



Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE ile Film Üretimi ve Karakterizasyonu

Biyokompozit Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans

Hülya Seven

ORCID 0000-0003-4088-5192

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Özgür SEYDİBEYOĞLU

Ocak 2023

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Hülya SEVEN** tarafından hazırlanan **Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İle Film Üretimi ve Karakterizasyonu** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Mehmet Özgür SEYDİBEYOĞLU**
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Kutlay SEVER
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Doç. Dr. Hüseyin Ata KARAVANA
Ege Üniversitesi

Savunma Tarihi: 30.01.2023

Yazarlık Beyanı

Ben, **Hülya Seven**, başlığı **Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İle Film Üretimi ve Karakterizasyonu** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans / Doktora derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih: 30.01.2023

Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE ile Film Üretimi ve Karakterizasyonu

ÖZ

Ambalaj endüstrisi yoğun petrokimyasal kaynak kullanımı, yüksek fiyat, düşük geri dönüştürülebilirlik kapasitesi gibi zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Çevre kirliliğindeki artış ve petrol kaynaklarının azalması sebebiyle, ambalaj üreticileri biyobozunur ve çevre dostu ambalaj malzemeleri geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında enginar sapları, AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE kullanılarak film elde edilmiştir. Enginar sapları ilk olarak kurutulmuştur ve daha sonra öğütülmüştür. Öğütülen enginar sapları sarsak elek yardımıyla 100 mesh ve 150 mesh altında kalan kalanlar olarak ikiye ayrılıp 100 mesh altı ince yapı, 150 mesh altı ise iri yapı olarak adlandırılmıştır.

Ağırlıkça %5-10-15 oranlarında ince ve iri yapıdaki enginar sapı ile AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE ile kompozit edilmiştir. Pres cihazı kullanılarak film elde edilmiştir. Elde edilen film için çekme ve kopma mukavemeti, FTIR, DSC, SEM, OTR analizleri yapılmıştır. Ayrıca partikül boyutunun, üretilen ambalaj malzemesinin mekanik, kimyasal ve termal özelliklerine etkisinin incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Enginar, AYPE, Geri Dönüştürülmüş AYPE

Production and Characterization of Film with LDPE, Recycled LDPE, and Artichoke Fibers

Abstract

The packaging industry has faced challenges such as intensive petrochemical resource use, high price, low recyclability. Due to the increase in environmental pollution and the decrease in oil resources, packaging manufacturers aim to develop biodegradable and environmentally friendly packaging materials.

Within the scope of this study, a film was obtained by using artichoke stems, LDPE and recycled LDPE. Artichoke stems were first dried and then ground. The grinded artichoke stems were divided into two as 100 mesh and those below 150 mesh with the a vibrating sieve, and those below 100 mesh were named as fine structure and below 150 mesh as coarse structure.

It is combined with LDPE and recycled LDPE, with fine and coarse artichoke stems at 5-10-15% by weight. The film was obtained by using a press device. Tensile test, FTIR, DSC, SEM, OTR analyzes were performed for the film obtained. In addition, the effect of particle size on the mechanical, chemical, and thermal properties of the produced packaging material was investigated.

Keywords: Artichoke, LDPE, Recycle LDPE

Teşekkür

Tez konumun belirlenmesi, çalışmalarımın yürütülmesi ve yazım aşamasında her türlü desteğini ve değerli zamanlarını esirgemeyerek beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Özgür SEYDİBEYOĞLU başta olmak üzere tez çalışmam süresinde yardım ve desteklerinden dolayı Arş. Gör. Miray Batıkan Kandemir'e, deneysel çalışmalar esnasında yardımcı olan Arş. Gör. Metehan ATAGÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı	ii
Öz	iii
Abstract	iv
Teşekkür	vi
Şekiller Listesi	x
Tablolar Listesi	xi
1 Giriş	1
1.1 Tezin Amacı.....	1
1.2 Tezin Kapsam ve Sınırlılıkları	2
2 Polimerler	3
2.1 Polimerlerin Sınıflandırılması.....	3
2.2.1 Polietilen.....	5
2.2 Atık Plastiklerin Geri Dönüşümü.....	5
2.2.1 Atık Azaltımı	6
2.2.2 Yeniden Kullanım	6
2.2.3 Geri dönüşüm.....	6
2.2.4 Dünyada ve Türkiye’de Plastik Atıklar	7
2.2.5 Plastik Atıkların Geri Dönüşüm Yöntemleri	8
3 Doğal Lifler ve Enginar Bitkisi	11
3.1 Dünya’da Enginar Üretimi	12
3.2 Atık Enginar Saplarının Değerlendirilmesi	14
4 Deneysel Çalışmalar	15
4.1 Malzemeler	15

4.2	Karakterizasyon Yöntemleri	18
4.2.1	Çekme ve Kopma Testi	18
4.2.2	Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)	19
4.2.3	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	19
4.2.4	Taramalı elektron mikroskobu (SEM)	20
4.2.5	Oksijen Geçirgenlik Oranı (OTR).....	20
5	Bulgular ve Sonuçlar	21
5.1	Çekme Testi	21
5.2	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC).....	26
5.3	Fourier Dönüşümlü Infrared Spektroskopisi (FT-IR)	29
5.4	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	33
5.5	Oksijen Geçirgenlik Oranı (OTR).....	34
6	Giriş	35
	Kaynaklar	36
	Özgeçmiş	40

Şekiller Listesi

Şekil 2.1	Etilenin polimerleşerek polietilene dönüşümü.....	3
Şekil 2.2	Polimerlerin gruplandırılması	4
Şekil 2.3	Kaynağına göre polimerlerin sınıflandırılması	4
Şekil 2.4	Atık Yönetiminde Uygulana Yöntem.....	7
Şekil 2.5	Plastiklerin geri dönüşüm aşamaları	9
Şekil 4.1	Çift vidalı ekstruder.....	16
Şekil 4.2	Pres Sonrası Elde Edilen Plakalar	16
Şekil 4.3	Pres işlemi sonrası elde edilen filmler.....	17
Şekil 4.4	Tez çalışmasında kullanılan hidrolik pres	17
Şekil 4.5	Çekme Testi Cihazı	18
Şekil 4.6	Mettler Toledo DSC 1 cihazı	19
Şekil 4.7	Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR cihazı	19
Şekil 4.8	Q150R ES Altın kaplama cihazı ve Zeiss Sigma 300 VP SEM cihazı	20
Şekil 5.1	AYPE İçerisinde İnce ve İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Çekme Mukavemeti Karşılaştırılması	22
Şekil 5.2	AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Çekme Mukavemeti Karşılaştırılması.....	23
Şekil 5.3	AYPE İçerisinde İnce ve İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Ortalama Kopma Mukavemeti Karşılaştırılması	25
Şekil 5.4	AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Ortalama Kopma Mukavemeti Karşılaştırılması	26
Şekil 5.5	AYPE İçerisinde İnce Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin DSC Eğrisi	28
Şekil 5.6	AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin DSC Eğrisi	28
Şekil 5.7	GAYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin DSC Eğrisi	29
Şekil 5.8	AYPE İçerisinde İnce Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin FTIR Spektrumları	30

Şekil 5.9: AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi için FTIR Spektrumları	32
Şekil 5.10: GAYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin FTIR Spektrumları	32
Şekil 5.11: İnce Yapı Enginar Sapı ve İri Yapı Enginar Sapı ile AYPE İçeren Filmlerin SEM Analizlerinin Karşılaştırılması.....	33
Şekil 5.12: İri Yapı Enginar Sapı ile AYPE ve Geri Dönüştürülmüş GAYPE İçeren Filmlerin SEM Analizlerinin Karşılaştırılması	34

Tablolar Listesi

Tablo 2.1 TÜDAM 2017 verilerine göre AB ülkelerinin atıklara yönelik ithalat ve ihracat verilerinin karşılaştırılması	8
Tablo 3.1 Orta büyüklükte bir enginar başının (128 gr) besin maddesi içeriği.....	11
Tablo 3.2 2006-2018 yılları arasında dünyada enginar üretimi	12
Tablo 3.3 2000-2018 yılları arasında Türkiye’de enginar üretimi	13
Tablo 4.1 Hazırlanan Filmlerin Oranlara Ait Formül Yapısı.....	15
Tablo 5.1 Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçin Çekme Mukavemeti Sonuçları	21
Tablo 5.2 Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçin Kopma Mukavemeti Sonuçları	24
Tablo 5.3 AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçeren Filmler İçin Diferansiyal Taramalı Kalorimetre (DSC) testi	27
Tablo 5.4 Oksijen Geçirgenlik Oranı Testi	34

Bölüm 1

Giriş

Günümüzde plastiğin yaygın kullanımını nedeniyle plastik atık miktarı her geçen gün artmaktadır. Plastik atıkları önlemenin en etkili yolu ilk olarak kaynağında azaltmaktır. Plastik atıkları önlemenin en etkili yolu ilk olarak kaynağında azaltmaktır. Atık azaltmayı güçlendirmenin bir yolu, kullanım ömrünün sonuna gelen plastik atıkları minimum tüketimden sonra yeniden kullanmak veya çeşitli endüstri işlevlerinde kullanılmak üzere geri dönüştürmektir. Plastik kullanımının azaltılması, kullanılmış plastik ürünlerin geri dönüştürülmesi ve atık oranının düşürülmesi ile ülke ekonomisine de büyük fayda sağlanmaktadır [1].

Çevre sorunlarını önleyebilmek için sentetik ambalaj malzemeleri yerine biyobozunur gıda ambalaj malzemelerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Biyobozunur ambalaj malzemeleri, plastik ambalajların aksine kullanım ömürleri dolduktan sonra doğa ile karışarak çevre kirliliğini azaltmakta ve geride zehirli veya tehlikeli kalıntılar bırakmamaktadır. Çünkü biyobozunur ambalaj malzemeleri selüloz, nişasta, protein gibi doğal kaynaklar kullanılarak elde edilir. Biyoplastiklere olan ilgi her geçen gün artmakta ve biyolojik olarak parçalanabilen, biyoyumlu ve doğa dostu polimerlerin sentezlenmesi ve polimer kimyasındaki uygulamaları sonucunda bu konuda daha derinlemesine tartışmalara ihtiyaç duyulmaktadır [2].

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında öğütülmüş enginar sapı, polietilen ve geri dönüştürülmüş polietilen kullanılarak ambalaj üretilmiştir ve aşağıdaki maddeler amaçlanmıştır.

- Enginar sapı katkısı içeren alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) için mekanik, kimyasal ve termal özelliklerinin incelenmesi
- Enginar sapı katkısı içeren geri dönüştürülmüş AYPE için mekanik, kimyasal ve termal özelliklerinin incelenmesi
- Partikül boyutunun, üretilen ambalaj malzemesinin mekanik, kimyasal ve termal özelliklerine etkisinin incelenmesi
- Geri dönüştürülmüş polietilenin ve atık enginar saplarının ekonomiye kazandırılması

1.2 Tezin Kapsam ve Sınırlılıkları

Bu çalışma kapsamında enginar saplarının ambalaj endüstrisinde değerlendirilmesi ile ekonomik değer katması ve doğal kaynakların korunması bakımından önem kazandırmaktadır. Mekanik işlemler ile öğütülerek partikül boyutuna göre polietilen üzerindeki gösterdiği fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi önemlidir.

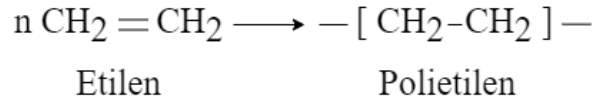
Bu tez kapsamında enginar saplarının AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE ile film oluşturma kabiliyetinin önemi belirlenecektir. Literatür araştırıldığında farklı bir yöntem kullanılarak enginar yapraklarından biyofilm çalışılmıştır ve yüzey özellikleri incelenmiştir, karakterizasyonu incelenmemiştir. Kullanılan yöntem biyoplastik yapımında esas olarak önce reçetelerdeki sıvı haldeki malzemeler sonra katı malzemeler eklenmiş ve 10 dak. sürekli karıştırılarak pişirilmiştir. Daha sonra farklı dokulara sahip plastik yüzeyler üzerine dökülerek, spatula yardımıyla yüzeye yayılarak kurumaya bırakılmıştır. Yapılan bu çalışmada 1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yarı yumuşak, yüksek dayanım, yeşil renkli, kurudukça 1 hafta sonunda renkte koyulaşma, sertleşme, büzülme gözlemlenmiştir [3].

Başka bir literatür çalışmasında yüksek yoğunluklu polietilen içerisine enginar yaprağı tozu katarak bir polimer kompoziti elde etmişler ve enginar yaprağı toz oranının artmasıyla kompozitin çekme mukavemeti değerinin arttığını belirlemişlerdir [4].

