

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: AlgalTech

PROJE ADI: Atıksularda Yetiştirilen Kutup Mikroalglerinden
Biyorafineri Yaklaşımıyla Biyoyakıt Eldesi

BAŞVURU ID: 70230

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Küresel ısınma ve çevre kirliliği, insanlığın yüksek yaşam standartlarına ulaşmanın önündeki en büyük engellerdir. Özellikle fosil yakıtların kontrolsüz bir şekilde kullanılması sonucunda ortaya çıkan CO₂ ve diğer zararlı gazlar açığa çıkan CO₂ gazı vb. kirleticiler hem sera etkisine sebep olmakta hem de çevreye zarar vererek doğal yaşamın yok olmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, endüstriyel atıksuların kontrolsüz bir şekilde denize ve akarsulara karışması da doğal yaşamı olumsuz etkileyen diğer bir faktördür. Bu iki önemli sorunun çözülmesi için ihtiyaç duyulan en yüksek potansiyel, mikroalglerde bulunmaktadır. Mikroalgler atıksulardaki zararlı bileşenleri kullanarak suyun daha zararsız hale gelmesini sağlarken, içerdikleri önemli bileşenler nedeniyle biyoyakıt endüstrisinde kullanılabilirler. Önerilen bu projede, kutup bölgelerinden izole edilen kutup mikroalglerinin arıtım tesisinden elde edilen atıksularda yetiştirilmesi ve elde edilen mikroalglerden biyorafineri yaklaşımıyla çeşitli biyoyakıtların üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda atıksularda yetiştirilen ve yüksek yağ içeriğine sahip olan mikroalglerin lipit içeriği, biyodizel üretiminde, lipit ekstraksiyonu sonrası kalan, protein ve karbonhidratça zengin posa, biyogaz üretiminde ve en son kalan katı kütle de biyochar üretiminde kullanılacaktır. Bu sayede hem endüstriyel atıksuların değerlendirilecek hem de biyorafineri ve sıfır atık yaklaşımıyla katma değeri yüksek mikroalg biyoyakıtlar üretilmiş olacaktır.

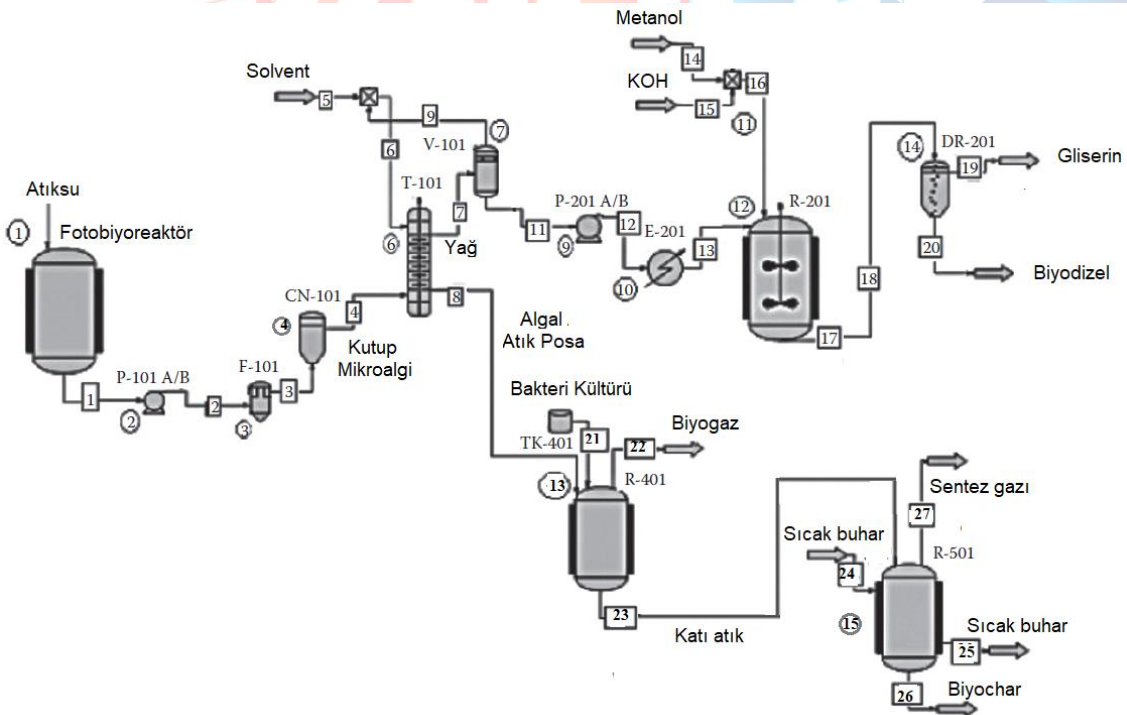
2. Problem/Sorun:

