

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: EPICELLULYSE XT

TAKIM ADI: EPISOME

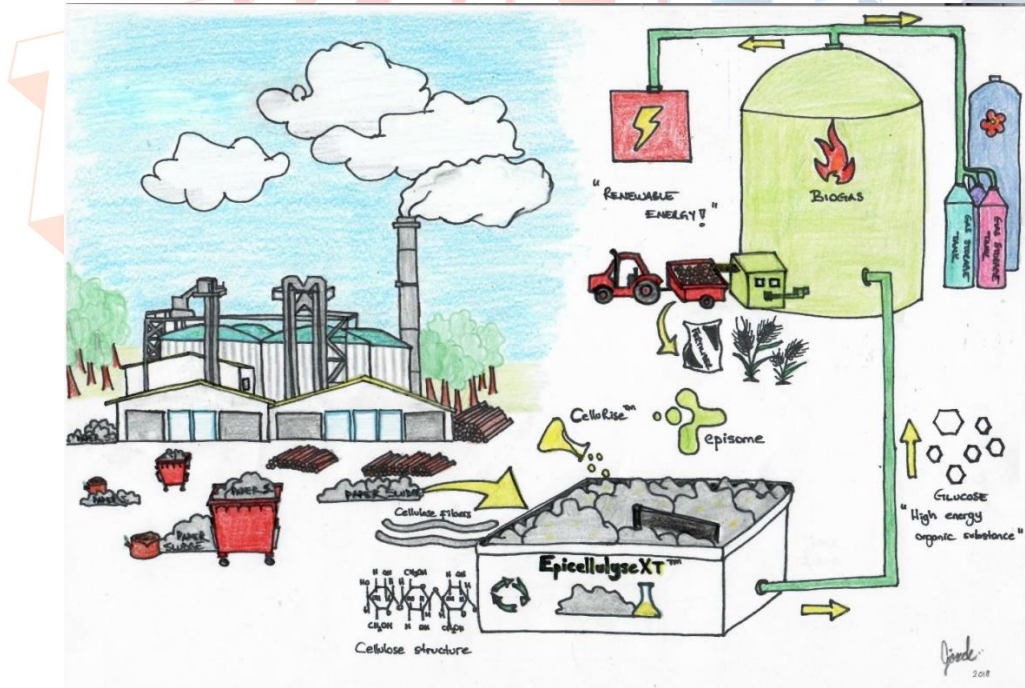
TAKIM ID: T3-23009-162

TAKIM SEVİYESİ: Mezun

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Episome ekibi tarafından geliştirilen yenilikçi teknoloji Epicellulyse XT, kâğıt endüstrisinin atığı olan selüöz içeren kağıt çamurunun (proses çamuru) yenilenebilir enerji olan biyogaza ve organik gübreye dönüştürülmesini sağlamaktadır.

Normal şartlarda kağıt fabrikalarından çıkan kağıt çamuru yakılarak ya da toprağa serilerek bertaraf edilmektedir. Lifli yapısından ve kompleks, uzun zincirli şeker içeriğinden dolayı biyogaz prosesine hammadde olarak alınmamaktadır (Boshoff, Gottumukkala, Rensburg, & Görgens, 2016). Epicellulyse XT teknolojisi hem fiziksel hem de kimyasal zorluklar gözönüne alınarak ve bunlara çözüm olacak şekilde tasarlanmıştır. Episome ekibi tarafından Gebze Organize Sanayi Bölgesi Teknopark'ında kurulu laboratuvarında yerli ve milli olarak selülaz enzimi ve bu enzimi salgılayan bakterilerden oluşmuş bir kokteyl geliştirilmiştir. Bu kokteyl, kağıt fabrikalarından çıkan proses çamuru ile belirli oranlarda ve kontrollü koşullar altında bilimsel yöntemle uygun şekilde karıştırılmış ve gözlemlenmiştir. Uzun süre yapılan Ar&Ge çalışmalarından sonra optimum doz, sıcaklık, pH gibi koşullar belirlenmiştir. Bu koşullar belirlenirken bir yandan da bu çamur tipine ve hidroliz prosesine uygun karıştırıcı tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan karıştırıcının prototipi yapılmış olup, laboratuvar ve saha denemeleri başarıyla gerçekleştirilmiştir. Özet olarak, Epicellulyse XT, özgün bir enzim ve mikroorganizma kokteyli, özgün bir karıştırıcı ve özgün bir hidroliz prosesi kullanarak kağıt endüstrisinden çıkan atık çamuru biyogaza dönüştürmeyi başarmıştır. Buna ek olarak, bu teknolojinin uygulanması ile beraber elde edilecek olan biyogaz reaktörü atık çamuru da organik gübre olarak kullanılabilir. Hem sıvı hem de katı gübre olarak değerlendirilebilen bu stabilize çamur içerdiği yüksek organik madde sayesinde kaliteli bir fermente organik gübredir.