Bölüm 2

Polimerler

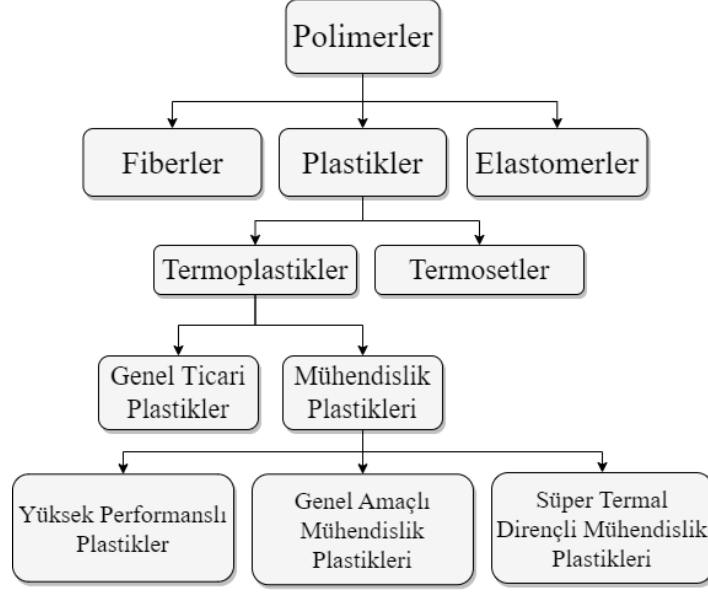
Polimerler, birbirine kovalent bağlarla bağlanmış birçok küçük molekülden makromoleküller oluşur. Monomerler küçük moleküller birbirleriyle kimyasal bağlar oluşturarak uygun koşullar altında polimerizasyon reaksiyonu sonucunda polimer moleküllerine dönüşürler [5]. Etilenin polimer tepkimesi sonucu polietilene dönüşüm tepkimesi Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Etilenin polimerleşerek polietilene dönüşümü

2.1 Polimerlerin Sınıflandırılması

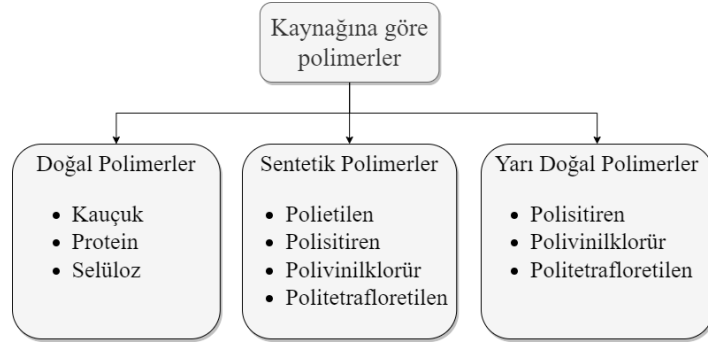
Polimerler genel olarak üç grupta sınıflandırılabilir; bunlar fiberler, elastomerler ve plastiklerdir. Termoplastikler ve termosetler ise plastiklerin iki ayrı sınıflandırılmasıdır. Termoplastikler tekrar tekrar ısıtılıp soğutulurken özelliklerini kaybetmezler. Fiziksel olan bu tepkimeler aynı zamanda tersinirdir. Termosetler ise ısı ile yalnızca bir kez şekillendirilebilir, tekrar ısıtıldığında erimezler ve aşırı ısıtıldıklarında bozunurlar. Polietilen ve polipropilen termoplastik malzemeler grubu içerisinde sıklıkla kullanılan plastik çeşitleridir [6].



Şekil 2.2: Polimerlerin gruplandırılması [7]

Bileşenlerin kaynağına polimerler incelendiğinde sentetik, doğal ve yarı doğal olarak gruplandırılabilir.

Doğal polimerler doğada kendiliğinden oluşan polimer grubudur ve insanlar bunları eski zamanlardan beri çeşitli alanlarda kullanmışlardır. Birçok farklı doğal polimer vardır. Doğada en çok bulunan polimer bitki ve ağaçların temel yapısını oluşturan selülozdur.



Şekil 2.3: Kaynağına göre polimerlerin sınıflandırılması [8]

Sentetik polimerler petrol bazlı polimerlerdir. Dünyadaki petrolün %2'si polimer sanayinde kullanılmaktadır. Günümüzde polimer sentezinin geliştirilme çalışmaları hızlanarak devam etmekte ve bu sayede polimer grupları genişlemektedir.

Yarı doğal polimerler uygun işlemlerle doğal polimerlerin kimyasal yapılarının değiştirilmesi ile elde edilen polimerlerdir. Bu kimyasal yapı değişimi ile oluşan yeni polimer ana polimerden farklı özelliklere sahip olabilir [9].

2.2.1 Polietilen

Polietilen, yarı şeffaf termoplastik malzemedir. Yüksek sıcaklık ve basınç altında etilenin polimerizasyonu sonucunda elde edilir. Polietilenin mekanik özellikleri moleküler ağırlığına, kristal yapısına ve polimer zincir uzunluğuna bağlıdır. Aşağıda kısa zincirler daha kırılabilir bir yapıya sahipken, daha uzun zincirler daha sert bir yapıya sahiptir [10].

Polietilen genel olarak; alçak yoğunluklu polietilen ve yüksek yoğunluklu polietilen olarak iki temel gruba ayrılabilir.

AYPE serbest radikal zincir polimerizasyon yöntemi kullanılarak sentezlenir ve LDPE'ye kıyasla daha çok dallanma gözlenen bir polimerdir. Bu moleküllerde dallanmalar kısa ya da uzun olabilir ve bu dallanmalar polietilenin fiziksel özelliklerini etkiler. Dallanma miktarı arttıkça polimerin yoğunluğu arttırmaktadır. Alçak yoğunluklu polietilenin yoğunluğu $0,916 \text{ g/cm}^3$, yüksek yoğunluklu polietilenin yoğunluğu ise $0,961 \text{ g/cm}^3$ dir. Yoğun dallanmış polimerlerin kristal bir yapı oluşturması çok zordur. Bu sebeple düşük yoğunluklu polietilen incelendiğinde yüksek yoğunluklu polietilen ile kıyaslandığında daha düşük kristallenme görülmektedir. AYPE %40-60 arası kristalleşir ve camsı geçiş sıcaklığı yaklaşık (T_g) -120°C 'dir. Bir polimer olarak, yaklaşık 110°C 'lik bir kristalin erime sıcaklığı ile iyi bir kristalliğe sahiptir. Çok düşük camsı geçiş sıcaklığı ve nispeten yüksek kristalliği nedeniyle geniş bir sıcaklık aralığında kullanım potansiyeline sahiptir [7].

Polietilenler; sera örtüleri, çöp ve gübre torbaları, endüstriyel film, enjeksiyon ürünleri, kablo ve elektrik elektronik yalıtımında, boru, mutfak eşyaları, oyuncaklar, metal üzerine kaplamalar gibi birçok alanda kullanılır. Ayrıca, asit ve baza dayanımları yüksek olması sebebiyle kimya sanayisinde ambalaj ve yüzey kaplamada bir çok alanda kullanılmaktadır [8].

2.2 Atık Plastiklerin Geri Dönüşümü

Günümüzde her alanda plastiklerin kullanılması sebebiyle atık miktarı da her geçen gün artmaktadır. Ürünlerin atık yönetiminde "azalt-yeniden kullan-geri dönüştür-yok

et” hiyerarşik ilkesi önemli bir yere sahiptir. Atık yönetim stratejileri, atığın geri kazanım durumuna göre şu şekilde gruplandırılabilir:

- Atık üretiminin azaltılması (reduce)
- Atıkların yeniden değerlendirilmesi (reuse)
- Yeniden değerlendirmeye uygun olmayan atıkların geri dönüştürülmesi (recycle-downcycle)
- Termal uygulama yöntemi kullanılarak enerji kazanımının sağlanması (incineration)
- Depolama (land filling) [11]

2.2.1 Atık Azaltımı

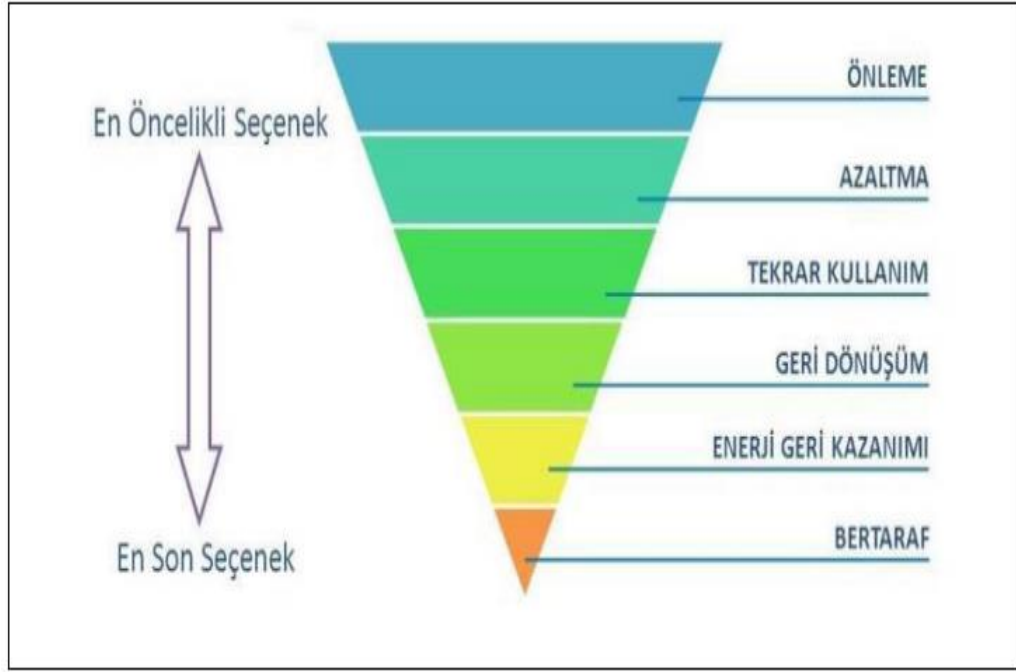
Kullanılan atık miktarının azaltılması gerekmektedir. Atıklar azaltılarak atık toplayan sektörlere daha az ihtiyaç duyulması sağlanabilir. Üretim prosesleri ve ürün tasarımı optimize edilerek atık miktarı azaltılabilir. Atık miktarı azaltılarak çevre kirliliği azaltılabilir ve doğal kaynaklar korunabilir [12].

2.2.2 Yeniden Kullanım

Birincil işlevini iyi yapan ve başka amaçlar için kullanılan maddeler bu kapsama girer. Sıklıkla uygulanan yeniden kullanım stratejisi, cam veya polietilen tereftalat (PET) su şişelerinin biriktirilmesidir [12].

2.2.3 Geri dönüşüm

Kullanılmış malzemeleri veya atıkları geri dönüştürme işlemidir. Geri dönüşüm sırasında, yeni ürünler elde etmek için malzemeler ana bileşenlerine ayrılır. Metaller, plastikler, cam ve e-atık yerine geri dönüşüm tercih edilir. Bunların saf ham maddelerden üretilmesi daha pahalıdır. Organik maddeden elde edilen kompost, bahçe toprağını zenginleştirir ve tarımsal üretimin gelişmesine yardımcı olur [12].



Şekil 2.4: Atık Yönetiminde Uygulana Yöntem [13]

2.2.4 Dünyada ve Türkiye’de Plastik Atıklar

TÜDAM (Türkiye Geri Dönüşümlü Atık Malzemeler Sanayicileri Derneği) Aralık 2017 verileri incelendiğinde, Türkiye'nin %20'lik ambalaj atığı toplama oranı ile Avrupa'da sonuncu sıradadır. Bu durum, başta kağıt ve plastik mamullerde olmak üzere, üretim için önemli ölçüde ithalat yapılmasını gerektirmekte ve önemli bir dış ticaret açığına neden olmaktadır. 2017 verilerine bakıldığında Türkiye 197.840-ton plastik ve 577.361ton kâğıt atık ithal etmek durumunda kalmıştır ve 131,5 milyon € dış ticaret açığına sahip olmuştur. Bu, atık bertarafı için düzenli depolama alanlarının çoğunluğunun kötüye kullanıldığını ve kullanım ömürleri sona ermeden kullanılamaz hale geldiğini kanıtlamaktadır. Avrupa ülkeleri ve Türkiye'nin atık toplama verilerinin kıyaslanması Tablo 2.1'de verilmiştir. Türkiye'nin ambalaj atığı toplama oranı 2023 yılına kadar %60'a çıkarsa yaratılan değer 656 milyon Euro'ya ulaşması beklenmektedir. Bu atıkların hammadde, atık yönetimi endüstrisinin ulusal bir piyasa içinde yer aldığı ve dögüsel ekonominin de gerçekte önemli bir strateji olduğunu açıkça göstermektedir [14].