Fosil yakıtların kullanıldıklarında CO₂ salınımı yaparak sera etkisine neden olmaları ve stoklarının yakın zamanda bitecek olması insanları alternatif enerji kaynaklarını kullanmaya itmektir. Bu bağlamda güneş, rüzgar, dalga gibi birçok alternatif yenilenebilir enerji kaynağı elektrik üretmek için kullanılmaktadır (Quaschnig 2016). Ancak bu enerji türlerinin kurulum maliyetlerinin fazla olması ve yakıt olarak kullanımlarının sınırlı olması biyokütle enerjisinin önemini arttırmaktadır. Biyokütle enerjisinin yerli ve milli kaynaklardan elde edilmesi, yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük olması ve çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılabilmesi gibi avantajları, bu enerji kaynaklarını daha değerli hale getirmektedir (Koçer vd. 2020). Bu kapsamda ilk olarak insanlar şeker pancarı ve şeker kamışı gibi şeker içeriği oldukça yüksek olan birinci nesil biyokütlelerden biyoyakıt üretimi gerçekleştirmiştir. Birinci nesil biyokütlelerden yüksek verimde enerji elde edilmesine rağmen gıda kaynaklarının enerji alanında kullanımı etiksel tartışmalara yol açmıştır (Deneyer vd. 2018). Buna bağlı olarak, ikinci nesil biyokütle olan lignoselülozik kaynaklardan enerji elde etmeye başlamışlardır. Bu kaynakların kullanılmaya başlanmasıyla hem gıda kaynaklarının enerji üretiminde kullanımının önüne geçilmiş hem de lignoselülozik orman atıkları değerlendirilmiştir. Ancak bu kaynakların yüksek lignin içeriğinden dolayı biyoyakıt dönüşüm süreçlerinin oldukça zor ve maliyetli olması insanları alternatif kaynakları aramaya itmiştir (Saini vd. 2015). Bu sorunlar göz önüne alındığında en mantıklı biyokütle kaynakları üçüncü nesil biyokütle olan mikroalglerin kullanımınıdır. Lignin içermeyen mikroalgler üretim yöntemleri ve çevre koşullarına göre oldukça yüksek miktarda karbonhidrat ve yağ

İçerebilmektedirler. Ayrıca kolay yetiştirilmeleri, üretim maliyetlerinin oldukça düşük olması, biyoyakıt dönüşüm süreçlerinin kolay ve maliyetsiz olması ve gıda alanındaki hammaddelerle tarımsal arazi kullanımı için yarışmıyor olması mikroalgleri oldukça değerli yapmaktadır (Fenton 2012).

3. Çözüm

Önerilen proje ile soğuk kutup koşullarına uyum sağlayabilmek için lipid içeriği oldukça yüksek olan mikroalgler, arıtım maliyetleri oldukça yüksek olan endüstriyel ve belediye atıksularında yetiştirilecektir. İçinde bulunduğumuz dönemde denizlerimizde özellikle atıksu kaynaklı kirlenme problemlerinin yaşanıyor olması atıksuların mikroalgler kullanılarak doğal ve ucuz yolla arıtılması konusunun önemini açıkça ortaya koymaktadır. Elde edilen mikroalgler ise motorin, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılan biyodizel, biyogaz ve biyochar üretiminde kullanılacaktır. Bu önerilen proje ile gerçekleştirilmesi planlanan kutup mikroalglerinin yetiştirilmesi ve biyorafineri yaklaşımıyla çeşitli biyoyakıtların üretimi prosesleri Şekil 1'de, ChemCad çizimi ile gösterilmiştir. Şekil 1'e göre, kutup mikroalgleri fotobiyoreaktörde atıksular kullanılarak yetiştirilecektir. Yetiştirilen mikroalgler F-101 numaralı santrifüj ile hasatlandıktan sonra T-101 numaralı ekstraksiyon tankına gönderilecektir. Burada solvent ile yağ karışımı V-101 numaralı distilasyon kolonuna gönderilerek yağ ve solvent birbirinden ayrılacaktır. Ardından elde edilen yağ R-201 numaralı tanka gönderilerek burada metanol ve KOH eklenerek transesterifikasyon reaksiyonu ile biyodizel ve gliserin üretilmektedir. Ekstraksiyon sonrası açığa çıkan atık posa ise R-401 numaralı reaktöre gönderilerek metan bakterileri sayesinde biyogaz üretimi gerçekleştirilecektir. Reaksiyon sonrası kalan katı atık da R-501 numaralı fırına gönderilerek pirolizle biyochar ve sentez gazı üretilmektedir.



