

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

ÜNİVERSİTE VE ÜZERİ SEVİYESİ PROJE

KATEGORİSİ

TAKIM ADI

BTÜ eCoPack

PROJE ADI

BİYOKÜTLEDEN PEKTİN ELDESİ VE PEKTİN KATKILI

KİTOSAN/HİDROKSİETİLSELÜLOZ TEMELLİ

KOMPOSTLANABİLİR FİLM SENTEZİ

BAŞVURU ID

#318436

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) (5 puan)

Plastik Gezegen...

Plastik; kolay kullanımı, hafifliği, ucuzluğu sayesinde bütün dünyada yüksek oranlarda kullanılan bir malzeme çeşididir. Bu özellikleri sayesinde otomotiv endüstrisi, gıda sanayi, inşaat sektörü gibi birçok sektörde plastiğin kullanıldığını görebiliriz; fakat doğada uzun yıllar çözülmeyen bu malzeme dünyayı çevre felaketine götürmektedir. Plastiğin doğaya ve insanlara verdiği zarar ilk olarak 23 Şubat 1977'de gerçekleşen çalışmalar sonucunda plastik kullanımıyla kanser arasındaki ilişkinin ortaya çıkması ile başlamıştır ve zaman ilerledikçe plastiğin avantajından çok dezavantajının olduğu tüm dünya üzerinde kabul edilmiştir. Buna rağmen plastik kullanımının günümüzde önüne geçilememiştir. Deniz kenarına inildiğinde ya da sokakta yürürken bile plastik atıklarını görebiliriz [1]. Günümüze gelindiğinde, Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2020 yılı oluşan atık miktarı 104.8 milyon tondur [2]. Bu veriler doğrultusunda 2050 yılına gelindiğinde Türkiye çöplük haline gelecektir, üstelik Türkiye 2019 yılında Avrupa Birliğinden en çok plastik atık alan ülke olmuştur. Plastik atıklar vahşi hayata fiziksel olarak zarar verebilir. Ayrıca pek çok plastik hammaddesi petrol türevi oluşu için toksiktir ve çevreye kimyasal bir salınım gerçekleştirir. Plastikler, uzun zincirler veya polimerler oluşturmak için birbirine bağlanan monomerler adı verilen tekrar eden birimlerden oluşur. Bu zincirlerin genellikle kimyasal olarak inert olduğu düşünülür, ancak reaksiyona girmemiş monomerler ve diğer zararlı bileşenler plastiklerde bulunabilir. Birleşmiş Milletler'in Kimyasalların Küresel Uyumlaştırılmış Sınıflandırma ve Etiketleme Sistemine dayanan bir tehlike sıralaması modeline göre, plastiklerin %50'sinden fazlasının kimyasal içerikleri tehlikelidir [3]. Bu veriler sonucunda plastiğin vazgeçilemez bir malzeme olduğunu varsayarsak petrol türevi malzemelerden biyomalzemelere, biyoplastiklere geçişin gerçekleşmesi gerekmektedir. Biyoplastikler bitkisel yağlar, bitki nişastaları gibi yenilenebilir biyolojik kaynaklardan elde edilen plastiklerdir ve pek çok çeşidi biyobozunabilir, kompostlanabilir özellik gösterir. Doğaya atıldığında mikro-organizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanabilen plastikler biyobozunabilir plastik sınıfına girmektedir. Kompostlanabilir polimerler ise kontrollü bir ortamda biyobozunarak ekilebilir humus toprağa yani komposta dönüşebilen malzemelerdir. Bu projede pektin ve kitosan, hidroksietilselüloz biyopolimerlerinin kombinasyonu ile kompostlanabilir film sentezlenmesi amaçlanmıştır. Turunçgil kabukları ve şeker pancarı küspesi gibi meyve atıklarından elde edeceğimiz pektin tarafımızca sentezlenecektir. Böylece meyve atıkları biyokütle kaynağı olarak kullanılıp değerlendirilmiş olacaktır. İlk aşamada kompostlanabilir film sentezinde kullanılacak olan pektin elde edilecektir. Daha sonra kitosan/hidroksietilselüloz film sentezi ve devamında kitosan/hidroksietilselüloz/ pektin kompozit film sentezi gerçekleştirilecektir. Film içerisinde biyobozunur polimerler kitosan ve selüloz tercih edilmiştir. Film geliştirildiği takdirde birçok sektörde kullanılabilen çok amaçlı bir ürüne dönüşebileceği öngörülmektedir. Sentezlenen film bazı karakterizasyon testlerine tabi tutularak bağ yapıları, mekanik ve morfolojik özellikleri belirlenecektir. Yapılan proje Doç.Dr. Derya Ünlü danışmanlığında, proje kaptanı olarak Bilge Öztürk ve proje araştırma ekibi Zeynep Altun, Nur Almousa, Alaa Abdulkarim ve Benan Doğa Mercan tarafından gerçekleştirilecektir.

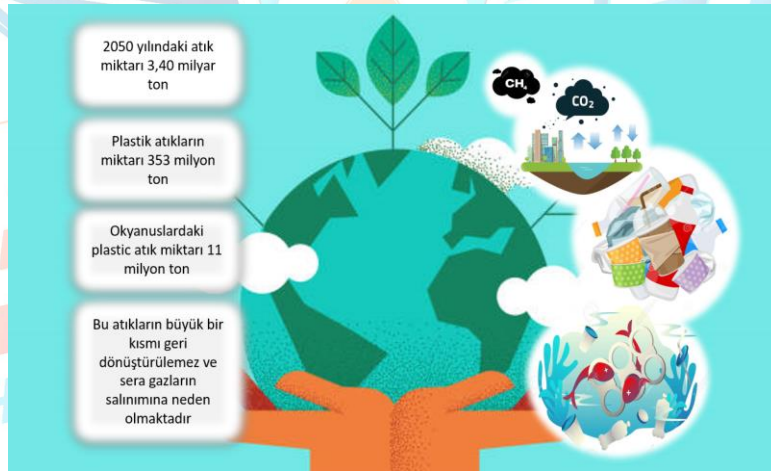
2. Problem/Sorun (5 puan)

2016 yılında, dünyada günlük kişi başına atık miktarı 0,74 kilogramı aşarak 2,01 milyar ton katı atık üretilmiştir. Hızlı nüfus artışı ve kentleşme ile birlikte 2050 yılında yıllık atık üretimi %70 oranıyla artarak 3,40 milyar tona yükselmesi beklenmektedir [4].