Tablo 2.1: TÜDAM 2017 verilerine göre AB ülkelerinin atıklara yönelik ithalat ve ihracat verilerinin karşılaştırılması [14]

ÜLKE	Nüfus (milyon)	Ambalaj Atığı Toplama Oranı (%)	Oluşan Ambalaj Atığı Miktarı (milyon/ton)	Toplam Ambalaj Atığı Miktarı (milyon ton)	Toplam Atık İthalatı (milyon/ton)	Toplam Atık İthalatı (milyon €)	Toplam Atık İhracatı (milyon ton)	Toplam Atık İhracatı (milyon €)	Dış Ticaret Fazlası/Açığı (milyon €)
Türkiye	80	20	6	1,2	0,775	150,6	0,044	19,015	-131,6
Almanya	82,8	97	18,1	17,6	1,229	878,9	2,804	1.272,20	393,3
Fransa	67	75	12,5	9,4	0,342	165,9	1,606	516,9	330,2
İtalya	60	78	12,3	9,5	0,539	386,2	1,774	447,1	60,8
İngiltere	65,8	65	11,4	7,4	0,081	135,7	10,434	3.166,08	3.030,30
İspanya	46,7	73	7,1	5,2	0,871	405,8	1.196,57	449,6	43,7
Polonya	37,9	60	5	3	0,122	49,4	0,284	111,6	62,168
Hollanda	17	95	3	2,8	0,655	519	4,091	1.500,70	981,7
Belçika	11	99	1,7	1,7	0,125	258,1	3,032	778	519,9
Portekiz	10,3	60	1,6	0,954	0,083	19,4	0,0749	39,1	19,7
Yunanistan	10,7	60	0,742	0,45	0,186	151,6	0,351	67,9	-83,7

2.2.5 Plastik Atıkların Geri Dönüşüm Yöntemleri

Plastikler iki ana yöntem kullanılarak geri dönüştürülmektedir. Bu yöntemler mekanik ve kimyasal geri dönüşümdür.

Mekanik geri dönüşüm sürecinde, plastik atıklar önce geri dönüşüm kutularından toplanır ve bir geri dönüşüm tesisine taşınır. Atık plastikte birlikte bulunan cam ve metaller yıkandıktan sonra cinslerine göre ayrılmaktadır. Farklı plastik türleri, kimyasal bileşimlerine bağlı olarak farklı şekilde geri dönüştürülür. Plastikler türüne göre sıraladıktan sonra yıkanır. Temizlik aşamasında plastik üzerindeki etiketler ve yemek artıkları temizlenir. Yıkanan plastikler kururlur ve kırma makinesi yardımı ile parçalayarak küçültülür. Ekstruder, kurutulmuş plastik parçaları ısıtır ve eritir. Erimiş plastik, makinenin uç kısmındaki farklı şekilli uçlarla biçimlendirilir. Makineden çıkan yarı akışkan plastik tamamen soğutulur, katı hale getirilir ve istenilen ebat ve ölçülerde kesilir. Geri dönüştürülen plastikler, plastik malzeme üretiminde yeniden kullanılmak üzere firmalara gönderilir [15].



Şekil 2.5: Plastiklerin geri dönüşüm aşamaları [15]

Kimyasal geri dönüşüm, geri dönüştürülmesi zor olan veya mekanik yöntemler ile geri dönüştürülmesi ekonomik açıdan zararlı plastikler için kullanılan bir yöntemdir. Kimyasal geri dönüşüm sürecinde üç farklı yöntem uygulanabilir. Bunlar saflaştırma, depolimerizasyon ve ham madde geri dönüşüm yöntemleri olarak sınıflandırılabilir. Saflaştırma yönteminde çeşitli plastik çeşitleri uygun çözücüler yardımıyla çözündürülür. Bu yöntem ile plastikler içerisinde çözünemeyen yabancı maddeler ve diğer atıklar ayrıştırılabilir. Arındırma işleminden sonra kristalize edilerek çözücüden ayrıştırılır ve yeniden kullanılabilmesi için Bu yöntem daha çok polivinil klorür (PVC), polistiren (PS), polietilen (PE) ve polipropilen (PP) için kullanılır. Depolimerizasyon yönteminde çözücüler, kimyasal ve sıcaklık etkisiyle geri dönüştürülecek plastiğin monomerlerine veya oligomerlerine ayırırlar. Hammadde geri dönüşüm yönteminde ise piroliz, gazlaştırma ya da hidrotermal işlemi uygulanır. Piroliz işlemi sırasında plastik, oksijensiz bir ortamda yüksek sıcaklıklara maruz bırakılarak hidrokarbonlarına parçalanır. Plastikler, sentetik ham petrole bu sürecin sonunda geri dönüştürülebilir. Plastik, gazlaştırma işlemi sırasında çok yüksek bir sıcaklığa ve düşük oksijenli bir ortama tabi tutulur ve ve bunun sonucunda plastik,

hidrojen, karbon monoksit ve metan gibi gazlara dönüştürülür. Hidrotermal işleme olarak bilinen bir süreçte, plastikte reaksiyona girmek için sıcak basınçlı su kullanılır ve bu işlem sonucunda plastikten monomerlerin ve diğer kimyasalların üretilmesi sağlanır

Atık plastiklerin geri dönüşümünün avantajlarından aşağıdaki gibidir:

- Çevrenin korunmasına katkı sağlar.
- Daha az doğal madde tüketimi gerçekleşir
- Kaynaklar daha ekonomik olarak kullanılır.
- Geri dönüşüm atıklarını toparlayanlara ekonomik fayda sunar.
- Geri dönüşüm malzemeleri ile ayrı bir ekonomik değer üretilir
- Çevre kirliliğinin azalmasını sağlar.
- İnsan sağlığına zarar verecek çöp atıklara engellenebilir.
- Enerji verimliliğini artırır.
- Ekonomiye katkısından dolayı güçlü ekonomi oluşmasına katkı sağlar.
- Ayrı bir alan oluşturarak iş kapısı oluşturur

Plastik kirliliğini önlemek için bireysel olarak aşağıdaki yöntemler izlenebilir:

- Kullandığımız plastiği ilgili geri dönüşüm kutusuna atabiliriz.
- Alışveriş için naylon poşetler yerine alışveriş çantalarını kullanabiliriz.
- Tek kullanımlık plastik şişeler yerine yeniden kullanılabilir şişeleri tercih edebiliriz.
- Plastik yerine cam ürünleri kullanabiliriz.
- Tek kullanımlık pipetler yerine yeniden kullanılabilir ya da kâğıt pipetleri tercih edebiliriz.
- Sentetik kumaşlar yerine pamuklu, yünlü veya bambu gibi doğal kumaşları tercih edebiliriz [15].

Bölüm 3

Doğal Lif ve Enginar Bitkisi

Ülkemizde en çok yaygın olarak üretilen ve insan sağlığı için faydalı olan enginar türü Sakız ve Bayrampaşa enginarıdır. Enginar üretimi Türkiye’de İzmir, Bursa ve İstanbul bölgelerinde daha çok yetişen bir sebze türüdür. Enginar toprak altı gövdesi çok yıllık, toprak üstü organları tek yıllık olan baş ve yapraklarından çeşitli şekillerde faydalanılan bir sebze türüdür. Açmamış çiçeklerin iri, etli tabanı ve enginar başının bract veya etli alt kısımları enginarın yenilebilir kısımlarıdır. Taze yenilmesinin yanı sıra konserve ve derin dondurulmuş olarak tüketilebilir [16].

Tablo 3.1: Orta büyüklükte bir enginar başının (128 gr) besin maddesi içeriği[16]

BESİN İÇERİĞİ	BİRİMİ	MİKTAR	BESİN İÇERİĞİ	BİRİMİ	MİKTAR
SU	g	108,7	C Vitamini	mg	14,98
ENERJİ	kcal	600,2	Thiamin	mg	0,092
PROTEİN	g	4,26	Riboflavin	mg	0,084
TOPLAM YAĞ	g	0,992	Niacin	mg	1,34
KARBONHİDRAT	g	13,45	Pantothenik Asit	mg	0,433
LİF	g	6,91	B6 Vitamini	mg	0,148
KALSİYİM	mg	56,32	Folik Asit	mg	87
DEMİR	mg	1,64	B12 Vitamini	mcg	0
MAGNEZYUM	mg	76,8	A Vitamini	IU	236,8
FOSFOR	mg	115,2	E Vitamini	Mg-ATE	0,243
POTASYUM	mg	473,6	Yağ Asitleri, Doymuş	g	0,045
SODYUM	mg	120,3	Yağ Asitleri, Yarı Doymuş	g	0,006
ÇİNKO	mg	0,627	Yağ Asitleri, Doymamış	g	0,081
BAKIR	mg	2,96	Kolesterol	mg	0
SELENYUM	mcg	0,256	-	-	-

3.1 Dünya’da Enginar Üretimi

Dünya Gıda Örgütü (FAO), 2018 yılında dünyada 1.273.690 dekar alanda toplam 1.678.872 ton enginarın üretildiğini bildirmektedir. Yine aynı verilere göre dünya enginar üretimi 2000 yılı üretimi 100 kabul edilirse, 2004 yılından beri her yıl düzenli olarak artış göstererek 2018 yılı itibariyle %26,17 oranında gerçekleşmiştir[16].

2018 itibariyle dünyada enginar yetiştiren 32 ülke vardır ve bunların içinde 100.000 tonun üzerinde üretim yapan 6 ülke toplam enginar üretiminin ¾’ünü (%78,14) karşılamaktadır [16].

Enginar üreten ilk beş ülke, İtalya, Mısır, Peru, Cezayir, Arjantindir. Türkiye’nin enginar üretimi ise 2014 yılından bu yana 32.701 tonla 39.477 ton arasında gidip gelen üretimiyle 32 ülke arasında düzenli olarak 11. Sırada yer almıştır [18].

Tablo 3.2: 2006-2018 yılları arasında dünyada enginar üretimi
Dünya’da Enginar Üretimi [16]

YILLAR	DÜNYA				
	Dekar	Endeks	Ton	Endeks	Verimlilik (ton/dekar)
2006	1.305.070	106,48	1.442.063	106,87	1,08
2007	1.335.690	108,98	1.489.355	111,94	1,11
2008	1.304.370	106,43	1.488.583	111,87	1,14
2009	1.302.710	106,29	1.518.398	114,11	1,16
2010	1.275.130	104,04	1.460.173	109,73	1,14
2011	1.294.830	105,65	1.541.071	115,81	1,19
2012	1.248.110	101,84	1.626.585	122,24	1,3
2013	1.289.470	105,21	1.613.385	121,25	1,25
2014	1.282.370	104,63	1.573.363	118,24	1,22
2015	1.169.200	95,4	14.548.417	109,33	1,24
2016	1.220.840	99,61	1.418.886	106,63	1,16
2017	1.292.600	105,47	1.670.861	125,57	1,29
2018	1.273.690	103,92	1.678.872	126,17	1,31

Türkiye’de enginar üretimi en çok İzmir, Aydın, Manisa, Bursa, Sakarya, Antalya, Bolu, Adana ve Muğla illerinde yaygın olarak görülmektedir [17].

Türkiye’de başlıca Sakız ce Bayrampaşa enginarı olmak üzere iki yerli enginar çeşidi bulunmaktadır.

Ekim yapılan arazi miktarı 2000 yılından sonra 20 yıllık sürede yaklaşık %59 oranında artmıştır. Ekim yapılan arazi miktarı 2018 yılında artmıştır (29.574 dekar) ve 2000 yılında 100 olan artış endeksinin ise 2019 yılı itibariyle 154,63 düzeyine kadar yükselmiştir

Enginar üretimi aynı sürede yaklaşık %59 oranında artmıştır ve en çok üretim 39.071 ton ile 2019 yılında gerçekleşmiştir. 2000 yılında 100 olan artış endeksinin 2019 yılı itibariyle 159,47 düzeyine yükselmiştir.

Tablo 3.3: 2000-2018 yılları arasında Türkiye’de enginar üretimi [17]

YILLAR	TÜRKİYE					
	Ekilen Dekar	Endeks	Üretim(Ton)	İndeks	Dünya İçindeki Üretim Payı	Verimlilik (ton/dekar)
2000	18.58	100	24.500	100	1,84	1,31
2001	19.99	107,58	26.500	108,16	2,1	1,32
2002	20.63	111,03	27.000	110,2	2,11	1,3
2003	21.81	117,39	28.000	114,28	2,18	1,28
2004	23.81	126,85	30.000	122,44	2,19	1,27
2005	23.57	149,56	36.000	146,93	2,8	1,29
2006	27.79	157,43	35.007	142,88	2,45	1,19
2007	29.25	152,62	33.807	137,98	2,26	1,19
2008	28.35	153,7	36.320	148,24	2,43	1,27
2009	28.55	156,28	34.859	142,28	2,29	1,2
2010	29.13	127,25	29.070	118,65	1,99	1,22
2011	23.64	138,04	33.460	136,57	2,17	1,3
2012	25.22	135,75	32.173	131,31	1,97	1,27
2013	26.66	143,48	34.014	138,83	2,1	1,29
2014	25.80	144,25	34.576	141,12	2,19	1,28
2015	25.72	138,44	32.701	133,47	2,24	1,28
2016	38.35	152,6	36.368	145,44	2,56	1,28
2017	29.56	159,1	38.431	156,86	2,3	1,28
2018	29.57	159,17	39.477	161,13	2,35	1,28
2019	28.73	154,63	39.071	159,47		1,35

2000-2018 yılları arasında üretimi yapılan enginar miktarının dünya enginar üretimi içindeki miktarına baktığımızda 2005 yılında dünya genelinde üretilen toplam miktarın %1,84 ie %2,80'I Türkiye'nin ürettiğini görülmüştür. En yüksek pay olarak üretilen enginar miktarını 36.000 ton (%2,80) olarak değerlendirebiliriz [17].