Şekil 1. Mikroalg yetiştirilmesi ve biyoyakıt üretim proses akımı

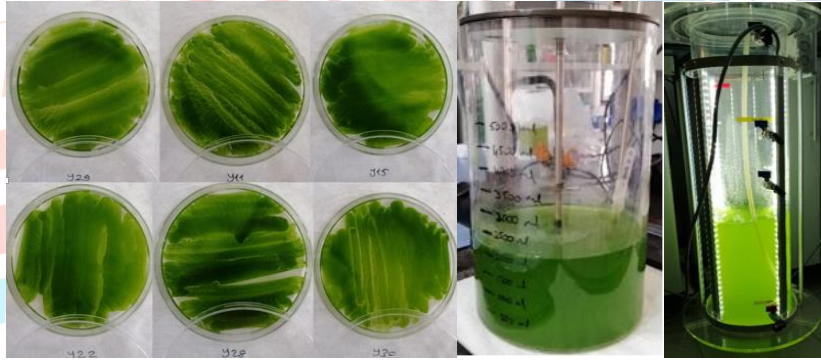
4. Yöntem

Önerilen projede temel olarak 5 iş paketi gerçekleştirilecektir. Bunlar:

- Kutup mikroalglerinin yetiştirilmesi
- Ekstraksiyon işlemi
- Biyodizel üretim prosesi
- Biyogaz üretim prosesi
- Biyochar üretim prosesi

İP 1. Kutup mikroalglerinin yetiştirilmesi

Önerilen projenin ilk aşamasında kutup mikroalglerinin yetiştirilmesi gerçekleştirilecektir. Bu bağlamda Cumhurbaşkanlığı himayesinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde gerçekleştirilen 3. Ulusal Antarktika Bilim Seferi (2019) kapsamında getirilen su ve buz örneklerinden izole edilen ve gen bilgisi NCBI Gen Bankası'nda YTU. ANTARCTIC. 001 olarak yayınlanmış olan mikroalgler laboratuvar ortamında 5 ve 20 L'lik fotobiyoreaktörlerde yetiştirilecektir. Mikroalg kültürleri ve fotobiyoreaktörler Şekil 2'de gösterilmiştir. Kutup mikroalglerinin lipid içeriklerini arttırmak için sıcaklık stresi ve ışık stresi uygulamaları gerçekleştirilecektir. Yetiştirilen mikroalgler santrifüjlenerek hasatlanacak ve kurutularak ekstraksiyon tankına gönderilecektir. Çalışmada kutup algleri kullanacak olması laboratuvarımızda yaptığımız çalışmalarda ortaya konduğu üzere, kutup alglerinin ekstrem koşullara uyum için içeriğindeki yağ oranlarını arttırmış olmasıdır. Böylece diğer alg türlerine göre aynı şartlardaki üretimde daha yüksek verimde yağ eldesi ve dolayısıyla biyodizel eldesi sağlanacak olmasıdır. Ayrıca, bu alglerin yağ asidi profili incelendiğinde doymamış yağ asidi açısından zengin olduğu, böylece bu algler kullanılarak üretilen biyodizelin kalitesinin yüksek olup, özellikle soğuk ülkelerde ve diğer ülkelerin soğuk geçen mevsim şartlarında kullanıldığında dahi yakıtlarda donmayı engellemek için ilave antifriz kimyasalların katılmasına gerek duyulmayacak olmasıdır.