Şekil 1. Epicellulyse XT teknolojisi ile kurulacak olan tesisin şeması

2. Problem/Sorun:

Epicellulyse XT teknolojisinin ortaya çıkmasını tetikleyen iki temel sorun vardır. Birincisi, kağıt endüstrisi atıkları dünyanın en büyük 6. kirleticisidir. Dünya çapında bu atıkların bertarafı için yılda 3 Milyar Euro harcanmaktadır. Harcanan paranın yanında, yakılarak veya atık depolama sahalarında depolanarak bertaraf edilen bu atıklar sürdürülebilirlikten oldukça uzaktır ve bu yöntemlerle bertaraf edilirken doğayı kirlenmektedir (Fan, Klemeš, Perry, & Lee, 2019). Kağıt üreticilerinin çevre dostu, sürdürülebilir ve ekonomik açıdan karlı bir atık bertaraf yöntemine ihtiyacı olduğu görülmektedir.

İkinci sorun ise, Epicellulyse XT teknolojisinden önce kâğıt endüstrisi atığının içerdiği yüksek orandaki selülozun kendine özgü bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı biyogaz üretimi için elverişli olmamasıdır. Aşırı su tutma kapasitesinde olan bir yapıya sahip bu malzeme, biyogaz reaktörlerinde yüzen bir kabuk oluşumuna sebep olarak reaktör içerisinde homojen bir şekilde karışmamaktadır. Buna ek olarak, sindirilmesi zor bir kompleks şeker olan selüloz biyogaz bakterileri tarafından sindirilememekte ve bakteriler için gerekli enerji ve besinleri sağlayamamaktadır. Bu sebeplerden ötürü Epicellulyse XT teknolojisinin keşfine kadar bu atıklar herhangi bir değerli ürüne dönüştürülemeden “atık” olarak değerlendirilmiştir. Günden güne, atıkların geri kazanımı bu kadar önemli bir hale gelirken kağıt endüstrisinin bu değerli ve yüksek miktarda karbon içeren proses çamurunu değerlendirememesi çok büyük ekonomik ve çevresel kayıplara sebep olmaktadır.



Şekil 2. Untreated (ham kağıt çamuru) ve Treated (Epicellulyse XT ile muamele edilmiş) çamur arasındaki fiziksel farklılık

3. Çözüm

Yukarıda anlatılan sorunlara çözüm olarak Episome, kağıt endüstrisinin atıklarını biyogaza ve organik gübreye dönüştüren Epicellulyse XT teknolojisini üretmiştir. Bu teknolojinin belkemiğini Episome ekibinin geliştirdiği bir enzim ve bakteri karışımı olan CelluRise™ ürünü oluşturmaktadır. CelluRise™, selüloz içeren kağıt çamuruna yönelik olarak optimize edilmiş bir üründür. Ürün içerisinde uzun selüloz zincirlerini küçük şekere parçalayan bakteriler ve selülozu sindirip parçalayan selülaz enzimi bulunmaktadır. Uygulama esnasında da bölünerek çoğaldığı ve enzim salgılamaya devam ettiği için selüloz kaynağı olan atığı ekonomik açıdan çok avantajlı bir şekilde biyogaz ve organik gübre üretimine uygun hale getirmektedir.

Yenilenebilir ve yerli enerji üretimine olanak sağlaması düşünülen bu sistemin geliştirilmesi ve yaygınlaşması enerjide dışa bağımlılığı bir nebze azaltacak ve daha önemlisi sanayi tesislerinin atıklarından enerji elde etmelerini sağlayarak karlılıklarını ve dünyadaki rekabetçi güçlerini arttıracak bir olanaktır.

Ayrıca, bu proje ile selüloz bazlı atığı olan işletmelere kendi bünyelerinde elektrik üretebilecekleri biyogaz tesisi kurmanın önü açılmıştır. Kağıt sanayi tesisleri yüksek enerji gereksinimleri olan işletmeler olduğundan bu sürecin eklenmesi enerji ve atık giderim maliyetlerini önemli ölçüde azaltacağı öngörülmüştür.

Ek olarak, biyogaz prosesi sonucunda anaerobik reaktörden çıkan çamur fermente organik gübre olarak kullanılmaktadır. Yüksek hacimde organik gübre üretimi çok zor gerçekleşirken, anaerobik proses sayesinde biyogaz üretiminin yanında yüksek hacimlerde fermente organik gübre üretimi de yapılmaktadır (Karunanithi, 2014). Bu gübre sıvı ve katı fazlarına ayrılarak katı gübre ve sıvı gübre olarak kullanılabilir (Zeng, Guardia, & Dabert, 2016).