OECD'nin raporuna göre, dünya yirmi yıl öncesine göre iki kat daha fazla plastik atık üretmektedir. Bu atıkların büyük kısmı atık sahalarında toplanır, yakılır veya çevreye sızar ve sadece %9'u başarıyla geri dönüştürülebilir. Küresel plastik atık üretimi 2000 yılından 2019 yılına kadar iki kattan fazla artarak 353 milyon tona ulaşmıştır. Plastik atıkların yaklaşık üçte ikisi beş yılın altındaki kullanım ömrüne sahip plastiklerden gelirken, bunların %40'ı ambalajdan, %12'si tüketim mallarından ve %11'i giyim ve tekstilden oluşmaktadır [5].

Plastik atıkları, yaşam döngüsünün her aşamasında sera gazı emisyonuna neden olmaktadır. Organik atıklar ayrıştığında karbondioksit ve metan gazı oluşur. Plastiklerin üretimi ve bertarafı da tonlarca karbon emisyonu üretmektedir [6].

Ayrıca, yıllık olarak okyanuslara atılan tahmini 11 milyon metrik tonluk plastik miktarının önümüzdeki 20 yıl içinde 3 katına çıkacağı beklenmektedir. Bu, 2040 yılına kadar her yıl okyanusa 23 ila 37 milyon metrik ton plastik atılması anlamına gelmektedir. Plastik atıklar, biyolojik olarak parçalanmaz yani doğal olarak çevreye zararlı olmayacak şekilde çözünmez. Bunun yerine, zamanla mikroplastikler ve nanoplastikler olarak bilinen ve önemli olumsuz etkilere sahip olabilen daha küçük parçalara ayrılırlar. Deniz yaşamına etkileri, fiziksel veya kimyasal zarardan hayvanlara, biyoçeşitlilik ve ekosistem işleyişi üzerindeki daha geniş etkilere kadar uzanır [7]. Bu nedenlerden dolayı plastik atıklar çevre kirliliğinin en büyük kaynaklarından biridir.



Şekil 1: Atıkların çevreye etkisi

3. Çözüm (20 puan)

Planlanan bu proje ile deniz suyunda biyobozunabilir ve toprakta kompostlanabilir ambalaj filmlerin üretimi hedeflenmiştir. Bu çalışma süresince öncelikli olarak amaca uygun olan polimerler belirlenmiştir. Hidroksietilselüloz, kitosan biyopolimerlerinin ve pektinin bir arada olduğu filmler oluşturulmuştur. Film sentezinde kullanılan pektin, turunçgil kabukları ve şeker pancarı küspesi gibi biyokütle kaynaklarından tarafımızca elde edilmiştir. Böylece biyokütle kaynağı olarak biyoatıklar değerlendirilmiş olacaktır. Proje kapsamında, dünya çapında yüksek

oranlarda çoğalmakta olan, doğada bozunmayan ve çevre kirliliği ve zehirli maddelerin salınımına neden olan plastiği azaltmak amacıyla biyokütleden toprakta kompostlanabilir filmler üretimi çözüm olarak öngörülmüştür. Kompostlanabilir filmler kompost ortama atıldıktan sonra polietilen veya polipropilen gibi konvansiyonel polimer bazlı ambalajlara kıyasla çok daha az sürede çözünmektedir. Bu filmler, diğer organik maddeler gibi su, karbondioksit ve biyokütleyle dönüştüğünden dolayı hem film üretiminde hem de ambalaj atıldıktan sonra çevre dostu bir çözüm olacaktır. Bununla birlikte ambalaj filmlerinin üretiminde petrol bazlı polimerler yerine kitosan ve hidroksietilselüloz gibi biyotemelli malzemeler kullanılarak çevre dostu, ekonomik ve sıfır atık ambalaj üretilmesi planlanmaktadır. Elde edilen olumlu sonuçlarla prosesin ticari boyutta kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapmak mümkündür. Atık meyve kabuklarını (portakal, muz, elma, limon vs.) ve şeker pancarı küspesi gibi atıklar değerlendirilerek biyokütle kaynağı olarak kullanılmıştır. Çalışma bu noktada da atıkların değerlendirilerek çevre dostu bir ürüne dönüştürülmesinde oldukça önemli bir katkıda bulunacaktır. Çevre dostu ve sürdürülebilir olmasının yanı sıra atıkların işlenmesi ve atık bertarafının önüne geçilmesini de sağlayacaktır. Turunçgiller başta olmak üzere şeker pancarı küspesi gibi biyokütle kaynaklarından sentezlenecek olan pektin, kompostlanabilir film üretiminde kullanılacaktır. Kitosan ve hidroksietilselüloz biyopolimerleri kompostlanabilir filmlerin temelini oluşturmak üzere farklı oranlarda pektin eklenerek kompostlanabilir çevre dostu filmler sentezlenecek ve kompostlanabilirlik açısından test edilecektir. Üretilen filmlerin ambalajlamada kullanılmak üzere su tutma kapasitesi ve su buhar geçirgenliği özellikleri incelenecek, bazı mekanik testlere tabi tutulacaktır.



Şekil 2: Çözüm genel akış şeması

4. Yöntem (20 puan)

İP1: Turunçgil-Şekerpancarından Pektin Sentezi

Turunçgil kabukları pektin eldesinde kullanılmak üzere saf su ile temizlenir. Kabuklar küçük parçalar halinde kesilir. 300 gr kabuk için yaklaşık olarak 600 ml, hacimce %2 asetik asit içeren çözelti hazırlanır ve kesilen kabuk parçalarının üzerine eklenir. Karışım, manyetik karıştırıcıda 90°C'de 3 saat boyunca karıştırılır. 3 saat sonra karışımın içerisindeki kabuklar süzülür ve geriye kalan çözeltinin üzerine 100 ml'lik etanol/su (70:30) çözeltisi eklenir .