3.2 Atık Enginar Saplarının Değerlendirilmesi

Yapraklı enginar saplarının gerek silo katkı maddesi kullanılmadan gerekse melas, buğday kırığı, pamuk tohumu küspesi ve üre gibi enerji ve protein kaynaklarının ilave edilerek silolanması durumunda 'Pekiyi' nitelikli bir silaj elde edilebilir. Gerek yem enerji içeriği ve gerekse sindirilebilir ham besin madde oranı ile ruminantların beslenmesinde kullanılan diğer bazı kaba yemlere göre yem değerinin nispeten iyi olduğu açıktır. Ülkemizin kaba yem sıkıntısı içerisinde olduğu dikkate alındığında, yem değeri düşük saman, sap, kavuz ve kapçığa karşı ruminantların beslenmesinde alternatif bir kaba yem kaynağı olarak kullanımı mümkün gözükmektedir. Özellikle enginar tarımının yoğun bir şekilde yapıldığı Ege Bölgesi'nde, insan tüketimi için baş ve kolları alındıktan sonra tarlada kalan yapraklı enginar saplarının kaba yem kaynağı olarak hayvan beslemede kullanılması gerek işletme gerekse ülke ekonomisi açısından önem taşımaktadır [18].

Bölüm 4

Deneysel Çalışmalar

4.1 Malzemeler

Tez çalışmasında, film üretiminde kullanılan polietilen Dow firmasından, geri dönüştürülmüş polietilen ise Koroza Ambalaj Geri Dönüşüm Üretim Tesisi'nden alınmıştır. Enginar sapları Aydın Gölhisar ilçesinden toplanmıştır.

Toplanan enginar sapları ev tipi baharat öğütücüyle öğütülmüştür. Öğütme işleminden sonra 100 mesh ve 150 mesh aralığında olan sarsak eleklerden (İzmir Kâtip Çelebi üniversitesi laboratuvarında) geçirilmiştir. Bu tezde 100 mesh üstünde kalan enginar sapları ince yapı, 150 mesh üstünde kalan enginar sapları ise kalın yapı olarak adlandırılmıştır. Belirli oranlarda polietilen ile karıştırılarak çıkan sonuçlar gözlenmiştir. Hazırlanan filmlerin oranlara ait formül yapısı Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Hazırlanan Filmlerin Oranlara Ait Formül Yapısı

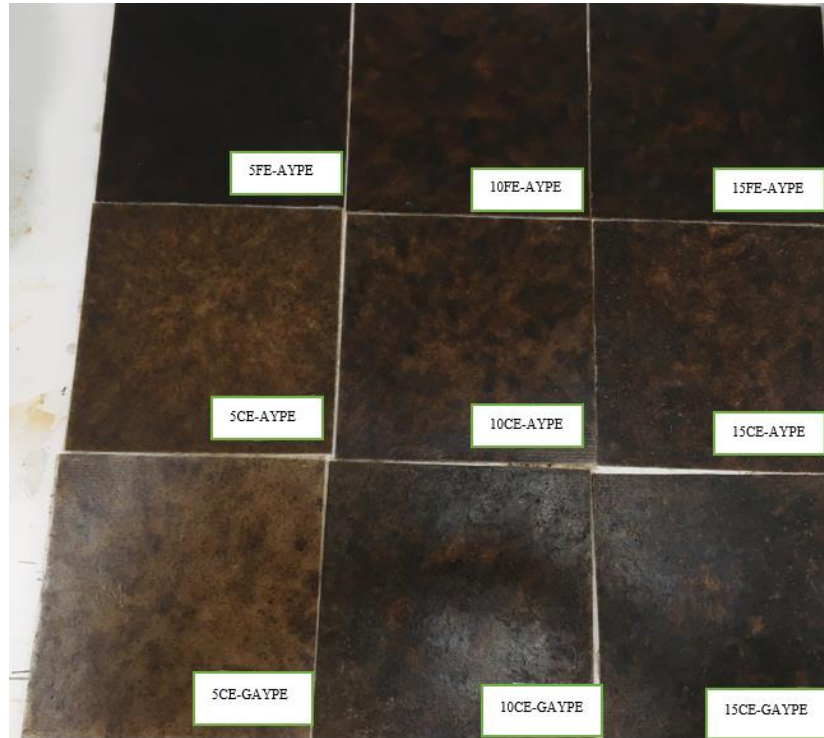
	KÜTLECE BİLEŞİM (%)		NUMUNE ADI
1. Formül	%5 İnce Yapı Enginar Sapı	% 95 AYPE	5FE-AYPE
2. Formül	%10 İnce Yapı Enginar Sapı	%90 AYPE	10FE-AYPE
3. Formül	%15 İnce Yapı Enginar Sapı	%85 AYPE	15FE-AYPE
4. Formül	%5 Kaba Yapı Enginar Sapı	% 95 AYPE	5CE-AYPE
5. Formül	%10 Kaba Yapı Enginar Sapı	%90 AYPE	10CE-AYPE
6. Formül	%15 Kaba Yapı Enginar Sapı	%85 AYPE	15CE-AYPE
7. Formül	%5 Kaba Yapı Enginar Sapı	% 95 Geri Dönüşüm AYPE	5CE-GAYPE
8. Formül	%10 Kaba Yapı Enginar Sapı	% 90 Geri Dönüşüm AYPE	10CE-GAYPE
9. Formül	%15 Kaba Yapı Enginar Sapı	% 85 Geri Dönüşüm AYPE	15CE-GAYPE
10. Formül	-	%100 AYPE	AYPE
11. Formül	-	%100 Geri Dönüşüm AYPE	GAYPE

Kompond üretiminde, laboratuvar ölçekli çift vidalı Labtech marka ekstruder kullanılmıştır. (Şekil 4.1). Ön denemeler sonucu karıştırma hızı 100 rpm, karıştırma sıcaklığı ise 120°C olarak belirlenmiştir. 1 dakika besleme ve 3 dakika karıştırma olmak üzere toplam 4 dakika karıştırma süresi kullanılmıştır.

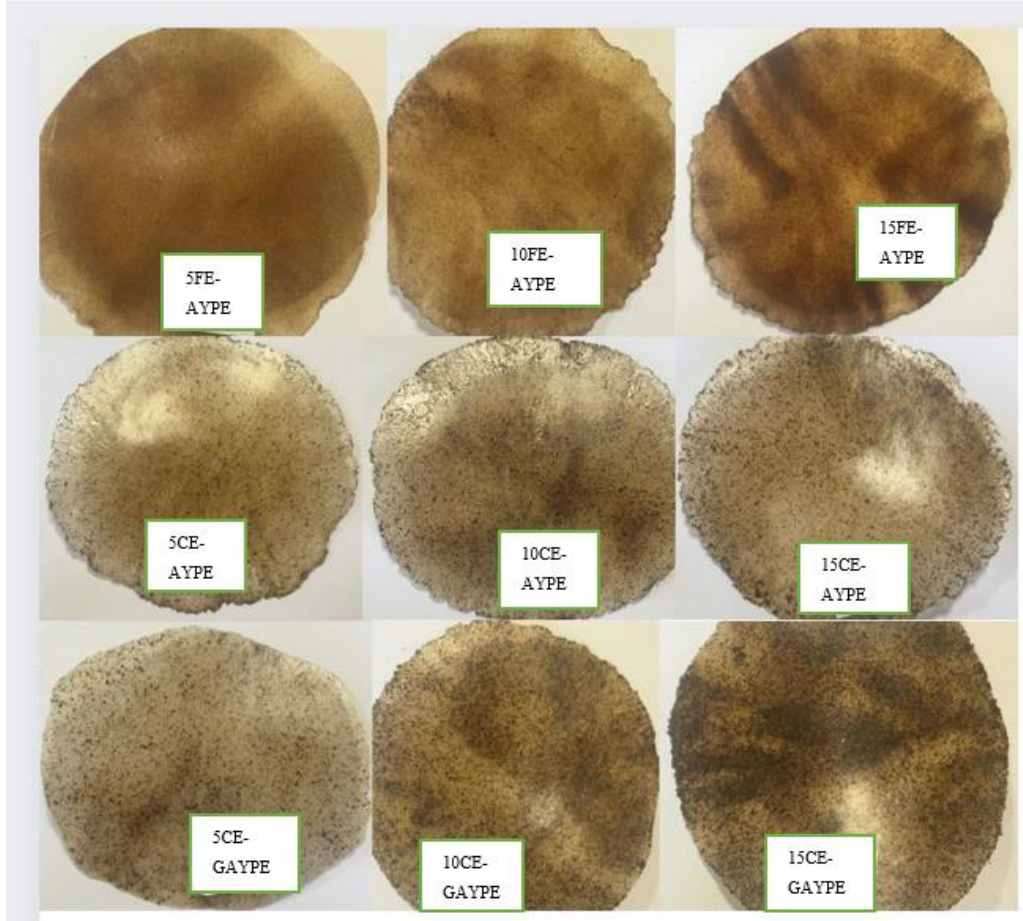


Şekil 4.1: Çift vidalı ekstruder

Ekstrüderden alınan eriyik malzeme kesilerek granül haline getirilmiştir. Granüller teflon levhalar arasındaki kalıp boşluğuna (15 cm x 15 cm) yerleştirilmiştir. Ön ısıtma 135°C, preste pişme zamanı 20 saniyede ve soğutma zamanı 2 dakikada gerçekleştirilmiştir. (Şekil 4.2) Plakalardan parça alınarak (5 cm x 5 cm) aynı işlem ikinci defa gerçekleştirilmiş ve pres yöntemiyle film elde edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2: Pres Sonrası Elde Edilen Plakalar



Şekil 4.3: Pres işlemi sonrası elde edilen filmler

Bu çalışmada İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Malzeme Mühendisliği laboratuvarında bulunan hidrolik pres kullanılmıştır.



Şekil 4.4: Tez çalışmasında kullanılan hidrolik pres

4.2 Karakterizasyon Yöntemleri

4.2.1 Çekme ve Kopma Testi

Malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde en sık kullanılan test çekme testidir. Eş merkezli iki çene tarafından uygulanan kuvvet ile mühendislik gerilim-gerinim grafiği çizilir. Gerilim, uygulanan kuvvetin ilk yüzey alanına oranı iken, gerinim şekil değişiminin ilk boyuta bölümünün yüzde oranıdır. Elde edilen grafikten malzemenin akma mukavemeti, çekme mukavemeti, kopma mukavemeti, rezilyans, elastik modülüs, tokluk gibi özellikler belirlenir.

Şekil 4.5’ te sabit bir alt çene ve hareketli bir üst çeneden oluşan çekme cihazı gösterilmiştir.

Filmler hazırlandıktan 48 saat sonra çekme ve kopma testine tabi tutulmuşlardır. Film örnekleri, 2 cm genişliğinde, 8 cm uzunluğunda kesilerek, İzmir Korozo Ambalaj firmasında bulunan Zwick çekme test cihazı ile ASTM D 882 numaralı standarda uygun olarak 10 mm/dk çekme hızında test edilmişlerdir. Her bir karışımdan 3 numune test edilerek, kopma dayanımı ve yüzde uzama değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.5: Çekme Testi Cihazı

4.2.2 Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)

DSC analizleri, İstanbul Koroza Ambalaj firmasında bulunan ASTM E794 Mettler Toledo DSC 1 cihazı (Şekil 4.6) kullanılarak azot ortamında gerçekleştirilmiştir. Termal analizde, elde edilen filmlerden 5-10 mg alınmış 30 °C'den 300 °C'ye ısıtılmış, sonra 30 °C' ye soğutulup, son olarak tekrar 10°C/dk ısıtma hızı ile 300 °C'ye ısıtılmıştır. DSC analizi ile malzemelerin, erime sıcaklığı (T_m) ve entalpi değişimi değerleri ile söz konusu enerji miktarlarını belirlenmiştir.



