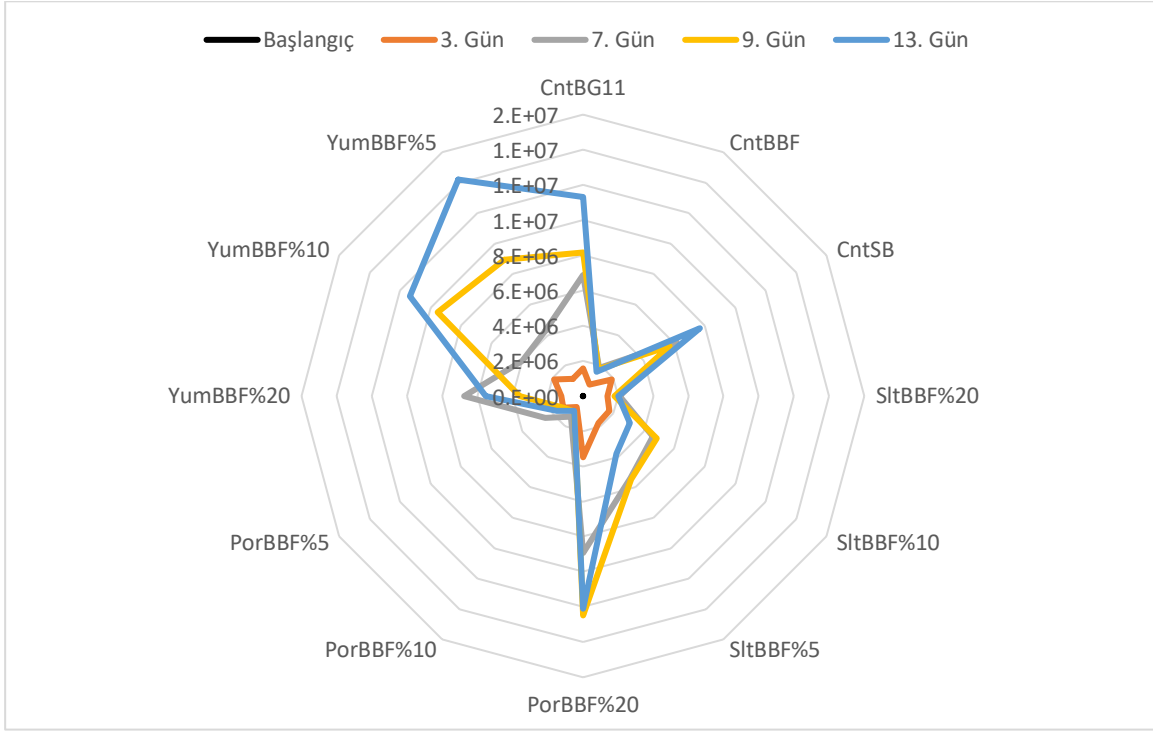
**Hücre Sayımının Yapılması:** Başlangıçta 7.400 hücre aktarılan besiyerlerinden sırasıyla; 3. gün, 7. gün, 9. gün ve 13. gün olmak üzere dört kez alınan örnekler Thoma lamı kullanılarak sayılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Thoma Lamı Üzerinde *Chlorella* sp.