Şekil 2. Mikroalg kültürleri ve fotobiyoreaktörler

İP 2. Ekstraksiyon Prosesi

Bu aşamada yetiştirilen mikroalglerin yağ içerikleri kimyasal ekstraksiyon ile ayrılacaktır. Bu kapsamda 1 gram mikroalg biyokütlesine 10 ml hekzan olacak şekilde hekzan ile kutup mikroalgi kütlesi 1 gün süreyle ekstraksiyon tankında karıştırılacaktır. İşlem sonunda hekzan içinde çözülmüş yağların ayrılması için hekzan-yağ karışımı distilasyon kolonuna gönderilecektir. Burada yağ hekzandan ayrılarak transesterifikasyon reaksiyonu için reaktöre gönderilecektir. Açığa çıkan hekzan ise tekrar kullanılmak üzere hekzan tankına gönderilecektir. Ekstraksiyon ile yağı alınmış mikroalg posası da biyogaz üretimi için anaerobik çürütücüye gönderilecektir.

İP 3. Biyodizel Üretimi

Mikroalgal yağdan alkol ve katalizör kullanılarak transesterifikasyon prosesi ile biyodizel ve gliserin üretimi yapılacaktır. Bu kapsamda metanol, KOH ve mikroalg yağı reaktörde 55 °C sıcaklıkta 1 gün süre ile karıştırılacaktır. Elde edilen biyodizel-gliserin karışımı ayırma hunisi ile ayrılacaktır.

İP 4. Biyogaz Üretimi

Bu aşamada ekstraksiyon sonucu elde edilen yağı alınmış mikroalgal posadan biyogaz üretimi gerçekleştirilecektir. Bu aşamada biyogaz tesisinden alınacak olan arıtma çamuru ile mikroalg posası 55°C sıcaklıktaki anaerobik çürütücüde yaklaşık 1 ay boyunca karıştırılacaktır. Arıtma çamurundaki asit üreten bakteriler ve metan bakterileri sayesinde mikroalgal posadaki makromoleküller sırasıyla monomerlerine, asetik asite ve metana dönüştürülecektir. Biyogaz verim ve kalitesinin artması için biyodizel üretimi sırasında yan ürün olarak oluşan gliserin de anaerobik çürütüciye eklenecektir. Anaerobik çürütücü Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Anaerobik çürütücü

İP 5. Biyochar Üretimi

Bu aşamada anaerobik çürütücüden çıkan katı atıktan biyochar üretimi gerçekleştirilecektir. Bu kapsamda katı atıklar porselen krozelere konularak karbonizasyon fırınına yerleştirilecektir. Fırının kapağı kapatıldıktan sonra içerideki hava inert azot gazı ile süpürülecektir. Daha sonra fırın yaklaşık 400°C sıcaklığa çıkarılacak ve burada 15 dakika bekleneyecektir. Reaksiyon sonrası fırının oda sıcaklığına soğuması bekleneyecek ve elde edilen biyocharlar tartılarak kullanım için saklanacaktır. Deneilerin gerçekleştirileceği karbonizasyon fırını Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Karbonizasyon fırını

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Önerilen projenin yenilikçi yönü 3. Ulusal Kutup Seferi kapsamında elde edilen örneklerden izole edilen kutup mikroalglerinden biyorafineri yaklaşımıyla çeşitli biyoyakıtların üretilmesi ve kutup mikroalglerinin yetiştirilmesinde belediye ve endüstriyel atıksuların kullanılmasıdır. Kutup mikroalgleri ekstrem koşullarda yetişmeleri sebebiyle genetik olarak yüksek yağ içeriğine, aynı zamanda biyodizel üretiminde kaliteyi belirleyen önemli yağ asidi bileşenlerine sahiptirler. Özellikle son yıllarda artan iklim değişikliği etkileri sebebiyle tüm ülkelerde hava sıcaklıklarında ekstrem soğuk ve sıcak değerler gözlenmektedir. Bu bağlamda, özellikle kutuplardan izole edilmiş, tanımlanmış ve araştırma grubumuzca üretimleri yapılan bu mikroalgler kullanılarak, üretilen biyodizelin özellikle soğuk ülkelerde ve diğer ülkelerin soğuk geçen mevsim şartlarında kullanıldığında hem biyodizel üretim aşamasında hem de sonrasında, soğuk iklim şartlarında kullanılacak yakıtlarda donmayı engellemek için ilave antifriz kimyasalların katılmasına gerek duyulmayacak ve hem ekonomik hem de çevresel olarak önemli bir avantaj sağlayacaktır. Literatürde kutup alglerinin biyoyakıt üretiminde kullanıldığı ve aynı hammadde kaynağından biyorafineri yaklaşımıyla sıfır atık mantığıyla tüm biyoyakıtların üretimi üzerine bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma ülkemiz kaynaklarıyla Antarktika'dan izole edilmiş, tanımlanmış ve isimlendirilip gen bankasına kaydettirilmiş, özgün kutup alglerinin biyoyakıt üretiminde kullanımına hem ülkemiz hemde dünya literatürü için örnek bir çalışma olacaktır.