Şekil 4.6: Mettler Toledo DSC 1 cihazı

4.2.3 Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

Film içeriğindeki kimyasal grupları karakterize edebilmek için, İstanbul Koroza Ambalaj firmasında bulunan 4000-600 cm^{-1} aralığında tarama yapabilen elmas ATR kristal içeren bir FTIR (Perkin Elmer Spectrum 100) cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.7).

FTIR çeşitli mikroorganizmaların kimyasal bileşimlerini karakterize etmek için kullanılabilir hızlı, güvenilir, hassas ve ucuz bir tekniktir. Birçok FTIR çalışması grafiklerle desteklenerek spektral veri analizi yapılmaktadır [19].



Şekil 4.7: Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR cihazı

4.2.4 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), malzeme yüzeyine elektron ışınları göndererek yüksek çözünürlükte üç boyutlu yüzey görüntülerinin elde edilmesini sağlayan bir elektron mikroskobudur. Yüksek çözünürlüklü SEM görüntüsü çıktısı için numune elektriksel iletkenliğe sahip olmalıdır. Elektrik iletkenliğine sahip olmayan numunelerden görüntü elde etmek için, numune yüzeyinin paladyum ve altın gibi yüksek iletkenliğe sahip malzemeler ile kaplaması gerekmektedir [20].

ASTM D882 standardına göre çekme testine tabi tutulmuş film örneklerinin kopma yüzeylerine altın kaplama uygulanarak SEM görüntüleri elde edilmiştir. SEM analizleri, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Araştırma Geliştirme Merkezinde yapılmıştır.



Şekil 4.8: Q150R ES Altın kaplama cihazı ve Zeiss Sigma 300 VP SEM cihazı

4.2.5 Oksijen Geçirgenlik Oranı (OTR)

Numune, ortam atmosferik basıncında iki oda arasına sızdırmaz bir yarı bariyer olarak monte edilir. Bir odacık bir nitrojen akımıyla yavaşça temizlenir ve diğer oda oksijen içerir. Oksijen gazı filmde azot taşıyıcı gaza nüfuz ettiğinden, büyüklüğü birim zamanda dedektöre akan oksijen miktarıyla orantılı olan bir elektrik akımı ürettiği kulometrik dedektöre taşınır. Bunların arasında oksijen gazı test gazı, nitrojen gazı ise taşıyıcı gazdır. Üst haznenin oksijen gazı konsantrasyonu, numunenin her iki tarafı arasında belirli bir konsantrasyon farkı olduğundan, alt hazneden daha yüksektir. İletim işlemi sırasında, oksijen gazı üst bölmeden numune yoluyla alt bölmeye iletilir.

Bölüm 5

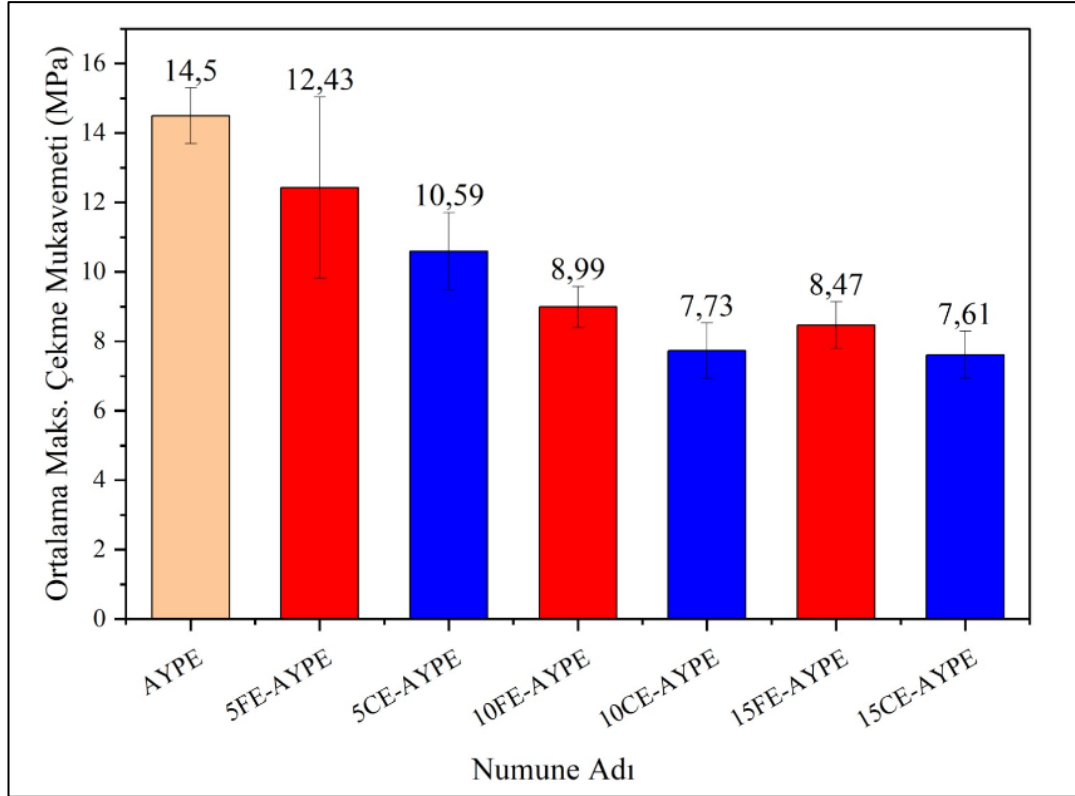
Bulgular ve Tartışma

5.1 Çekme Testi

Enginar sapı katkılı AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE içeren filmler için çekme mukavemeti testi yapılmıştır. Tablo 5.1’de yapılan 3 test için ortalama değerleri ve standart sapmaları gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçin Çekme Mukavemeti Sonuçları

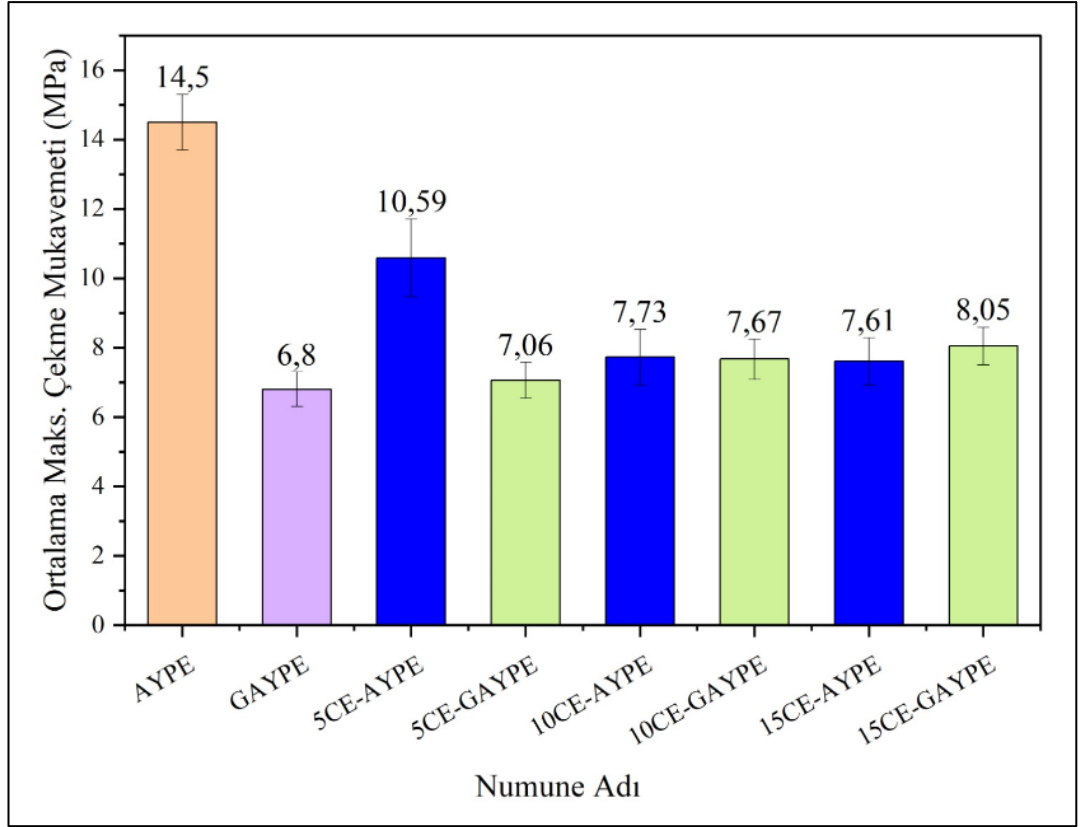
NUMUNE ADI	ORTALAMA MAKS. ÇEKME MUKAVEMETİ (MPa)
AYPE	14,5 ± 0,80
GAYPE	6,8 ± 0,50
5FE-AYPE	12,43 ± 2,61
10FE-AYPE	8,99 ± 0,59
15FE-AYPE	8,47 ± 0,67
5CE-AYPE	10,59 ± 1,12
10CE-AYPE	7,73 ± 0,80
15CE-AYPE	7,61 ± 0,68
5CE-GAYPE	7,06 ± 0,52
10CE-GAYPE	7,67 ± 0,58
15CE-GAYPE	8,05 ± 0,54



Şekil 5.1: AYPE İçerisinde İnce ve İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Çekme Mukavemeti Karşılaştırılması

Şekil 5.1 'de AYPE içerisine eklenen ince ve iri yapıdaki enginar saplarının çekme mukavemeti karşılaştırılmıştır. Şekil 5.2'de ise AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE içerisnde iri yapıdaki enginar saplarının çekme mukavemeti karşılaştırılmıştır.

Şekil 5.1'de enginar sapı katkılı numuneler içerisinde 5FE-AYPE numunesinde en yüksek çekme mukavemeti gözlenmiştir. AYPE içerisine ince yapıda ve iri yapıda enginar sapı ilave edilip AYPE'ye göre karşılaştırıldığında çekme mukavemeti azalmıştır. Bunun sebebi çekme dayanımındaki azalma, partikül yüklemesi ile arayüzeysel yüzey alanının artması ile ilişkilendirilebilir [21]. AYPE içerisnde ince yapıda enginar sapı tozu kullanılarak elde edilen filmler iri yapıda enginar sapı kullanılarak elde edilen filmlere göre daha yüksek çekme mukavemeti sonucu vermiştir. Bunun sebebi ince yapı içerisinde AYPE'nin birbiri ile etkileşimi daha iyi bir doyum noktasına ulaşmış olduğundan olabilir.



Şekil 5.2: AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Çekme Mukavemeti Karşılaştırılması

Şekil 5.2 incelendiği enginar sapı katkılı numuneler içerisinde 5CE-AYPE numunesinde en yüksek çekme mukavemeti gözlenmiştir AYPE içerisine iri yapıda enginar sapı eklendiğinde çekme mukavemeti azalırken geri dönüştürülmüş AYPE içerisine iri yapıda enginar sapı kullanılarak elde edilen filmlerde çekme mukavemeti artmıştır. Bunun sebebi saf AYPE'nin saf geri dönüştürülmüş AYPE'ye göre çekme mukavemetlerinin neredeyse iki katı değere sahip olmasıdır.

Literatürdeki enginar katkısı içeren yapılan kompozit çalışmaları incelendiğinde:

Yüksek yoğunluklu polietilen içerisine enginar yaprağı tozu katılarak elde edilen kompozitler için, enginar yaprağı toz oranının artmasıyla birlikte çekme mukavemetinin arttığı belirtilmiştir [22].

Başka bir çalışmada, polipropilen içerisine enginar sapı tozu ilave edilerek elde edilen polimer kompozitler için, enginar sapı toz oranının artmasıyla birlikte çekme dayanımında azalma görüldüğü belirtilmiştir [23]

Ayrıca benzer bir çalışma içerisinde polipropilen ve enginar sapı kullanarak polimer kompozit elde edilmiştir ve çekme mukavemeti sonuçlarının düştüğü gözlemlenmiştir [24].