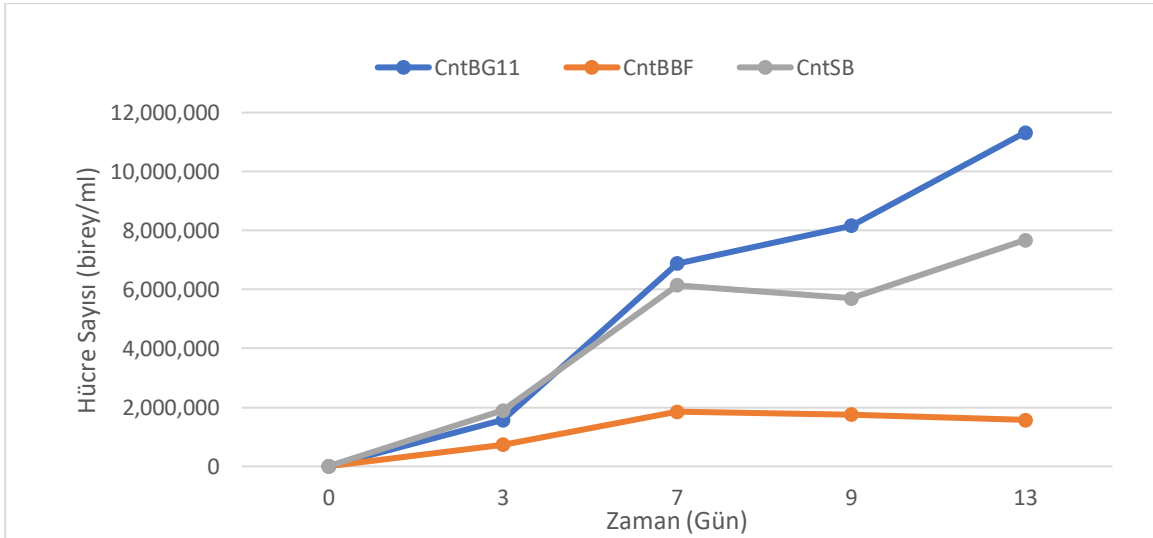
## BULGULAR

Hazırlanan farklı besi ortamlarında deney ve kontrol gruplarında 13 gün boyunca üretilen *Chlorella* sp. türü organizma sayımları belli aralıklarla sayılarak aşağıda verilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Besiyerlerindeki *Chlorella* sp. hücre sayılarının zamana bağlı değişimi karşılaştırması.

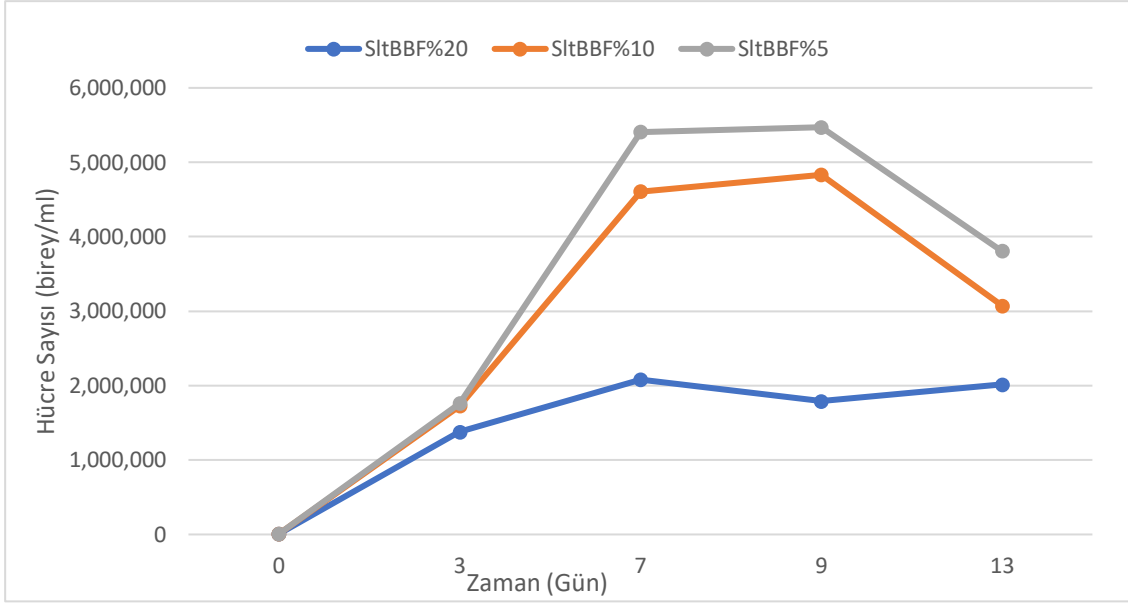
Kontrol gruplarında aynı sürede gözlenen *Chlorella* sp. türünün sayısal olarak artış grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Kontrol gruplarını içeren besi ortamlarının karşılaştırmalı büyüme grafiği.