4. Yöntem

Yapılan laboratuvar çalışmalarında negatif kontrol (fabrikadan çıkan çamur) ve Epicellulyse XT ile muamele edilmiş olan çamurlar BMP (Biyometan Potansiyeli) testine tabii tutulmuş ve elde edilen sonuçlara göre Epicellulyse XT ile muamele edilen numunelerden biyogaz üretiminin hem daha hızlı, hem de birim organik madde başına daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, yukarıda bahsedilmiş olan kağıt çamurunun fiziksel olumsuzluklarının ortadan kaldırıldığını ispatlamak için viskozite testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde ortalama 4.500 mPas viskoziteye sahip bir ham çamurun viskozitesinin Epicellulyse XT ön muamelesi ile 500 mPas'a düşürüldüğü yani viskozitenin %90 oranında azaltıldığı ispatlanmıştır. Bu sayede de kağıt çamurunun biyogaza dönüştürülmesinde karşımıza çıkan lifli yapı ve yüksek viskozite problemi ortadan kaldırılmıştır.

Normalde Epicellulyse XT, biyogaz reaktörü öncesinde selülozun kompleks yapısının parçalanmasından dolayı kağıt çamurunu biyogaz bakterileri için sindirime hazır bir ürün haline getirmektedir. Bu sayede, normalde biyogaz prosesi 30-45 gün arası gerçekleşen biyogaz üretim süreci bu teknoloji sayesinde 15 gün içerisinde tamamlanmaktadır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Türkiye, Almanya, Belçika, Finlandiya, Hollanda, İsveç, Danimarka, İspanya, Fransa İngiltere, İrlanda, İtalya, Norveç, Meksika, Japonya, G.Kore ve Endonezya patentlerine sahip olan Epicellulyse XT teknolojisi sayesinde dünyada ilk defa kağıt endüstrisi atıklarının biyogaza ve organik gübreye dönüştürülmesi teknolojinin en yenilikçi ve göze çarpan yönüdür. Bu atık tipi dünyada hiçbir değerli ürüne dönüştürülemezken Epicellulyse XT sayesinde yenilenebilir enerjiye ve organik gübreye dönüştürülmektedir. Yapılan benzer çalışmalar ile karşılaştırıldığında, yapılan çalışmaların ekonomik olarak uygulanabilir olmadığı ve çalışmaların akademik düzeyde kaldığı görülmüştür. Bu prosesin operasyonel maliyetini yükselten en önemli kalem gerekli olan enzim ihtiyacıdır. Selüloz enziminin pahalılığından dolayı yapılan çalışmaların maliyetleri oldukça yüksektir. Episome Ekibi'nin kendi tasarımı olan bir karıştırıcıda gerçekleşen hidroliz süreci kendini yenileyen bir süreç olduğu için enzim masrafı oldukça düşüktür. Bu özellikleri sayesinde projemiz hem kullanılan cihazlar hem de süreç açısından oldukça yenilikçidir.

6. Uygulanabilirlik

Teknolojimiz hem laboratuvar düzeyinde hem de pilot düzeyde denenmiş ve olumlu sonuçlar vermiştir. 2015 yılında Türkiye'nin en büyük kağıt geri dönüşüm tesisi olan Modern Karton'un Çorlu'daki fabrikasında pilot tesisimiz kurulmuş olup 1 yıl boyunca başarıyla işletilmiştir. Bu süreçte teknolojimizin uygulanmasında yaşanacak olan sorun ve aksaklıklar tespit ve tecrübe edilmiş olup bu konular üzerine de çözümler üretilmiştir. Yapılan pilot çalışmada ham kağıt çamuru Epicellulyse XT prosesine sokulmuş ve kendi keşfimiz olan CelluRise™ enzim ve bakteri kokteyli ile muamele edilmiştir. Muamele sonrasında %90 oranında viskozitesi azalan çamur biyogaz reaktörüne pompalanabilir bir hale gelmiştir. Biyogaz reaktörüne giren çamur 15 gün süreyle prosese tabi tutulmuş ve sonucunda yüklenen organik maddenin %60'ının biyogaza dönüştüğü bir biyogaz üretimi gerçekleşmiştir.

Epicellulyse XT ile muamele edilen numunelerden biyogaz üretiminin hem daha hızlı, hem de birim organik madde başına daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yani bu teknoloji sayesinde daha küçük biyogaz reaktörleri kurarak çok daha hızlı ve fazla şekilde biyogaz üretimi mümkün olmaktadır. Bu da bu teknoloji sayesinde gereken yatırımların hem ilk yatırım maliyetlerinin hem de operasyonel maliyetlerinin düşük seviyelerde kalmasına olanak sağlamaktadır. Tüm bu kriterler hesaba katıldığında bu teknolojiyi temel alan bir biyogaz ve organik gübre tesisinin 3 yıl gibi kısa sürede kendini amorti edeceği görülmektedir.