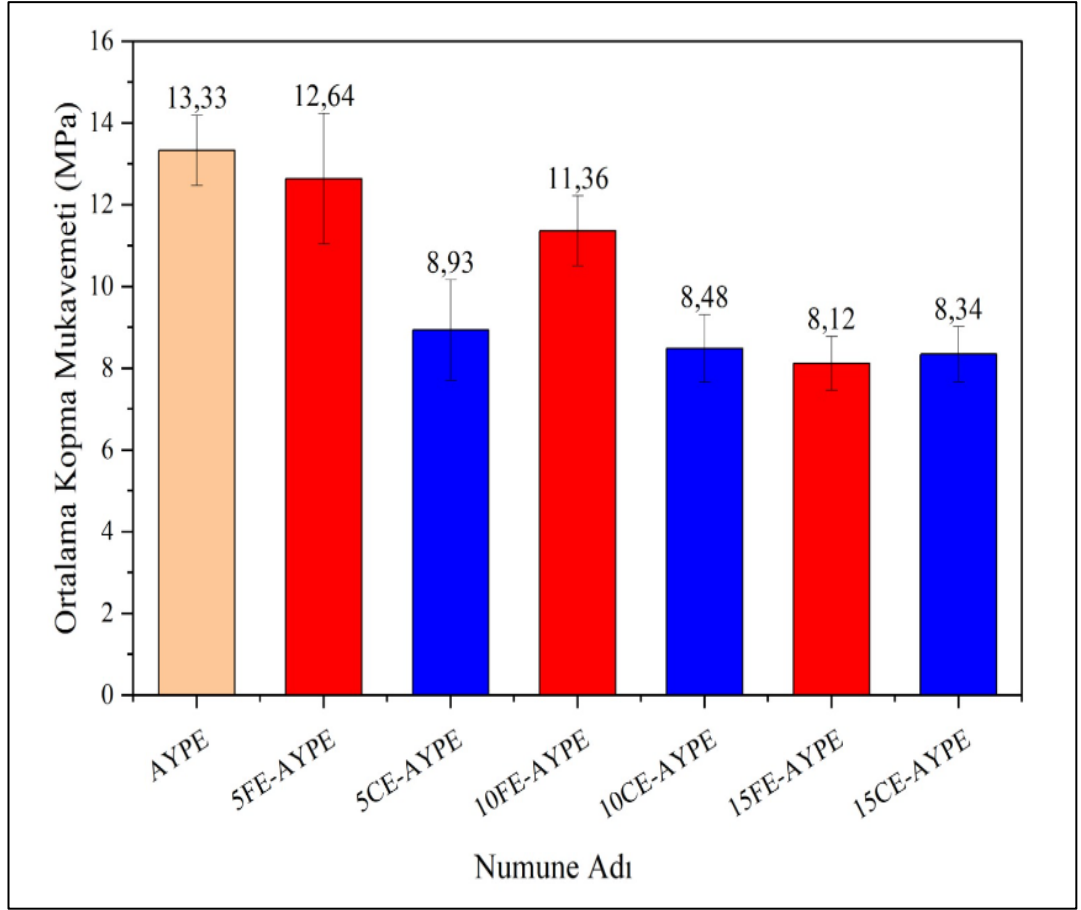
Yapılan çalışmalar incelendiğinde HDPE ve PP içerisine enginar ilavesi konularak elde edilen kompozitlere göre AYPE ve PP içerisine enginar sapı ilave edilerek yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar gözlemlenmiştir.

Enginar sapı katkılı AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE içeren filmler için kopma mukavemeti testi yapılmıştır. Tablo 5.2’de yapılan 3 test için ortalama değerleri ve standart sapmaları gösterilmiştir.

Tablo 5.2: Enginar Sapı Katkılı AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçin Kopma Mukavemeti Sonuçları

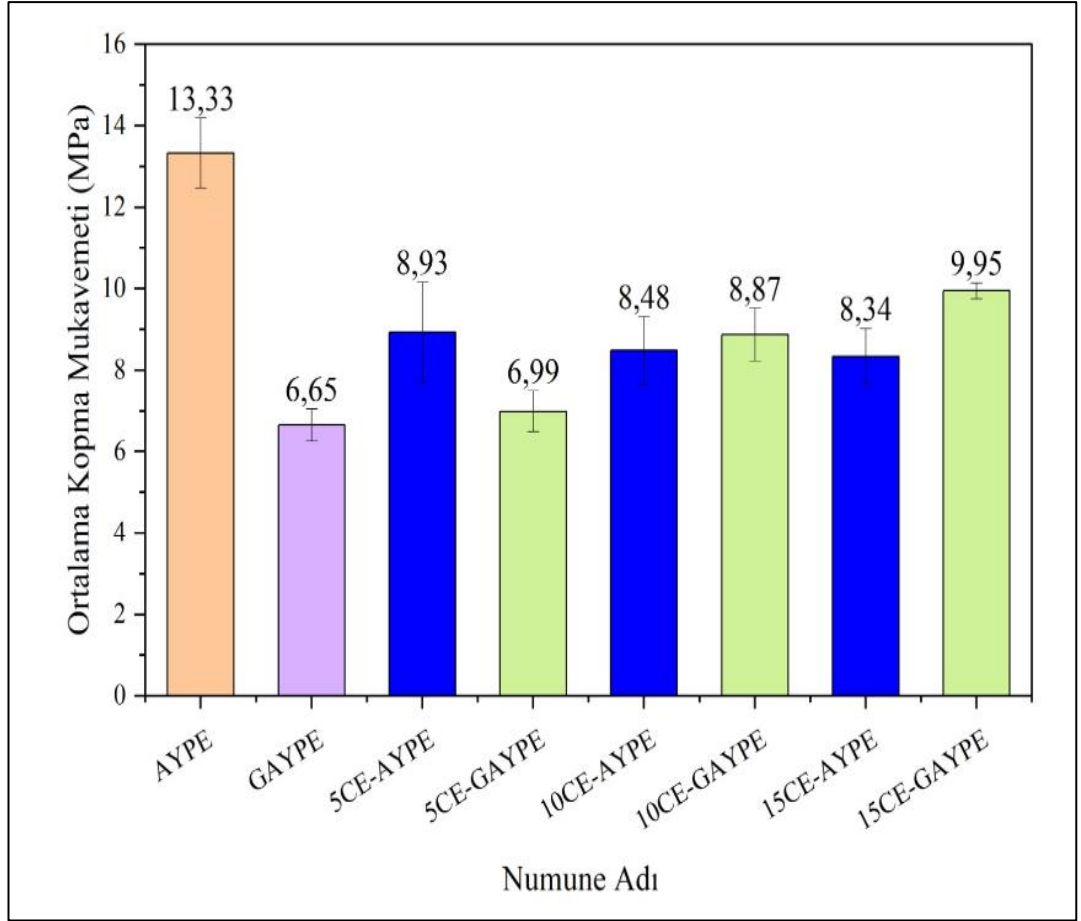
NUMUNE ADI	ORTALAMA KOPMA MUKAVEMETİ (MPa)
AYPE	13,33 ± 0,86
GAYPE	6,65 ± 0,39
5FE-AYPE	12,64 ± 1,60
10FE-AYPE	11,36 ± 0,86
15FE-AYPE	8,12 ± 0,66
5CE-AYPE	8,93 ± 1,23
10CE-AYPE	8,48 ± 0,83
15CE-AYPE	8,34 ± 0,68
5CE-GAYPE	6,99 ± 0,50
10CE-GAYPE	8,87 ± 0,65
15CE-GAYPE	9,95 ± 0,19

Şekil 5.3 ‘de AYPE içerisine eklenen ince ve iri yapıdaki enginar saplarının kopma mukavemeti karşılaştırılmıştır. Şekil 5.4’te ise AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE içerisine iri yapıdaki enginar saplarının kopma mukavemeti karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.3: AYPE İçerisinde İnce ve İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Ortalama Kopma Mukavemeti Karşılaştırılması

Şekil 5.3 incelendiği enginar sapı katkılı numuneler içerisinde 5FE-AYPE numunesinde en yüksek kopma mukavemeti gözlenmiştir. AYPE içerisine ince yapıda ve iri yapıda enginar sapı tozu konulduğu ilave edildiğinde saf AYPE'ye göre kopma mukavemeti azalmıştır. Bunun sebebi partiküllerin matris içerisinde dağılımlarının zayıf olması ve partiküller ile matris arayüzey yapışmasının zayıf olması olabilir. [25]En yüksek sonuç ince yapıda enginar sapı içeren filmlerde gözlenmiştir.



Şekil 5.4: AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesinde Ortalama Kopma Mukavemeti Karşılaştırılması

Şekil 5.4 incelendiği enginar sapı katkılı numuneler içerisinde 5CE-AYPE numunesinde en yüksek kopma mukavemeti gözlenmiştir. AYPE içerisine enginar sapı eklendiğinde kopma mukavemeti azalırken geri dönüştürülmüş AYPE içerisine iri yapıda enginar sapı kullanılarak elde edilen filmde kopma mukavemeti artmıştır. Bunun sebebi saf AYPE'nin saf geri dönüştürülmüş AYPE'ye kopma mukavemetlerinin neredeyse iki katı değere sahip olmasıdır.

5.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

Enginar sapı katkılı AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE içeren filmler için diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) testi yapılmıştır. DSC analizleri ile numunelerin erime sıcaklığı (T_m), erime entalpisi (ΔH_m) ve kristalite derecesi (X_c) belirlenmiştir ve ve Tablo 5.3'te yapılan test sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.3: AYPE ve Geri Dönüştürülmüş AYPE İçeren Filmler İçin Diferansiyal Taramalı Kalorimetre (DSC) testi

NUMUNE ADI	T _m (°C)	ΔH _m (j/g)	X _c (%)
AYPE	112,54	87,15	29,68
GAYPE	119,38	97,43	33,03
5FE-AYPE	114,05	92,08	32,94
10FE-AYPE	112,88	82,97	31,08
15FE-AYPE	113,76	74,51	29,18
5CE-AYPE	114,91	88,05	32,99
10CE-AYPE	113,9	74,67	26,70
15CE-AYPE	113,48	56,22	22,02
5CE-GAYPE	119,4	79,13	28,3
10CE-GAYPE	119,06	74,99	28,09
15CE-GAYPE	119,03	98,48	38,57

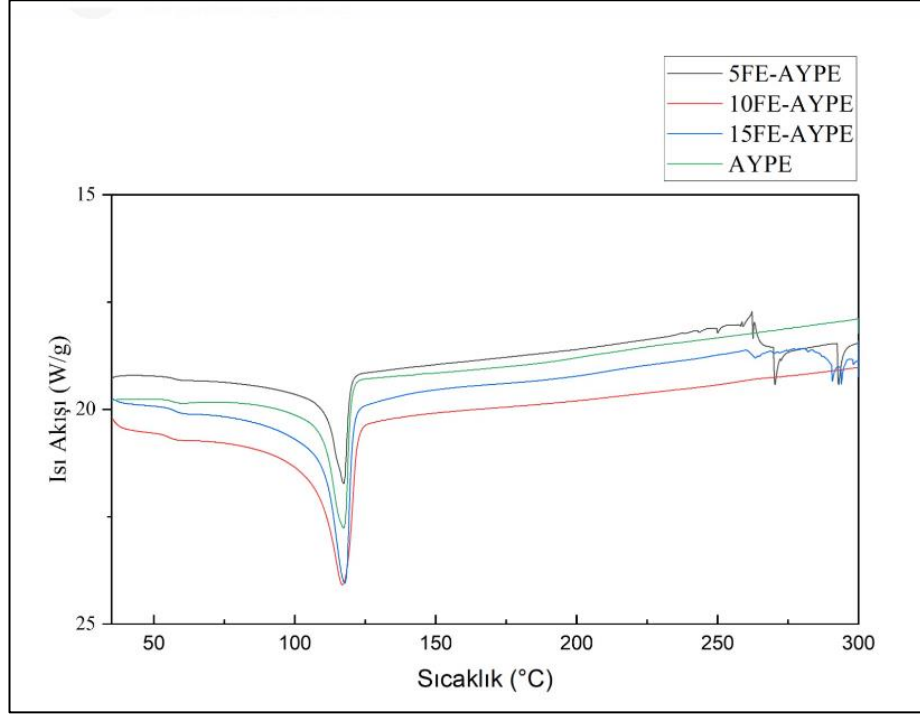
Burada X_c hesaplamasında %100 kristal AYPE'nin erime entalpisi 293,6 J/g olarak alınmıştır. [26]

$$X_c = \Delta H_m / H_N \times 100\% \quad [26] \quad (5.1)$$

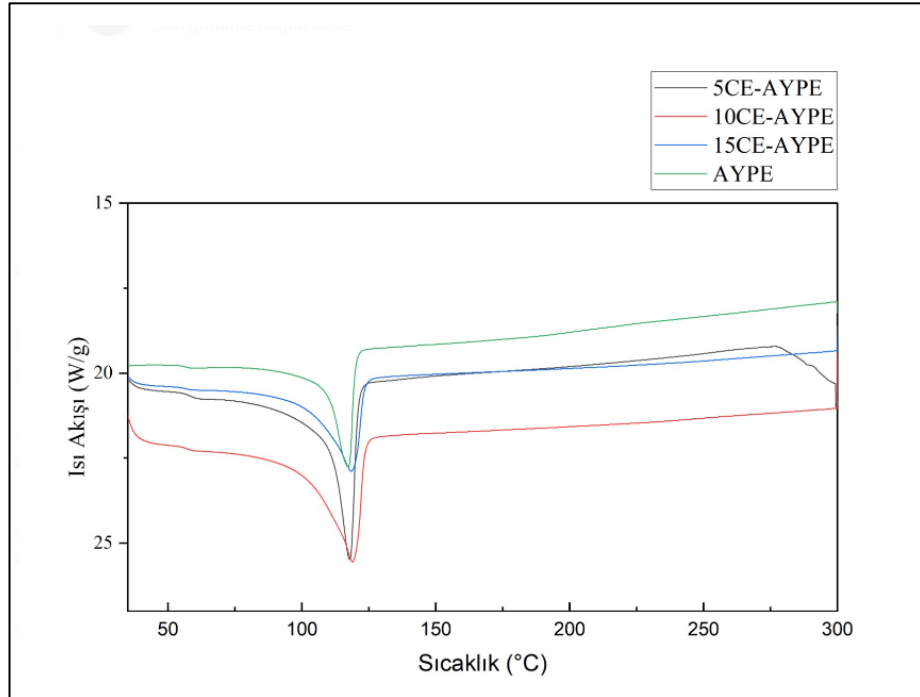
Tablo 5.3 incelendiğinde ince ve iri yapıda enginar sapı ile AYPE sonucunda elde edilen filmlerde erime sıcaklıkları birbirine çok yakın sonuçlar gözlenmiştir. İri yapıda enginar sapı ve geri dönüştürülmüş AYPE içeren filmlerde ise AYPE ile elde edilen filmlere göre daha yüksek erime sıcaklığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi geri dönüştürülmüş AYPE'nin AYPE'ye göre daha yüksek erime sıcaklığına sahip olması ile açıklanabilir.