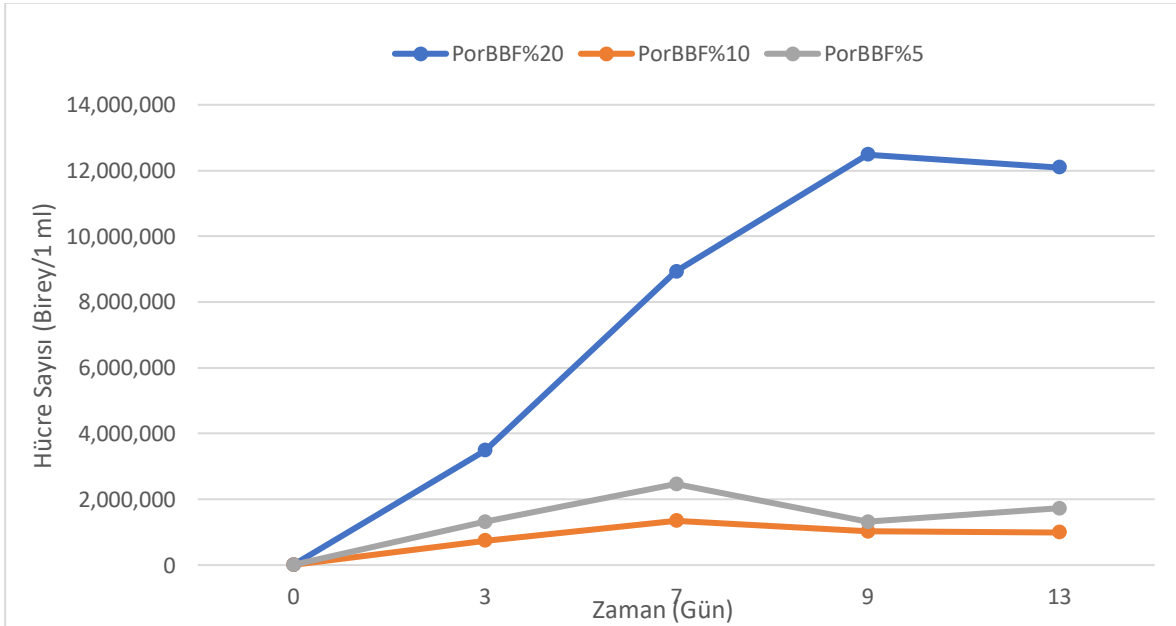
Salatalık atıklarından oluşturulan farklı oranlardaki besi ortamlarında *Chlorella* sp. türünün on üç gün boyunca sayısal olarak artış grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 6).





Şekil 6. Salatalık içeren besi ortamlarının karşılaştırmalı büyüme grafiği.

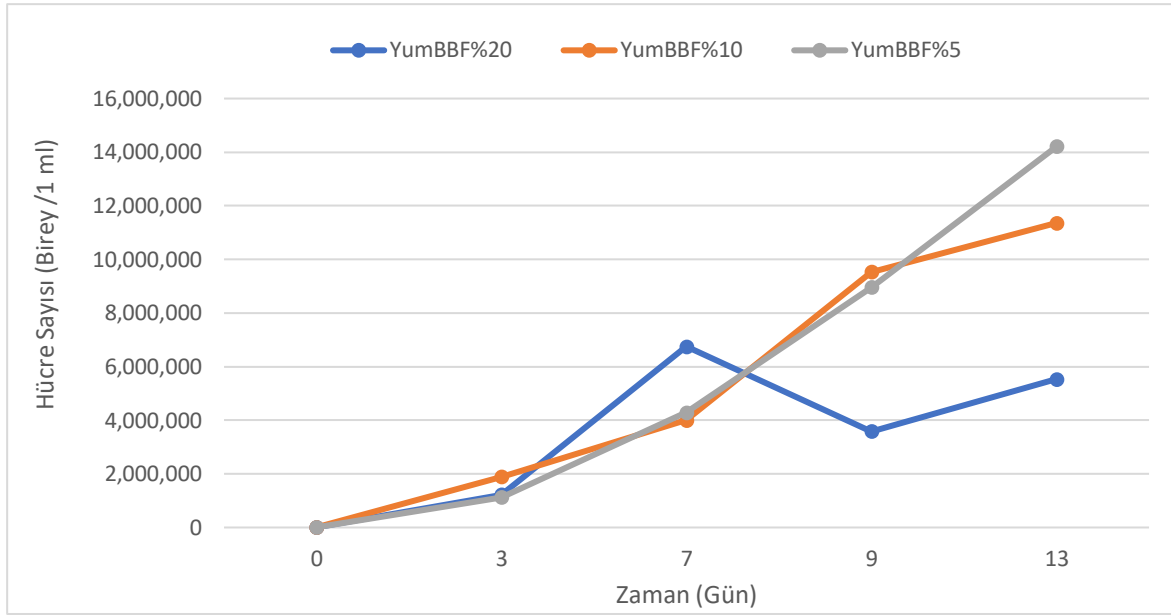
Portakal atıklarından oluşturulan farklı oranlardaki besi ortamlarında *Chlorella* sp. türünün on üç gün boyunca sayısal olarak artış grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Portakal içeren besi ortamlarının karşılaştırmalı büyüme grafiği.