Elde edilen çözelti 24 saat bekletilir, pektin çöktürülür. Çöken pektini elde etmek için santrifüj

cihazı kullanılır. Santrifüj sonrası elde edilen pektin etüvde 60°C'de 24 saat boyunca kurutulur. Ardından toz haline gelene kadar öğütülür.

Şeker Pancarından Pektin eldesi

Şeker pancarı posası etüvde 60°C'de bir gece boyunca kurutulur. Kuru şeker pancarının pH'ı 1.20'ye ayarlandıktan sonra 1:25 oranla olacak şekilde saf su ile 5 saat boyunca 80°C'de manyetik karıştırıcıda karıştırılır. Elde edilen ekstrakt 40 °C'ye gelene kadar bekletilir ve 5000 rpm hızında 20 dk boyunca santrifüj edilir. Elde edilen süzüntü temiz bir behere alınır ve süzüntünün 4 katı kadar %96' lik etanol çözeltisi hazırlanır ve üzerine eklenir. Kabın alt kısmına çöken pektin etanol çözeltisinden süzülür. Daha sonra bir gece boyunca 60°C'de etüvde kurutulur. Kuruduktan sonra toz haline gelene kadar öğütülür.



Şekil 3: Turunçgil kabuklarından pektin sentezi

İP2: Kitosan/Hidroksietilselüloz/Pektin Kompozit kompostlanabilir Film Üretimi

Ağırlıkça %1 kitosan, hacimce %2 asetik asit içeren 100 ml'lik sulu çözelti hazırlanır. Hacimce %5 hidroksietilselüloz içeren sulu çözelti ise başka bir kaptaki hazırlanır. Hazırlanan iki çözelti manyetik karıştırıcıda oda sıcaklığında ayrı ayrı karıştırılır. Daha sonra 20'şer ml olacak şekilde eşit hacimde bir araya getirilerek karıştırılır. Ardından toplam polimer ağırlığının %1'inden %5'e değişen oranlardan pektin blend çözeltisine eklendi. Hazırlanan kompozit film çözeltileri dökülerek oda sıcaklığında kurumaya bırakılır. Üretilen filmler çapraz bağlı ve çapraz bağımsız olarak incelenmiştir. Çapraz bağlanacak olan filmler hacimce %85 aseton, %15 su ve %0.5 HCl ve %0.5 glutaraldehit içeren çapraz bağ banyosunda 3 saat bekletilir, ardından çapraz bağ banyosundan çıkarılarak kurulanır. Şeker pancarından elde edilen filmlerde de izlenen prosedürler tümü ile aynıdır.



Şekil 4: Kompozit filmler

İP3:Kompostlanabilir Film Karakterizasyonu

Sorpsiyon Testi

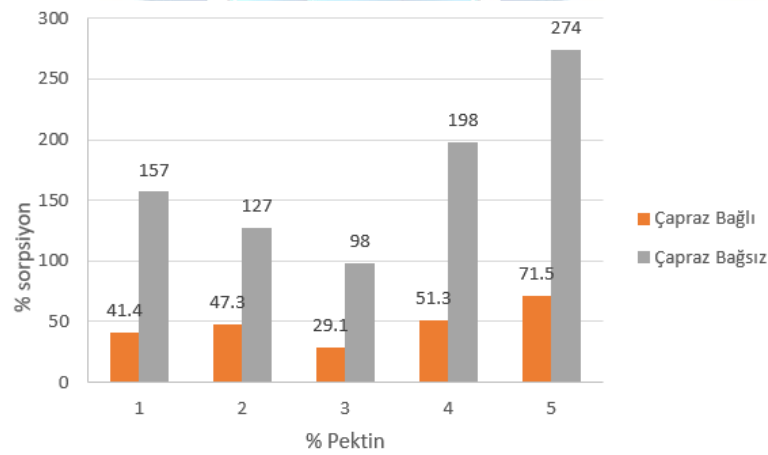
Turunçgil kabuğu ve şeker pancarından elde edilmiş pektin katkılı filmler sorpsiyon testine tabi tutulmuştur. Burada filmlerin su absorplama kapasitesi belirlenmiştir ve Eşitlik-1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q = \frac{W_s - W_D}{W_D} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlik-1’de yer alan W_s şişmiş filmin ağırlığını, W_D kuru filmin ağırlığını ve Q ise absorplama kapasitesini (şişme oranı) ifade etmektedir.

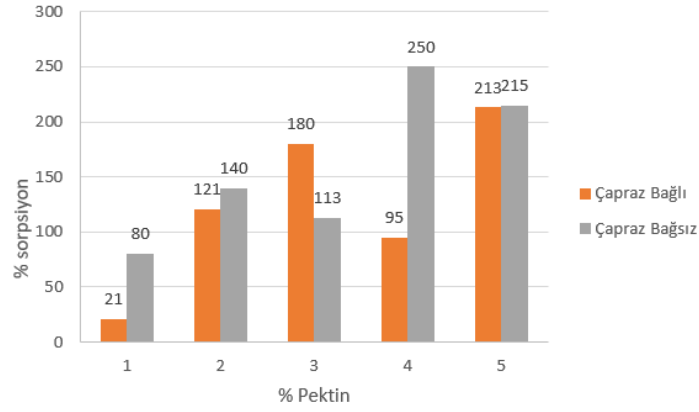
Pektin katkılı filmlerin sorpsiyon testi adımları şu şekilde özetlenebilir:

- 1) %1, %2, %3, %4 ve %5 pektin katkılı filmlerden (çapraz bağlı ve çapraz bağısız) ufak parçalar kesilerek ilk ağırlıkları belirlendi.
- 2) Filmler her biri ayrı bir beher içerisine konularak üzerine 20 ml su eklendi.
- 3) Belirli aralıklarla numuneler sudan çıkarılıp kurulandıktan sonra ağırlıkları ölçülerek kaydedildi
- 4) Ağırlıklar sabit kalana kadar sorpsiyon işlemine devam edildi.