%5 oranında enginar sapı partiküllerinin AYPE içerisine katılması ile AYPE'nin ΔH_m değeri artmış. %5'den daha fazla enginar sapı AYPE içerisine katılması ve enginar sapı oranında artması ile 5FE-AYPE'e göre entalpelerde sürekli bir azalma gözlemlenmiştir. 5CE-AYPE, 10CE-AYPE, 15CE-AYPE numunelerinde elde edilen sonuçlar enginar sapı ilave edilmesi ile erime entalpisi azalmıştır.

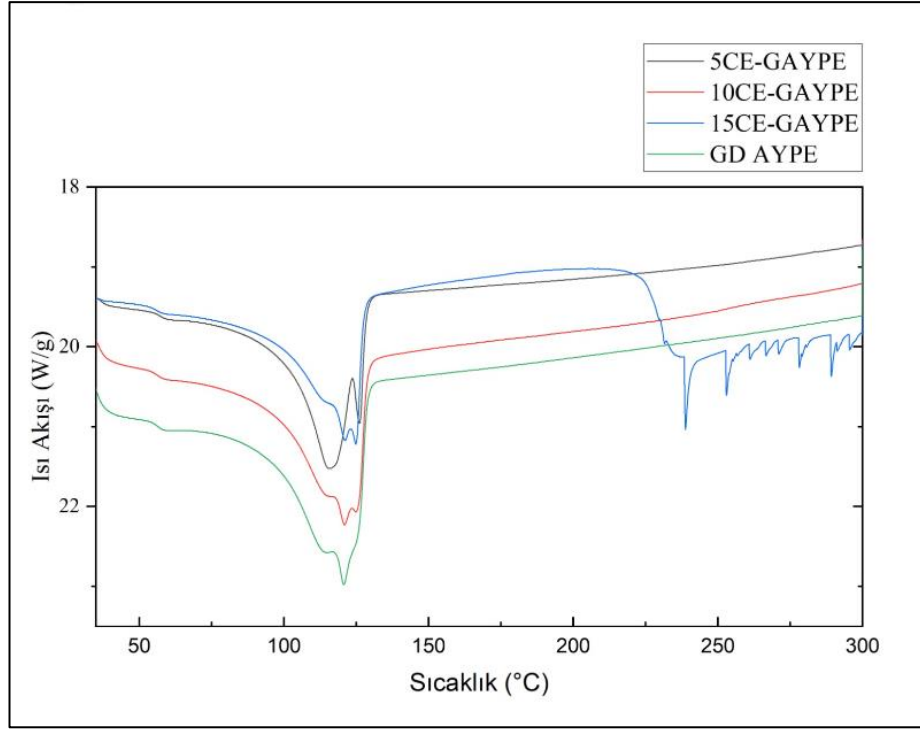
Kristalite derecesi incelendiğinde ise AYPE içeren filmlerde en iyi sonu. %5 enginar sapı içeren numunelerde gözlenmiştir. %5 enginar sapı ilavesinden sonra kristalite derecesi azalmıştır. Geri dönüştürülmüş AYPE içeren numunelerde ise en yüksek kristalite derecesi %15CE-GAYPE numunesinde gözlenmiştir. Geri dönüştürülmüş AYPE içerisine katılan enginar sapı kristaliteyi arttırabilir.



Şekil 5.5: AYPE İçerisinde İnce Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin DSC Eğrisi



Şekil 5.6: AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin DSC Eğrisi

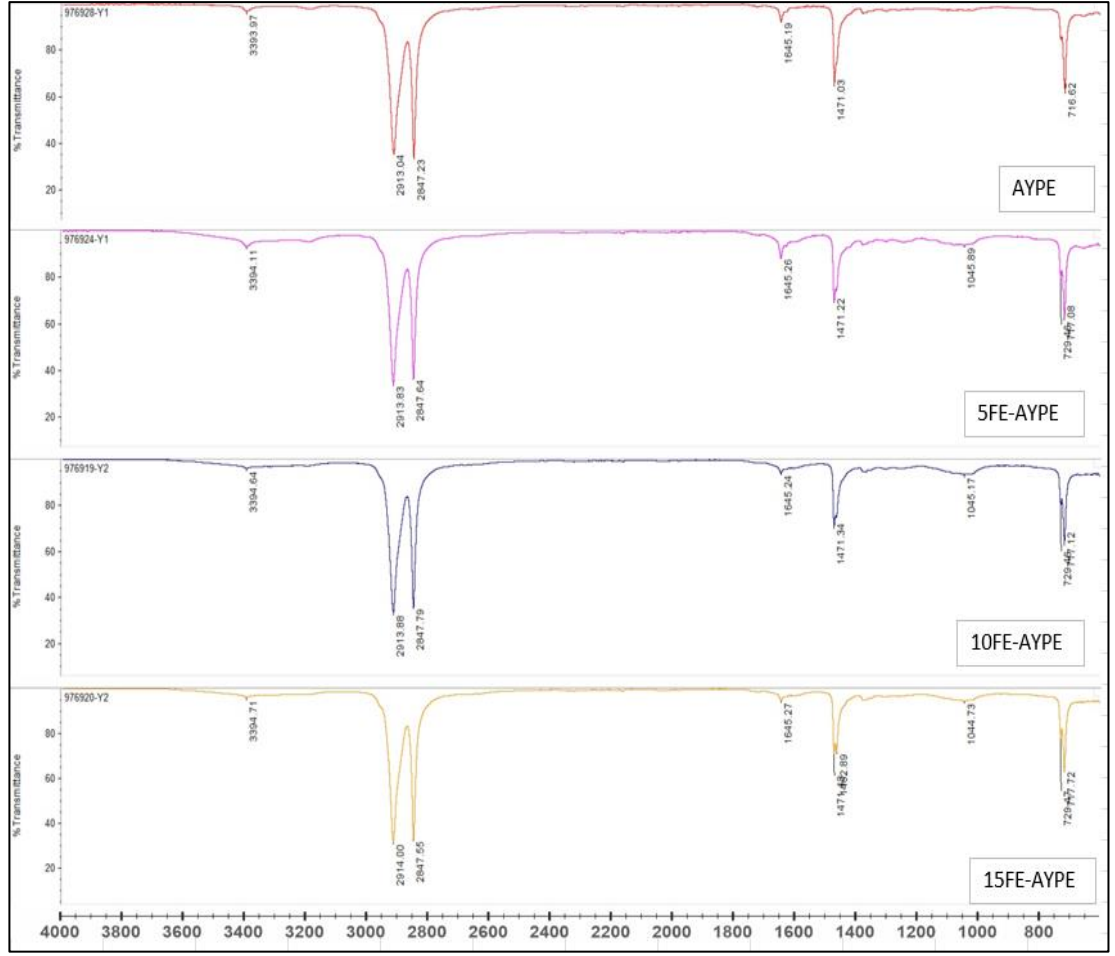


Şekil 5.7: GAYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin DSC Eğrisi

Şekil 5.7 incelendiğinde geri dönüştürülmüş AYPE için birden fazla pik yaptığı görülmektedir. Bunun sebebi geri dönüştürülmüş AYPE'nin içerisinde farklı yapılarda polimerlerin bir araya gelmesi sebep olabilir.

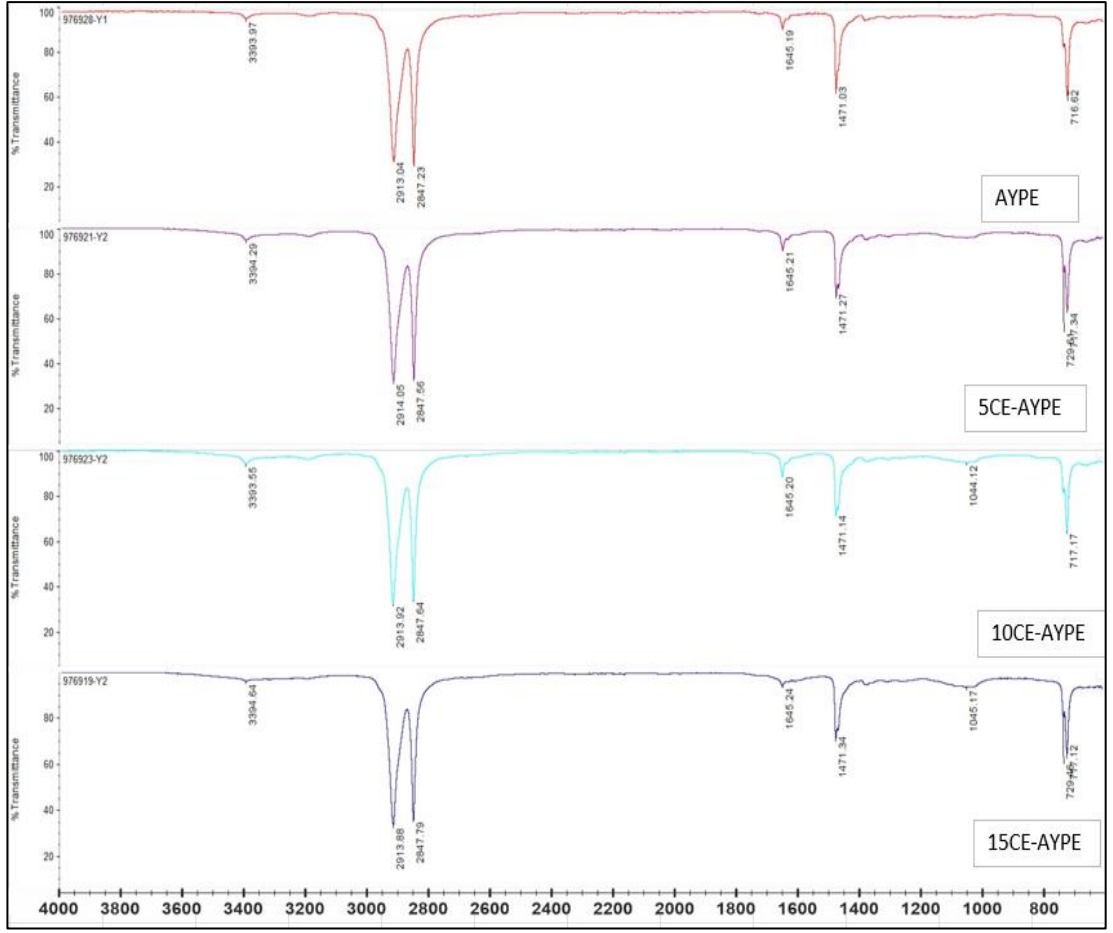
5.3 Fourier Dönüştümlü Infrared Spektroskopisi (FT-IR)

Enginar sapı katkılı AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE içeren filmler için fourier dönüştümlü infrared spektroskopisi testi yapılmıştır. Şekil 5.8'da AYPE içerisinde ince yapıda enginar sapı ilavesi için FTIR spektrumları, Şekil 5.9'da AYPE içerisinde ince yapıda enginar sapı ilavesi için FTIR spektrumları, Şekil 5.10'da GAYPE içerisinde ince yapıda enginar sapı ilavesi için FTIR spektrumları gösterilmiştir.