6. Uygulanabilirlik

Önerilen proje temel olarak kutup mikroalglerinin laboratuvar ortamında büyük ölçekli yetiştirilmesini ve bunların biyorafineri yaklaşımıyla katı, sıvı ve gaz biyoyakıtların üretiminde değerlendirilmesini kapsamaktadır. Halihazırda Yıldız Teknik Üniversitesi Algal Biyoteknoloji ve Biyoproses Laboratuvarında farklı tür ve özellikteki mikroalglerin yetiştirilmesi gerçekleştirilmekte olup elde edilen mikroalgler ve mikroalgal ekstraktlar ilaç, kozmetik, gıda, çevre, tarım ve enerji gibi önemli alanlarda değerlendirilmektedir. Bu kapsamda kutup mikroalglerinin laboratuvar ortamında küçük ve orta ölçekli sistemlerde üretimiyle alakalı deneme çalışmaları yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre yüksek verimde mikroalg biyokütlesinin elde edilebileceği görülmüştür. Ayrıca, Algal Biyoteknoloji ve Biyoproses Laboratuvarında Prof. Dr. Didem ÖZÇİMEN danışmanlığında mikroalglerden biyodizel (Gülyurt 2016), biyochar (Mutlu 2016) ve biyogaz (Koçer 2017) üretimiyle alakalı yüksek lisans tezleri bitirilmiştir. Laboratuvarımızda çalışmanın başarıyla gerçekleştirilmesi için hertürlü imkan ve altyapı bulunmaktadır. Çalışmanın projede belirtilen ilk 3 iş paketi başarıyla tamamlanmıştır. 4. İş paketinde biyogaz üretimi için en az 1 aylık bekleme süresi olduğu için bu iş paketine başlanmıştır, ancak halen devam etmektedir. Biyogaz üretim sonrası kalan atığın biyochar üretimi için (5. İş paketi) ise herhangi bir olumsuzluk bulunmamaktadır. Biyogaz prosesi sonuçlanınca katı atık alınarak kolayca biyochar üretimi gerçekleştirilebilecektir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Önerilen proje çalışmasının sağlıklı ve verimli bir şekilde yürütülebilmesi ve sonlandırılabilmesi için gerekli bütçeler ve gerekçeler Tablo 1’de özetlenmiştir. Proje çalışması kapsamında gerçekleştirilecek olan iş paketlerinin zaman planlaması ise Tablo 2’te verilmiştir.

Tablo 1. Bütçe Gerekçesi

Adı	Gerekeçe	Fiyat	Harcama Zamanı
Cam malzeme (petri kabı, erlen, beher, büret, balon, kruse, bağıet vb.)	Yetiştirme, ekstraksiyon ve biyoyakıt üretimi işlemleri için	1000	İP1
Kimyasal Malzemeler (hekzan, metanol, KOH)	Ekstraksiyon ve biyoyakıt üretim işlemleri için	1000	İP2 ve İP4
Biyogüvenlik malzemeleri (eldiven, maske, önlük, gözlük vb.)	Laboratuvar güvenliği için	500	İP1

Tablo 2. Proje Zaman Planlama Çizelgesi

İş Paketi	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	7.ay	8.ay	9.ay	10.ay	11.ay	12.ay
İP 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
İP 2					X	X	X	X	X			
İP 3							X	X	X	X		
İP 4							X	X	X	X		
İP 5									X	X	X	X