Grafik 1: Turunçgil filmlerinin sorpsiyon grafiği

Grafik 1’de turunçgil kabuğundan elde edilmiş pektin katkılı filmlerin deneysel verileri gösterilmiştir. %1, %2, %3, %4 ve %5 pektin katkılı filmler incelendiğinde çapraz bağlı olanın çapraz bağı olmayan ile kıyaslanarak çapraz bağı olan filmlerin sorpsiyon kapasitesi açısından daha iyi bir performans gösterdiği yorumu yapılmıştır. Sorpsiyon kapasitesinin büyük oranlarda olması ambalaj sektöründe istenmeyen bir durumdur bunun nedeni ambalajın içerisine konulacak yiyeceğin su buharı ya da su ile temasıyla birlikte hızlı bozunma göstermesidir. Bu sebeple, çapraz bağı olan filmler tercih edilmiştir.



Grafik 2:Şeker Pancarı filmlerinin sorpsiyon grafiği

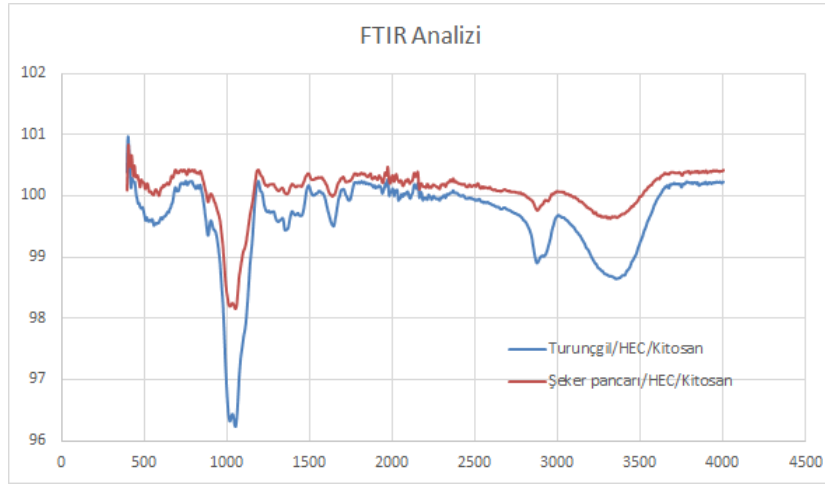
Grafik 2’de şeker pancarından elde edilmiş pektin katkılı filmlerin deneysel verileri gösterilmiştir. %1, %2, %3, %4 ve %5 pektin katkılı filmler incelendiğinde sorpsiyon yüzdelerinin yüksek olduğu görülmektedir. Ambalaj sektöründe kullanılmak için uygun değildir. Portakaldan üretilen pektin filmleri daha uygun görülmüştür.

FTIR Analizi

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), bir titreşim spektroskopisidir. FTIR matematiksel Fourier dönüşümü yöntemi ile ışığın infrared yoğunluğuna karşı dalga boyunu ölçen bir kimyasal analitik yöntemdir. IR ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulmaktadır. Bu yöntem ile, moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının alifatik ya da aromatik olup olmadığı belirlenebilir.

Şeker pancarı küspesi ve turuncu kabuklarından elde edilen pektin katkılı filmlerin FTIR analiz sonuçları Şekil 3’te verilmiştir.

- FTIR Analizi için dalga boyu $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$ aralığında alınmıştır ve ağırlıkça %4 şeker pancarından elde edilen pektin içeren filmler analiz edilmiştir.
- $900\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ arası C-OH ve C-O-H gruplarını göstermektedir. $1050\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ arasındaki absorpsiyon bantları, pektinin halka yapısında bulunan C-C ve R-O-R eter gruplarını göstermektedir. $1600\text{-}1800\text{ cm}^{-1}$ arasındaki bölge pektinin spesifik bölgesi olup pektinin tanımlanmasında kullanılan bölgedir.
- 1636.5 cm^{-1} bantları pektinin serbest ve esterleşmiş karboksil gruplarını göstermektedir.
- Hidroksil gruplarının varlığı 3336.3 cm^{-1} dalga boyunda görülmektedir.
- Ester gruplarının varlığı 873 cm^{-1} dalga boyunda görülmektedir.



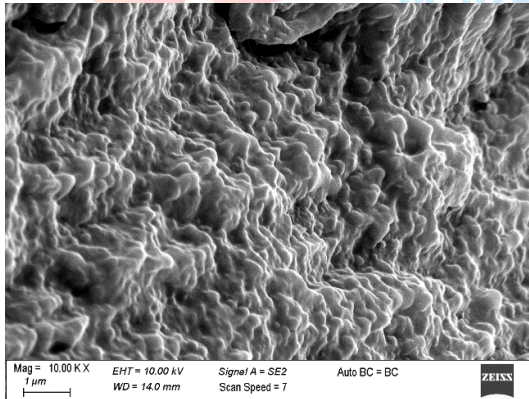
Grafik 3: FTIR Analizi

- FTIR Analizi için dalga boyu 400~4000 cm^{-1} aralığında alınmıştır ve ağırlıkça %4 turunçgilden elde edilen pektin içeren filmler analiz edilmiştir.
- 900-1100 cm^{-1} arası C-OH ve C-O-H gruplarını göstermektedir. 1050-1200 cm^{-1} arasındaki absorpsiyon bantları, pektinin halka yapısında bulunan C-C ve R-O-R eter gruplarını göstermektedir. 1600-1800 cm^{-1} arasındaki bölge pektinin spesifik bölgesi olup pektinin tanımlanmasında kullanılan bölgedir.
- Turunçgilden elde edilen pektin için 1649 cm^{-1} bantları pektinin serbest ve esterleşmiş karboksil gruplarını göstermektedir.
- Hidroksil gruplarının varlığı 3349.78 cm^{-1} dalga boyunda görülmektedir.
- Ester gruplarının varlığı 2873 cm^{-1} dalga boyunda görülmektedir

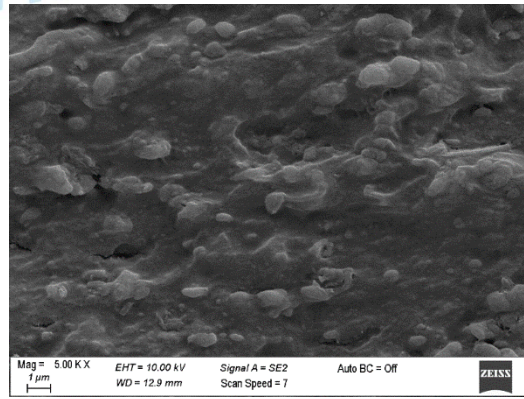
SEM Analizi

SEM analizi, yapı-özellik ilişkilerini değerlendirmek için en iyi yöntem olarak bilinmektedir [8].