Yumurta kabuğundan oluşturulan farklı oranlardaki besi ortamlarında *Chlorella* sp. türünün on üç gün boyunca sayısal olarak artış grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 8).





**Şekil 8.** Yumurta kabuğu özütü içeren besi ortamları büyüme grafiği.

Hazırlanan besi ortamlarında (kontrol grupları dâhil) başlangıçtan itibaren 3. günün sonunda en çok üreme %20 portakal atığı içeren besi ortamında olmuş ve en az üreme ise sadece soda içeren kontrol grubunda ve %10 oranında portakal atığı içeren besi ortamında olmuştur. 7. günün sonunda en çok üreme yine %20 oranında portakal atığı içeren besi ortamında olmuştur. En az üreme ise %10 oranında portakal atığı içeren besi ortamında gözlenmiştir. 9. günün sonunda en çok üreme %20 oranında portakal atığı içeren besi ortamında olmuştur. En az üreme ise %10 oranında portakal atığı içeren besi ortamında olmuştur. 13. günün sonunda birey sayısı en fazla olan ortam %5 oranında yumurta kabuğu içeren besi yeri iken en az birey sayısına sahip ortam %10 oranında portakal atığı içeren besi ortamı olmuştur. Kontrol gruplarını içeren grafikte sadece soda içeren (CntBBF) besi ortamında 7. güne kadar üreme tamamlanmış ve 13. güne kadar sayıda bir artış gözlenmemiştir.

Sadece BG-11 (CntBG11) içeren ve 1:1 oranında BG-11 ve Soda (CntSB) içeren besi ortamlarında ilk üç güne kadar paralel bir gelişim gözlenmiş ve 3. günün sonunda sırasıyla 1.568.000 birey/ml ve 1.894.000 birey/ml sayılarına ulaşılmıştır. 3. gün ve 7. gün arasında ani bir üreme gözlenmiştir bu üreme sonucu birey sayıları CntBG11 ortamında 6.880.000 birey/ml gözlenirken CntSB ortamında 6.144.000 birey/ml gözlenmiştir. CntBG11 ortamında 7. günden sonra ortamdaki maddeler kullanılarak üremeye sabit bir şekilde devam etmişlerdir. CntSB ortamında ise 7. ve 9. gün arasında bir miktar azalma olup 9. ve 13. gün arasında tekrar artışa geçmiştir.

Salatalık atığı içeren besi ortamlarına ait grafikte, 3 ayrı oranda da 0-3 gün arasında paralel artışlar görülmektedir. En fazla üreme %5 oranında salatalık atığı içeren (SltBBF%5) ortamda 1.760.000 birey/ml olarak gözlenmiştir. En düşük üreme 1.376.000 birey/ml ile %20 oranında salatalık atığı içeren (SltBBF%20) ortamda olmuştur. 3. ve 7. gün arasında en çok üreme yine SltBBF%5 ortamında gözlenmiştir. En az üreme ise yine SltBBF%20 ortamında olmuştur. %10 oranında salatalık atığı içeren besi ortamı (SltBBF%10) ve SltBBF%5 ortamlarında 7. ve 9. gün arasında çok fazla üreme gözlenmemiştir. SltBBF%20 ortamında ise birey sayısında azalma olduğu görülmüştür. 9. ve 13. gün arasında SltBBF%20 ortamında üremede çok az bir artış olurken SltBBF%5 ve SltBBF%10 ortamlarında paralel bir biçimde birey sayısında azalma görülmüştür.