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Önerilen proje ile birçok katma değeri yüksek ürün üretilecekken aynı zamanda arıtma maliyeti yüksek olan atıksular da değerlendirilecektir. Bu kapsamda projenin en büyük hedef kitle (Kullanıcılar) belediyeler ve endüstriyel üretim yapan fabrikalardır. Fabrika ya da belediye arıtma tesisine kurulacak bu sistemle hem atıksular değerlendirilecek hem de biyodizel, biyogaz ve biyochar gibi endüstri ve belediyelerce oldukça geniş alanda kullanılacak ürünler üretilecektir. Üretilecek biyodizel motorin yakıtı kullanan araçlarda herhangi bir modifikasyona ihtiyaç olmadan gönül rahatlığıyla kullanılabilir. Biyogaz da doğal gazın alternatifi bir biyoyakıt olması nedeniyle fabrika ve belediyelerde birçok alanda kullanılabilir. Biyochar ise kömürün alternatifi yakıt olarak kullanılabilir gibi, adsorpsiyon ve tarım gibi uygulamaları nedeniyle çevre düzenlemesi ve arıtma sistemlerinde kullanılabilir. Kısaca burada

üretilen bu ürünler, metalurji sektörü, enerji sektörü, tarım sektörü ve çevre sektöründe çalışanlar tarafından da oldukça yoğun bir şekilde kullanılabilir. Bu durumun temel sebebi mikroyalgal biyokütleden lipit içeriği ayrıldığı için C/N oranının düşüklüğüdür. C/N oranı düşük olduğunda ortamdaki azot fazlalığı sayesinde NH₄ üretimi gerçekleşerek ortamın pH değeri artar. Bu da ortamda metan üreten bakterilerin inhibe olmasına neden olarak metan üretiminin azalmasına ve/veya durmasına neden olur (Koçer ve Özçimen 2018). Bu durumda biyodizel üretimi aşamasında yan ürün olarak açığa çıkan gliserin anaerobik çürütücüye katkı maddesi olarak eklenecektir. Bu sayede karışımdaki C miktarı artarak C/N oranı optimum seviyeye çekilecektir.

9. Riskler

Önerilen projede gerçekleşmesi muhtemel en büyük risk biyogaz üretimi aşamasında üretilecek olan metan gazı yüzdesinin düşük olmasıdır. Bu durumun temel sebebi mikroyalgal biyokütleden lipit içeriği ayrıldığı için C/N oranının düşüklüğüdür. C/N oranı düşük olduğunda ortamdaki azot fazlalığı sayesinde NH₄ üretimi gerçekleşerek ortamın pH değeri artar. Bu da ortamda metan üreten bakterilerin inhibe olmasına neden olarak metan üretiminin azalmasına ve/veya durmasına neden olur (Koçer ve Özçimen 2018). Bu durumda biyodizel üretimi aşamasında yan ürün olarak açığa çıkan gliserin anaerobik çürütücüye katkı maddesi olarak eklenecektir. Bu sayede karışımdaki C miktarı artarak C/N oranı optimum seviyeye çekilecektir.

10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

Deneyer, A., Ennaert, T., & Sels, B. F. (2018). Straightforward sustainability assessment of sugar-derived molecules from first-generation biomass. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 10, 11-20.

Fenton, O. (2012). Agricultural nutrient surpluses as potential input sources to grow third generation biomass (microalgae): a review. *Algal Research*, 1(1), 49-56.

Gülyurt, M. Ö. (2016). Yeni metotlar ile *Chlorella protothecoides* yağından biyodizel üretimi optimizasyonu çalışması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Koçer, A. T. (2017). Alglerden biyogaz üretim potansiyelinin araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Koçer, A. T., & Özçimen, D. (2018). Investigation of the biogas production potential from algal wastes. *Waste Management & Research*, 36(11), 1100-1105.

Koçer, A. T., Mutlu, B., & Özçimen, D. (2020). Investigation of biochar production potential and pyrolysis kinetics characteristics of microalgal biomass. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 10(1), 85-94.

Mutlu, B. (2016). Mikro ve makroalglerin biyochar üretiminde değerlendirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Quaschnig, V. (2016). *Understanding renewable energy systems*. Routledge.

Saini, J. K., Saini, R., & Tewari, L. (2015). Lignocellulosic agriculture wastes as biomass feedstocks for second-generation bioethanol production: concepts and recent developments. *3 Biotech*, 5(4), 337-353.