Şeker pancarı küspesi ve turunçgil kabuklarından elde edilen pektin katkılı filmlerinin SEM analizinden elde edilen kesit görüntüleri Şekil-4 ve Şekil-5'te gösterilmektedir.



Şekil 5: Şeker pancarı - HEC - Kitosan kesiti.



Şekil 6: Turunçgil - HEC - Kitosan kesiti.

Her iki filmde de pektin katkılarının film içerisinde homojen bir şekilde dağıldığı, faz ayrımı gözlenmediği ve polimerle uyumlu bir yapı sergilediği görülmüştür.

İP4:Kompostlanabilirlik/Biyobozunabilirlik Testleri

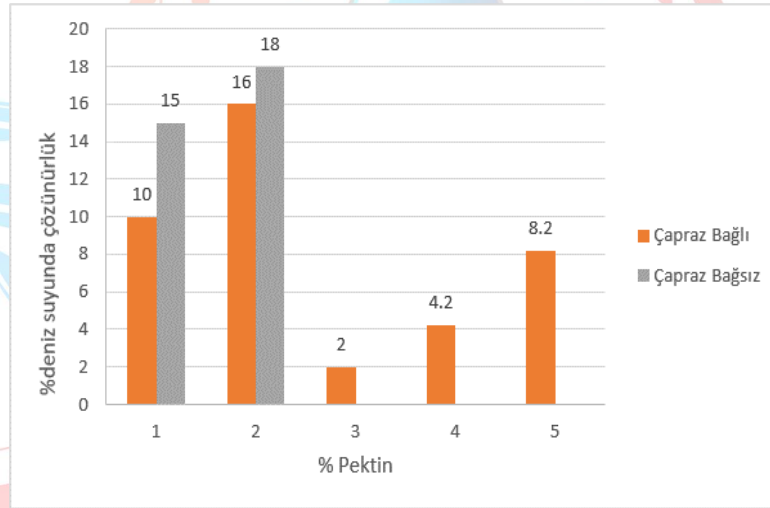
Deniz suyunda Biyobozunurluk

2 ay sürecek olan deneyde, Kitosan/Hidroksietilselüloz/Pektin Kompozit filmler belirli boyutlarda kesilerek Marmara denizinden alınmış deniz suyuna daldırılmıştır. Daldırılan filmler haftada 1 tartılarak kütleleri not edilmiş ve görsel kontrolleri sağlanmıştır. Deney sonunda kütle kaybı hesaplanmıştır. 3 hafta sonunda % kütle kaybı hesaplanmış, ara kontrol sağlanmıştır. Grafik 4 ve 5' te elde edilen veriler gösterilmektedir.

M1:Deniz suyuna atılmadan önce film kütlesi (g)

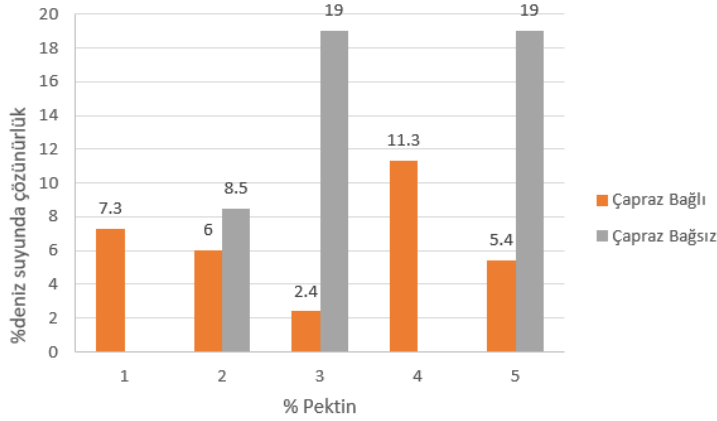
M2: deney sonucunda elde edilen film kütlesi (g)

$$\text{Kütle Kaybı (\%)} = \frac{M1 - M2}{M1} * 100$$



Grafik 4: %1, %2, %3, %4, %5 Şeker Pancarından üretilmiş pektin /hidroksietilselüloz/kitosan filmi, deniz suyunda biyobozunurluk testi

Şeker pancarından üretilmiş pektin/hidroksietilselüloz/kitosan filmi deniz suyunda biyobozunma değerlerine bakıldığında 3 haftalık bir sürede filmlerin deniz suyunda bozunduğu gözlenmektedir. Deney sonuçlarına bakıldığında çapraz bağlı olmayan filmlerin çapraz bağlı olanlara göre daha fazla bozunduğu gözlenmiştir. Bunun nedeninin çapraz bağın, filmdeki mukavemeti arttırmasıdır. Çapraz bağlı olan filmlerin suda çözünmesi azalır. En yüksek bozunma deniz suyunda, biyobozunurluğun %2 çapraz bağlı olmayan filmde gözlenmektedir. Çapraz bağısız filmlerde parçalanmalar görülmüş ve bu yüzden ağırlıkları ölçülememiştir.