Portakal atığı içeren besi ortamlarına ait grafikte 7. güne kadar %5 oranında (PorBBF%5) ve %10 oranında (PorBBF%10) portakal atığı içeren besi ortamlarındaki birey sayılarında lineer bir artış görülmüştür. PorBBF%5 ortamında 7. gün sonunda 2.464.000 birey/ml hücre bulunurken PorBBF%10 ortamında 1.344.000 birey/ml ve %20 oranında portakal atığı içeren (PorBBF%20) ortamda ise 8.928.000 birey/ml hücre olduğu gözlenmiştir. En fazla üreme görülen PorBBF%20 13. günün sonunda 12.096.000 birey/ml hücre sayısına ulaşırken. PorBBF%5 ve PorBBF%10 ortamlarında azalma gerçekleşmiştir.

Yumurta kabuğu özütü içeren besi ortamlarına ait grafikte %10 oranında yumurta atığı özütü içeren (YumBBF%10) 7. güne kadar lineer bir artış gözlenmiş ve 7. günün sonunda 7.400 birey/ml hücre sayısından 4.000.000 birey/ml hücre sayısına ulaşmıştır. 13. günün sonunda ise besi ortamında toplam 11.360.000 birey/ml hücre sayılmıştır. %5 oranında yumurta kabuğu özütü içeren besi ortamında 13. günün sonunda 5.536.000 birey/ml hücre sayılırken %20 oranında yumurta kabuğu özütü içeren besi ortamına 14.208.000 birey/ml hücre olduğu saptanmıştır.

### SONUÇ ve TARTIŞMA

Mikroalg üretiminde kullanımı yaygın olan BG-11 başlangıçtan itibaren sırasıyla 3. gün 1.568.000 birey/ml, 7. gün 6.880.000 birey/ml, 9. gün 8.160.000 birey/ml ve 13. gün 11.328.000 birey/ml hücre olarak artışı gözlenmiştir. 13. günün sonunda BG-11 besi ortamından fazla üreme gerçekleşen ortamlar; YumBBF%10, PorBBF%20, YumBBF%5 besi ortamları olmuştur. Bu durumda %5 ve %10 oranlarında yumurta kabuğu özütü içeren besi ortamları ve %20 oranında portakal atığı içeren besi ortamı piyasadaki BG-11 yerine kullanılabilir bulunmuştur.

Bazı besi ortamlarında (SlTBBF%10, PorBBF%10 gibi) 7. güne kadar üreme oransal olarak artarak devam ederken 9. ve 13. günlerde düşüş gözlenmiştir. Bunun başlıca sebebi, ortamdaki madde miktarının yetmemesi olabilir. Bunun yanında bazı besi ortamlarında (PorBBF%5, SlTBBF%20, YumBBF%20 gibi) 7. ve 9. gün arasında bir azalma görülmüş daha sonra üremelerinde tekrar artış olmuştur. Çeşitli kontamine maddelerin varlığı bu duruma sebep olmuştur. Bu kontamine maddelerin ortamdaki besin maddeleri bittiğinde ise *Chlorella* sp.'nin miktarında tekrar artış gözlenmiştir.

SlTBBF%20 ortamında *Chlorella* sp. 7. güne kadar lineer bir artış göstermişler 7. günden sonra ise durgunluk fazına geçmişlerdir. SlTBBF%10 ve SlTBBF%5 ortamlarında ise hücreler, kontrol gruplarında olduğu gibi 3. günden sonra ortama adapte olmuş ve hızlı bir artış fazına geçmişlerdir. SlTBBF%5 ortamında 5.408.000 birey/ml hücreye ulaşmış ve SlTBBF%10 ortamında 4.608.000 birey/ml hücreye ulaşmıştır. 9. güne kadar durağan fazda kalan hücreler 9. günden sonra ölüm fazına geçmiştir.

*Chlorella* sp. Portakal atığı içeren besi ortamlarından en çok PorBBF%20 ortamında üremiştir. Mineral maddeler bakımından portakalın sahip olduğu içerik besi ortamı için daha elverişli olduğundan hücrelerin sayıca artışı için önemli olmuştur. Fakat bu PorBBF%10 ve PorBBF%5 oranındaki besi ortamlarında üreme %20 oranındaki besi ortamına kıyasla oldukça düşüktür. Bunun olası sebebi %10 ve %5 oranında portakal atığı içeren ortamlara kontamine bir maddenin bulaşması olabilir. Bu nedenle *Chlorella* sp. Hücrelerinin gelişmesi için uygun bir ortam sağlanamamıştır.