Projenin gerçekleştireceği tesisin kurulabilmesi için 3 temel bileşen vardır;

1. Teknoloji ve enzim&bakteri sağlayıcı Episome
2. Kağıt çamuru (Atık) sağlayıcı kağıt firmaları
3. Biyogaz tesisi kuracak bir yatırımcı

Yıllık atık miktarı 1.500,00 mTon (%90 kuru madde) olan bir tesis için hesaplanan tahmini maliyet:

MALİYET	FİYAT (€)
İLK YATIRIM MALİYETİ	352.500,00
İŞLETME MALİYETİ (YILLIK)	48.881,61
YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞÜ (YIL)	4.08

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Teknolojimizin hedef kitlesi temel olarak kağıt ve kağıt ürünleri üreten endüstrilerdir. Bunun yanında, biyogaz tesisi kuran ve işleten firmalar, bu sektöre yatırım yapmak isteyen enerji firmaları ve organik gübre üreticileridir.

9. Riskler

Projemize ait mevcut risklerden biri kağıt fabrikalarının bu atığın ekonomik açıdan potansiyeli olduğunu görüp biyogaz tesisi kuracak olan yatırımcı ile atığını paylaşmamasıdır. Buna çözüm olarak kağıt fabrikasının kendi tesisini kurması da mümkün olacaktır. Biyogaz tesisinin fabrika içerisinde veya dışarısında kurulması teknolojimizin uygulanması açısından hiçbir sorun teşkil etmeyecektir.

Bir diğer risk faktörü ise kağıt üretiminin azalmasına bağlı olarak atık çamurun azalmasıdır. Günümüzde online alışverişin artışı ile karton ve kağıt ürünlerinin de kullanımı artmaktadır. Bu sebeplerden ötürü, özellikle karton üretiminden gelen çamurun azalma riski de ortadan kalkmıştır. Plastik kullanımından kaçınılması da kağıda olan teveccühü arttırmaktadır.

Son risk faktörü ise kağıt üretiminde kullanılan teknolojinin gelişmesine bağlı olarak kağıt çamurunun üretiminin azalması veya çamursuz üretim yapılmasıdır. Bu noktada çözüm olarak kağıt çamuru yerine diğer lignoselülozik atıklara uygulanabilir (pamuk sapı, çeltik sapı, dal-budak, bahçe atıkları)

10. Proje Ekibi

Takım Lideri: Dr. Murat BALABAN

ADI SOYADI	PROJEDEKİ GÖREVİ	PROJEYLE VEYA PROBLEMLE İLGİLİ TECRÜBESİ
Murat Balaban	Takım Lideri/Bilim Direktörü	İnşaat Mühendisi/Episome ekibinin kurucusu
Bahadır Kılınç	Yönetici/Girişimci	İnşaat Mühendisi/Episome ekibinin kurucusu
Elif Afacan	Enzim ve Bakteri Üretim Sorumlusu	Biyoteknolog/ 3 yıldır Episome ekibi ile birlikte
Gözde Görgülü	Laboratuvar Şefi	Moleküler biyolog/5 yıldır Episome ekibi ile birlikte
Özge Çavuş	Kalite Kontrol Sorumlusu	Moleküler biyolog/2 yıldır Episome ekibi ile birlikte
Ayşe Aykut	Hidroliz Süreci Sorumlusu	Biyomühendis/2 yıldır Episome ekibi ile birlikte
Kadir Deniz	Enzim ve Bakteri Üretim Sorumlusu	Fermentasyon teknikeri/4 yıldır Episome ekibi ile birlikte
Mücahit Türk	Enzim ve Bakteri Üretim Sorumlusu	Biyomühendis/1 yıldır Episome ekibi ile birlikte

11. Kaynaklar

- Boshoff, S., Gottumukkala, L. D., Rensburg, E., & Görgens, J. (2016). Paper Sludge (PS) to Bioethanol: Evaluation of Virgin and Recycle Mill Sludge for Low Enzyme, High-Solids Fermentation. *Bioresource Technology*, 103-111.
- Fan, Y. V., Klemeš, J. J., Perry, S., & Lee, C. T. (2019). Anaerobic digestion of lignocellulosic waste: Environmental impact and economic assessment. *Journal of Environmental Management*, 352-363.
- Karunanithi, A. (2014). System analysis of de-watering process for treating biogas digestate.
- Zeng, Y., Guardia, A., & Dabert, P. (2016). Improving composting as a post-treatment of anaerobic digestate. *Bioresource Technology*, 293-303.