Grafik 5: %1,%2,%3,%4,%5 Turunçgil kabuğundan üretilmiş pektin /hidroksietilselüloz/kitosan filmi, deniz suyunda biyobozunurluk testi

Turunçgil kabuğundan üretilmiş pektin/hidroksietilselüloz/kitosan filminin deniz suyunda biyobozunma değerlerine bakıldığında, 3 haftalık bir sürede filmlerin deniz suyunda bozunduğu gözlenmektedir. Şeker pancarından üretilmiş pektin/hidroksietilselüloz/kitosan filminde gözlemlenen değerlerle doğru orantılı olarak çapraz bağlı olmayan filmlerin çapraz bağlı olanlara göre daha fazla bozunduğu gözlenmiştir.

Deney sonuçlarına bakıldığında filmlerin 3 hafta içinde deniz suyunda çözünebildiği görülmektedir. Tahmini 2 ay sürecek olan deneyde %50 üstü suda bozunma görüleceği düşünülmektedir. Şeker pancarı ve turunçgil kabuklarından üretilmiş pektin /hidroksietilselüloz/kitosan filmleri karşılaştırıldığında, iki farklı pektin malzemesinin suda maksimum biyobozunma değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmektedir.

Toprakta Biyobozunurluk

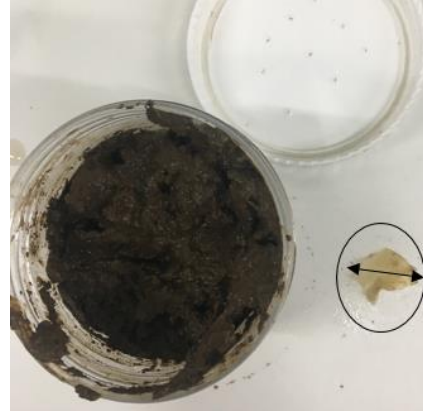
Bitki toprağı, alınarak deney kaplarına doldurulmuştur. Filmlerden kesilen parçalar önce tartılmış sonra toprağı gömülmüştür. Haftada 1 deney kapları sulanmış ve biyobozunurluk için uygun nem kontrolü yapılmıştır. 1 ay sonunda numuneler topraktan çıkarılmış ve görsel kontrol sağlanmıştır 2.5 ay sürecek olan deney sonunda toprakta bozunan filmler temizlenerek 1 gün boyunca etüv de kurutulacaktır . Kurutma işlemi sonucunda numuneler tekrardan tartılacak ve % kütle kaybı hesaplanacaktır.

M1:Biyoobozunurluk öncesi film kütlesi (g)

M2: deney sonucunda elde edilen film kütlesi (g)

$$\text{Kütle Kaybı (\%)} = \frac{M1 - M2}{M1} * 100$$

İlk 1 hafta sonrası yapılan kontrollerde çapraz bağlı olmayan her iki pektin katkılı filmlerin toprakta bozunduğu görülmüştür. Çapraz bağlı filmlerinde görsel kontroller sonucunda hacim kaybı yaşandığı ve incelendiği gözlenmiştir. Hedeflenen süre sonunda topraktaki tüm filmlerin bozunacağı düşünülmektedir.



Şekil 7: Biyobozunma öncesi %2 portakaldan elde edilmiş

Şekil 8: 3 haftalık süreçte gerçekleşen biyobozunma

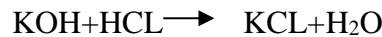
pektin/hidroksetilselüloz/kitosan filmi

ASTM D 5988-03 (Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation in Soil of Plastic Materials or Residual Plastic Materials After Composting)'e göre Laboratuvar ortamında kompostlama

Üç tekrarlı olarak toprak(kontrol), toprak-film, toprak-ticari streç film olmak üzere 100 g toprağa 0.2 g örnek içeren biyometre erlenleri hazırlanacaktır. Biyometre erlenlerinin nem oranı su eklenerek %60 olması sağlanacaktır. Kompostlanmanın gerçekleşmesi için C:N ayarlaması yapılacaktır. Gerekli C:N oranı 15:1'dir ve gerekli olan N miktarı amonyum dihidrojen fosfat çözeltisi eklenerek sağlanacaktır. Biyometre erlenlerinin üst tarafına sıcaklık kontrolü sağlamak amacı ile termometre yerleştirilecektir. Bozunma sırasında açığa çıkacak CO₂'i tutmak amacı ile 20 ml 0,5 N KOH çözeltisi eklenecek ve beherler karanlık ortamda beklemeye alınacak. Her üç günde bir, erlendeki KOH çözeltisinin fenolftaleinin dönüm noktasına kadar 0,25 N HCL çözeltisi ile titrasyonu yapılacaktır. Titrasyon işlemi boyunca erlenlerin ağzı açılacak ve hava alması sağlanacaktır. Titrasyon sonunda bölmeye yeni bir KOH çözeltisi eklenecektir.



CO₂, KOH ile yukarıdaki belirtilen denklem uyarınca tepkimeye girer ve potasyum karbonat çökeleği oluşacaktır. Karbondioksit ile tepkimeye girmeden kalan KOH miktarı ise 20 ml KOH çözeltisinin 0,25 N HCL ile titre edilmesi ile belirlenecektir.



Yukarıdaki her iki denklemden de görüldüğü üzere eşit mol KOH ile tepkimeye girileceği için 2 mol HCL 1 mol CO₂'ye denk olacaktır. Üretilen CO₂ miktarı

Analiz sonucu oluşacak CO₂ miktarı (mg) = (0,25N X (Z_t - Z₀) X 44) / 2

Z_t = Titrasyonda toprak için harcanan HCL hacmi (ml)

Z₀=titrasyonda örnek için harcanan HCL hacmi (ml)

Teorik olarak oluşması gereken CO₂ miktarı elementel analiz sonuçlarından C+O₂ tepkimesinde göre hesaplanacaktır.

$$\% \text{ Compostlama} = \frac{\text{gerçek CO}_2}{\text{teorik CO}_2} \times 100$$

olarak hesaplanacaktır. Kompostlanabilirlik için gerekli kimyasallar maddi destek alınmadığı ve kısıtlı süre nedeni ile gerçekleştirilememiştir. Projenin 2. Aşamayı geçmesi durumunda deney gerçekleştirilecektir fakat biyobozunur olduğu üstte belirtilen testler kapsamında kesinleştirilmiştir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü (15 puan)