YumBBF%20 ortamında 7. güne kadar 6.752.000 birey/ml hücre üremiş ancak 7. gün ve 9. gün arasında ölüm fazına geçmiştir. 9. günden sonra üremede tekrar artış gözlenmiştir. Bu durum, ortamda üreyen kontaminasyon faktörlerinin besin maddesi bitmiş ve *Chlorella* sp. tekrar kendi besin maddeleri ile üremeye devam etmiş şeklinde yorumlanabilir.

YumBBF%10 ve Yum BBF%5 ortamlarında ise başlangıçtan itibaren devamlı bir üreme gözlenmiştir ve 13. gün YumBBF%10 11.360.000 birey/ml hücreye ulaşmıştır. YumBBF%5 ortamında ise 13. günün sonunda hücreler 14.208.000 birey/ml hücreye ulaşmışlardır.

Özetle, piyasadaki BG-11 besi ortamı etkin bir biçimde *Chlorella* sp. için üreme ortamı oluşturmaktadır. %20 oranında portakal atığı, %5 ve %10 oranında yumurta kabuğu özütü içeren ortamlar BG-11 besi ortamı yerine alternatif olarak kullanılabilir besli ortamlardır.

#### KAYNAKÇA

- Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A. A., & Ibraheem, I. B. M. (2012). Agricultural importance of algae. *African Journal of Biotechnology*, 11(54), 11648-11658. DOI: 10.5897/AJB11.3983.
- Atay, D. (1984). *Bitkisel akuakültür ve üretim tekniği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Atıcı, T. (1997). The pollution and algae in the Sakarya River. *Journal of Ecology Environment*, 24, 28-32.
- Atıcı, T. (2020). Production and collection of microalgae isolated from freshwater reserves in Central Anatolia, Turkey. *Türler ve Habitatlar*, 1(1), 37-44.
- Atıcı, T., Khawar, K. M., Ozel, C. A., Katircioglu, H., & Ates, M. A. (2008). Use of psyllium (isubgol) husk as an alternative gelling agent for the culture of prokaryotic microalgae (Cyanobacteria) *Chroococcus limneticus* Lemmermann and eukaryotic green microalgae (Chlorophyta) *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brebisson. *African Journal of Biotechnology*, 7(8), 1163-1167.
- Bhatnagar, A., Bhatnagar, M., Chinnasamy, S., & Das, K. C. (2010). *Chlorella minutissima*-a promising fuel alga for cultivation in municipal wastewaters. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 161(1-8), 523-536. DOI: 10.1007/s12010-009-8771-0.
- Dawczynski, C., Schubert, R., & Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103(3): 891-899. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.041.
- Hallmann, A. (2015). Algae biotechnology–green cell-factories on the rise. *Current Biotechnology*, 4(4), 389-415.
- TürKomp. (2022, Mayıs). *Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı*. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. <http://www.turkomp.gov.tr/>
- Metin, U., & Altınbaş, M. (2018). Mikroalgin ön arıtılmış düzenli depolama sızıntı suyunda çoğaltılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 115-123.
- Oğur, S. (2016). Kurutulmuş alglerin besin değeri ve gıda olarak kullanımı. *Su Ürünleri Dergisi*, 33(1), 67-79. DOI: 10.12714/egejfas.2016.33.1.10.
- Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J. B., Herdman, M., & Stanier, R. Y. (1979). Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Microbiology*, 111(1), 1-61. DOI:10.1099/00221287-111-1-1.
- Round F. E. (1973). *The biology of the algae* (2nd ed.). Edward Arnold Publishers.
- Yalım Kaya, S. & Canlı, D. (2019). Kızılıncık meyvesi ve kullanıma potansiyeli. *DÜSTAD Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 2(2), 59-65.

- Yılmaz, H. K. (2006). Mikroalg üretimi için fotobiyoreaktör tasarımları. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(2), 327-332.
- Zerek, E. (2021). Yumurta kabuğu tozu eklenmiş kurabiyelerin bazı besinsel ve kalite özelliklerinin belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Medipol Üniversitesi].