Plastik üretiminde petrol kaynaklı maddeler kullanılır. Üretimleri sırasında atık olarak doğada uzun süre bozunmadan kalmaları, atmosfere karbon salınımını arttırmaları, toksik ve kanserojen etkileri ile besin zincirine dahil olup ekosistem için tehlike oluşturmaktadırlar [9]. Bununla birlikte her geçen yıl plastik üretimi artmaktadır. Küresel plastik üretimi 2017 senesinde 348 milyon ton iken bu sayı 1 yıl sonra 360 tonlara yaklaşmıştır. 1950 yıllarından itibaren plastik çağı başlamış ve böylece plastik atık kavramı ortaya çıkmış ve bu atıkların sadece yüzde 21'lik kısmı enerji üretiminde kullanılmış ve geri dönüştürülmüştür. Geriye kalanlar ise atık depolamalara ya da doğaya salınmıştır [10]. Yani rakamlara bakıldığında veriler gittikçe kötü bir sürece doğru yol aldığımızın bir işaretidir. Bu işaretle birlikte yavaş yavaş da olsa farkındalıklar ortaya çıkmaya, sıfır atık kavramı gündeme gelmeye başlandı ve ülkeler de bu konuda artık önemli adımlar atmaya karar verdi. Fakat plastiğin her alanda kullanılması ve bizim de ondan vazgeçmemiz de kolay kolay olmayacağı düşüncesiyle daha çevresel plastik ürünler nasıl üretebiliriz fikri ortaya çıktı. Çoğu plastik, petrol bazlı üretilmektedir. Sahip oldukları özellikleri onların ev eşyalarından uzay teknolojisine kadar birçok sektörde kullanılmasına olanak sağlar. Sentetik plastiklerin fiziksel kimyasal ve biyolojik bozunmaya karşı direnci, bizi plastik malzemelerin alternatifi olan sürdürülebilir ve doğal kaynaklardan üretilen petrol bazlı olmayan polimerlere itti. Aşağıdaki tabloda da petrol türevi olmayan polimerlerin avantajlarına değinilmiş, bu avantajlar dahilinde çalışmaya başlanmıştır. Bu çalışmada literatür taramalarında ortaya çıkan raporlardan farklı olarak, biyobozunur iki polimer; kitosan ve hidroksetilselüloz kullanılarak kompostlanabilir filmler üretilecektir. Ayrıca, bu filmlere farklı oranlarda kendi tarafımızca biyokütleden elde edilecek pektini eklenerek kompozit film üretilecektir. Filmler gerekli kimyasal, mekanik vb. ve kompostlanabilirlik açısından test edilecektir. Bu çalışmada ilk defa kitosan/hidroksetilselüloz/pektin'den kompozit film sentezlenecek ve kompostlanabilirliği test edilecektir. Kitosan/hidroksetilselüloz/pektin ilk kez bu amaçla birlikte kullanılacaktır. Bu çalışma özgün bir değere sahiptir, çünkü tercih edilen biyopolimerlerin pektin ile kullanıldığı daha önce kompostlanabilir film uygulaması yapılmamıştır. Bu çalışma sonucunda atıkların çevre dostu ve sürdürülebilir bir şekilde yeniden değerlendirilmesinde oldukça önemli bir katkıda bulunularak atıkların işlenmesi ve dünyadaki atık sorunun önüne geçilmesi sağlanacaktır. Buna ilaveten film sentezinde bir araya getirilen malzemelerin birbirinden farklı

olması, literatürden farklı yeni bir film sentezlenmesi, daha önce yürütülen çalışmalarla karşılaştırılması açısından ufuk açıcı olacağı düşünülmektedir.

6. Uygulanabilirlik (10 puan)

Biyokütleden pektin eldesi ve pektin katkıli kitosan/hidroksietilselüloz temelli kompostlanabilir film sentezinde elde edilen kompostlanabilir/biyobozunabilir filmler sayesinde plastıklere doğada kolayca ve kısa sürede bozunabilir özellik kazandırabilmesi ve atık sorununun minimize edilmesi baz alınarak üretilmiştir. Üretilen kompostlanabilir filmler ile birlikte ambalaj ile ilgilenen firmaların Ar-Ge merkezlerinin inovatif ürün çalışmalarında yer alan kompostlanabilir ambalaj araştırmaları için de uygulama potansiyeli olan bir ürün geliştirilmiş olacaktır. Bu sebeplerden dolayı önerilen projenin kompostlanabilir film sentezi konusunda literatürde ve uygulamada ambalaj sektöründe önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca tarım sektöründe gübre olarak, toprağın zenginleştirilmesinde kullanılabilir. Şehir hayatında bir kişinin günlük ürettiği atık miktarının yaklaşık 1.5 kg olduğu ve ayrıca bu miktarın yaklaşık %50- %60'lık bölümünü kompostlamaya uygun organik atıklardan oluştuğu düşünüldüğünde gerçekleşecek Ar-Ge projesinin tarım sektöründe de gübre olarak kullanımı söz konusu olacaktır.

Tablo 1: Plastiklerin karşılaştırılması

PLASTİKLER	Petrol Türevli	Petrol Türevli Olmayan
Bozunma	Doğal olarak bozunmazlar ve doğal bozunma maddeleri onları etkilemez.	Bakteri, su, hava toprak vb. gibi doğal ajanlar tarafından zamanla doğal olarak bozunurlar.
Bozunma Hızı	Malzemeler orijinalliklerini koruyabilir ve bozunmada başarısız olabilir veya süreç çok yavaş olabilir ve binlerce yıl sürebilir.	Bozunmaları petrol türevli plastıklere kıyasla çok daha hızlıdır.
Bertaraf	Kirliliği en aza indirmek için ayrıştırılması ve toplanması gerektiğinden, biyolojik olarak parçalanamayan atıkların bertarafı oldukça zor ve pahalıdır.	Malzemelerin çürümesi ve toprakla bütünleşmesi nedeniyle bertarafı kolaydır.
Etki	Çevreye zararlıdır.	Çevreye zararlı değildir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması (5 puan)

Projemizde bu rapor aşamasına kadar olan sürede BTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü Laboratuvar malzemeleri kullanılmıştır. Maliyet belirlenmesinde ilk etapta film içerisine konulacak malzemeler paket fiyatı üzerinden baz alınarak hesaplanmıştır. Gerekli mekanik testler akredite olmuş laboratuvarlarda gerçekleştirilecektir. Film üretimi formülasyonu en son hali belirlendiğinde net fiyat belli olacaktır. Seri üretime geçilmesi durumunda belirlenen maliyetin daha da düşeceği öngörülmektedir. Prototip ürünün elde edilmesinde kullanılacak sarf ve kimyasalların toplam maliyeti 26.905 olarak hesaplanmıştır. Yapılması öngörülen testler üniversitelerin laboratuvarlarında ortak çalışma olarak gerçekleştirilirse maliyette düşüş gözlemlenebilir. Proje için gerekli olan malzemeler ve tahmini maliyet aşağıda listelenmiştir.

Tablo 2: Ürün fiyat tablosu

Ürün	İstenen Miktar	Maliyet (TL)
Yüksek moleküler ağırlıklı Kitosan	250 g	5.708,94
Glutaraldehit solüsyonu	1L	1.138,52
Hidroksietil-selüloz	500 g	2.191,16
Asetik asit	2,5 L	170,24
2-Propanol	2,5 L	450,00
Hidroklorik asit	2,5 L	286,42
Amonyum Dihidrojen Fosfat	500 g	466,96
Potasyum hidroksit	500 g	511,22
Fenolftalein	100 g	839,66
	Toplam (% 18 KDV)	13.880,48

Tablo 3: İstenilen test fiyat tablosu

İstenen Testler	Adet	Fiyat (TL)
XRF Analizi	5	800
Elementel Analiz	10	800
Çekme Testi	10	1000
Termal Gravimetrik Analizör	10	3500
Diferansiyel Taramalı Kalorimetre	10	3500
Izod/Charpy-Darbe Testi	10	2100
Yırtılma Testi	10	1000
Atomik Kuvvet Mikroskobu	10	3500
Sertlik Testi-Shore A	10	1000
Taramalı Elektron Mikroskopu	10	4250
X Işını Kırınım Cihazı	10	3000
	Toplam (İndirimli)	13.025

Tablo 4: İş Paketi

İŞ PAKETLERİ	AYLAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
İP1:Turunçgil-Şekerpancarından Pektin sentezi												
İP2:Kitosan/Hidroksietilselüloz/Pektin Kompozit kompostlanabilir Film Üretimi												
İP3:Kompostlanabilir Film Karakterizasyonu												
İP4:Kompostlanabilirlik/Biyobozunabilirlik Testleri												

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar) (5 puan)

Her geçen gün gelişen plastik sektörü ve artan plastik atıkların etkisiyle tüketiciden üreticiye herkesi etkileyen proje özellikle tarım, gübre, gıda, çevre ve ambalaj sektöründeki gelişmeler kapsamında önem kazanmıştır. Hedef kitlesi olarak aslında belirli bir unsuru bulunmayıp herkesi etkilemektedir fakat özellikle gıda ambalaj ürünlerinin kompostlanabilir film olması amaçlandığından ambalaj üreticileri hedef kitesidir.

9. Riskler (10 puan)

Yapılan proje kapsamında oluşabilecek riskleri analizi gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki tabloda da B planları gösterilmiştir.



Tablo 5: Risk Tablosu

No	Riskler	B planı
1	Üretilen filmlerin mekanik testleri sonucunda ambalaj uygulamaları için uygun bulunmaması.	Filmlerin mekanik dayanımlarını iyileştirmek amacıyla film reçetesindeki maddelerin oranları değiştirilerek reçeteyi düzenleme, çapraz bağlanma yöntemi yerine başka bir yöntem kullanılması, farklı çapraz bağ ajanları kullanımı denenebilmektedir. Tekrar sonuç alınmazsa film sentezinde kullanılan polimerler değiştirilecektir [11].
2	Zayıf su buharı bariyerine sahip olması.	Su bariyeri özelliklerini iyileştirmek için, polisakarit matrislerine mikro ve nano boyutlarda farklı katkı maddeleri (polimer, kil, vd.) eklenecektir [12].
3	Filmlerin biyobozunur özellik sergilememesi	Biyobozunur özelliklerini geliştirmek için nişasta gibi farklı polimerler ya da katkı maddeleri eklenerek filmlerin biyobozunur özellikleri geliştirilmeye çalışılacaktır.

10. Kaynaklar (5 puan)

- Şabanoğlu, Melih (22.10.2020). "PLASTİK GEZEĞEN", ATLAS Dergisi
- Waste Statistic (23.12.2021). TURKISH STATISTICAL INSTITUTE, ANKARA
- Rochman, Chelsea M. And Browne, Mark A. (14.02.2013). "Classify Plastic Waste
- Solid Waste Management (11.02.2022). THE WORLD BANK, Washington, D.C.
- OECD, (22.02.2022). "Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options", Global Plastics Outlook
- Huun, Kate (10.12.2020). "Waste and its Contribution to Climate Change", Environmental Center University of Colorado Boulder
- United Nations Environment Programme (2021). From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. Nairobi.
- Review: Nanocomposites in Food Packaging AMIT ARORA AND G.W. PADUA
- Dergipark Sürdürülebilir Tasarım Yaklaşımı açısından Biyoplastiklerin İncelenmesi, Marmara Üniversitesi Dr. Öğr. Üyesi Esin Düzakın
- Bilim ve Teknik Dergisi, Şubat 2020, Plastikten Dost Olur Mu? -Biyoplastikler ve Yeni Eğilimler, Tuncay Baydemir
- Ye, S.; Zhu, Z.; Wen, Y.; Su, C.; Jiang, L.; He, S., and Shao W. (2019). Facile and green preparation of pectin/cellulose composite films with enhanced antibacterial and antioxidant behaviors.
- Arora A, Padua GW. (2010). Review: nanocomposites in food packaging.