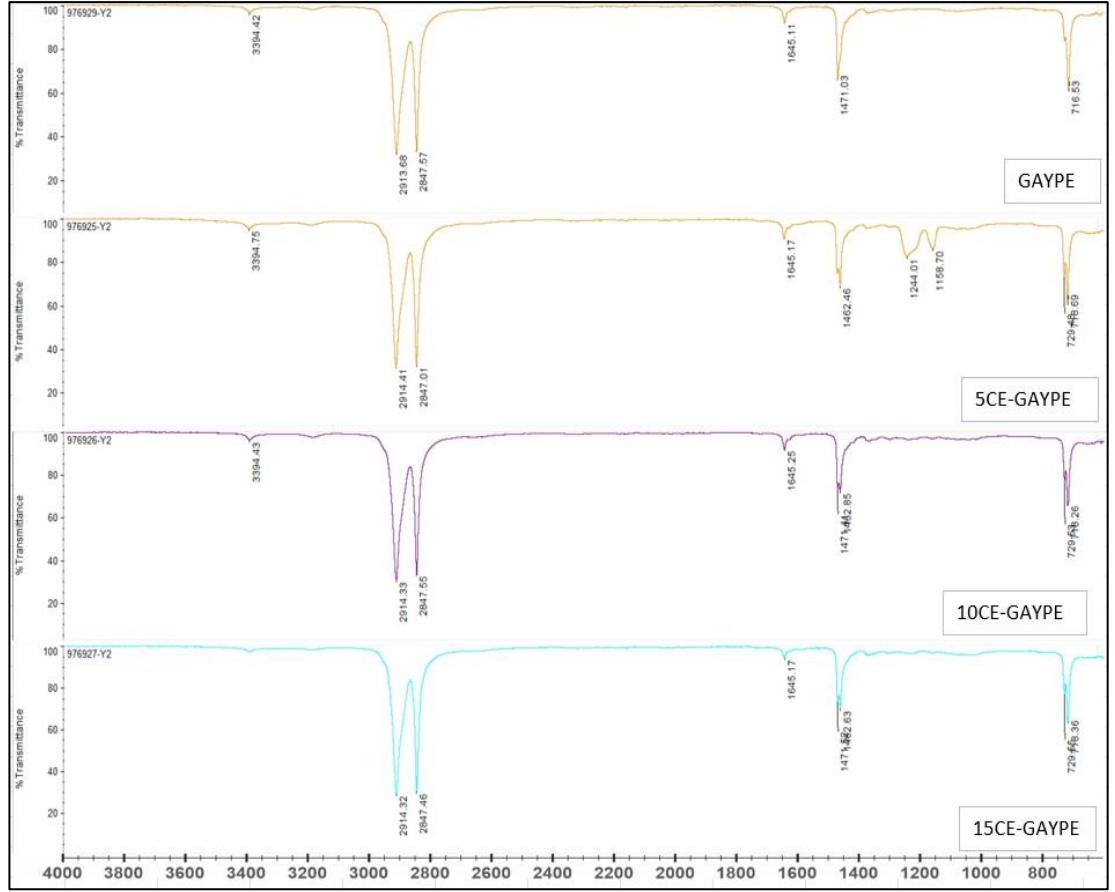
Şekil 5.8: AYPE İçerisinde İnce Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin FTIR Spektrumları

Şekil 5.8 incelendiğinde bütün numunelerde $3400-3300\text{ cm}^{-1}$ aralığı için N-H gerilmesi, $3000-2840\text{ cm}^{-1}$ için C-H gerilmesi, $1648-1638\text{ cm}^{-1}$ için C=C gerilmesi, $730-770\text{ cm}^{-1}$ aralığında C-H Eğilmez gözükmektedir. Ayrıca bu grupta incelenen 10FE-AYPE ve 15FE-AYPE için $1022-1045\text{ cm}^{-1}$ için pik yapmıştır ve bu pik C-N gerilmesini ifade etmektedir. Enginar sapı arttığında bu pik belirgin hale gelmiştir.



Şekil 5.9: AYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi için FTIR Spektrumları

Şekil 5.9 incelendiğinde bütün numuneler $3400-3300\text{ cm}^{-1}$ aralığı için N-H gerilmesi, $3000-2840\text{ cm}^{-1}$ için C-H gerilmesi, $1648-1638\text{ cm}^{-1}$ için C=C gerilmesi, $730-770\text{ cm}^{-1}$ aralığında C-H eğilmesi gözükmemektedir. 10CE-AYPE ve 15CE-AYPE numunelerinde $1022-1045\text{ cm}^{-1}$ için pik yapmıştır ve bu pik C-N gerilmesini ifade etmektedir. Enginar sapı arttığında bu pik belirgin hale gelmiştir.



Şekil 5.10: GAYPE İçerisinde İri Yapıda Enginar Sapı İlavesi İçin FTIR Spektrumları

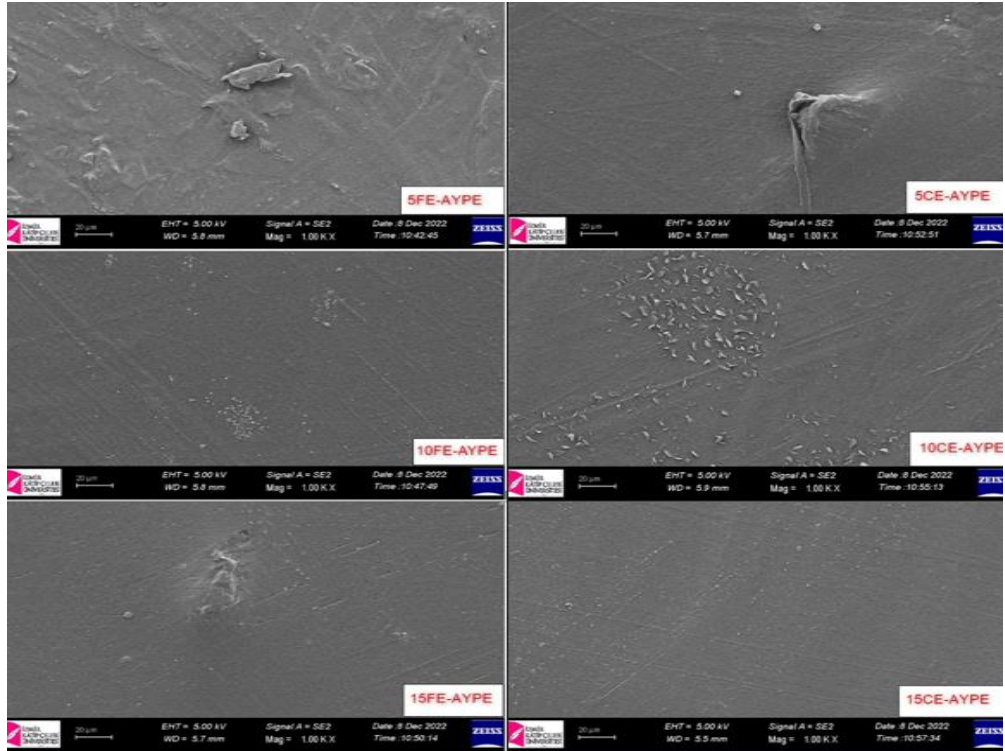
Şekil 5.10 incelendiğinde bütün numuneler içerisinde 3400-3300 cm^{-1} N-H gerilmesi, 3000-2840 cm^{-1} için C-H gerilmesi, 1648-1638 cm^{-1} için C=C gerilmesi, 730-770 cm^{-1} aralığında C-H eğilmesi gözükmektedir. 15CE-GAYPE numunelerinde 1275-1200 cm^{-1} C-O gerilmesi ve 1170-1155 cm^{-1} pik yapmıştır.

FTIR sonuçları incelendiğinde 3400-3300 cm^{-1} aralığındaki pikler numuneler içerisinde nem olmasından kaynaklanmaktadır ve bütün numunelerde gözlemlenmiştir. 3000-2840 cm^{-1} ve 730-770 cm^{-1} aralığındaki pikler polietilenden gelmektedir. 1648-1638 cm^{-1} aralığındaki pikler kayganlaştırıcı katkı maddesi içeren polietilen ile numunelerin hazırlandığını göstermektedir. 1050 cm^{-1} yakınındaki pik C-O-C piranoz halkasının iskelet titreşimi nedeniyledir ve enginar lifi içeren çoğu numunede meydana gelmiştir [27]

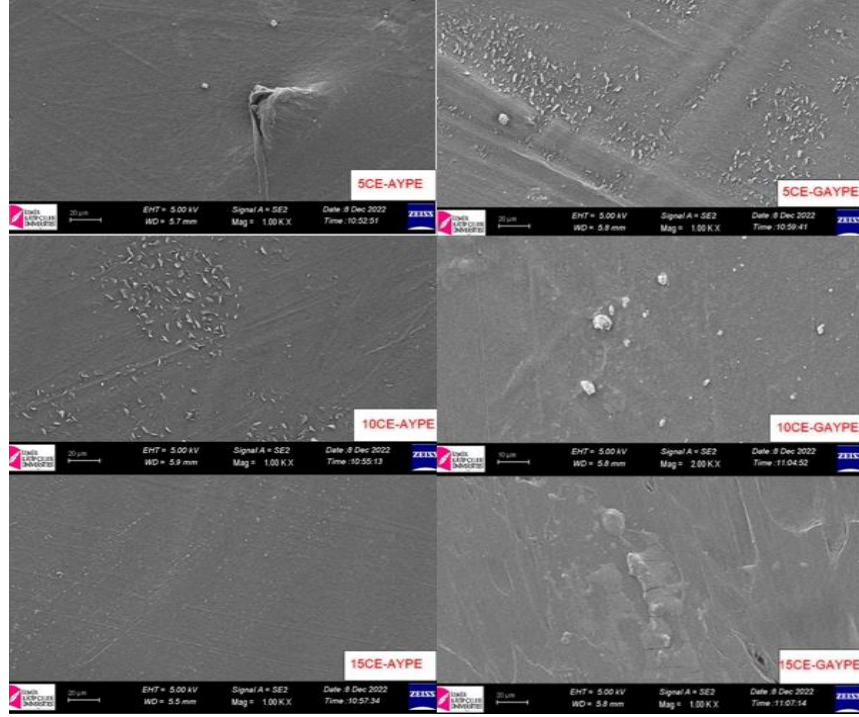
5.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Enginar sapı, AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE ile elde edilen filmler için yüzey morfolojisi SEM ile gözlemlenmiştir. Aşağıdaki şekillerde elde edilen malzemelerin SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 5.11’de ince yapı enginar sapı ve iri yapı enginar sapı ile AYPE içeren filmlerin SEM analizleri, Şekil 5.12’de ise iri yapıda enginar sapı ile AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE içeren filmlerin SEM analizlerinin karşılaştırmaları verilmiştir.

Enginar sapı içeren numunelerin yüzey morfolojileri düzensiz şekillidir ve arayüzey birleşmesinin zayıf olduğu gözlenmiştir. Numuneler pres cihazı ile basılması ve numunelerin kalınlıklarının ayarlanamaması sebebiyle SEM görüntüsünde yüksekliğe bağlı çizgiler meydana gelmiştir.



Şekil 5.11: İnce Yapı Enginar Sapı ve İri Yapı Enginar Sapı ile AYPE İçeren Filmlerin SEM Analizlerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.12: İri Yapı Enginar Sapı ile AYPE ve Geri Dönüştürülmüş GAYPE İçeren Filmlerin SEM Analizlerinin Karşılaştırılması

5.5 Oksijen Geçirgenlik Oranı (OTR)

Enginar sapı katkılı AYPE ve GAYPE içeren bütün numuneler için oksijen geçirgenlik testi yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 5.4'te verilmiştir

Tablo 5.4: Oksijen Geçirgenlik Oranı Testi

NUMUNE ADI	OTR
AYPE	366,75
GAYPE	282,45
5FE-AYPE	207,13
10FE-AYPE	233,88
15FE-AYPE	191,70
5CE-AYPE	176,68
10CE-AYPE	238,29
15CE-AYPE	364,29
5CE-GAYPE	118,95
10CE-GAYPE	261,39
15CE-GAYPE	547,52

Tablo 5.4 incelendiğinde numunelerin homojen bir şekilde karışmadığını ve bu sebepten dolayı oksijen geçirgenlik testinde gelen değerlerin birbiri ile orantılı olmadığı gözlemlenmiştir. En yüksek sonuç %15 enginar sapı ve geri dönüştürülmüş AYPE içeren numunede gözlemlenmiştir.

Bölüm 6

Sonuçlar

Enginar sapı, AYPE ve geri dönüştürülmüş AYPE ile film üretilmiştir ve üretilen filmlerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

AYPE içerisine katılan enginar sapı elde edilen filmler içerisinde çekme ve kopma mukavemetini düşürmesine rağmen, geri dönüştürülmüş AYPE içerisine katılan enginar sapı çekme ve kopma mukavemetinin artmasına sebep olmuştur.

Elde edilen filmler incelendiğinde DSC sonuçları için ince yapıda enginar sapı ilavesi sonucu en iyi sonucu 5FE-AYPE numunesinde gözlemlenmiştir. Geri dönüştürülmüş AYPE ve iri yapıda enginar sapı ilavesi ile elde edilen filmlerde birden fazla erime noktası görülmektedir. Bunun sebebi geri dönüştürülmüş AYPE içerisinde farklı yapılarda polietilen olması ile açıklanabilir.

FTIR sonuçları incelendiğinde enginar sapı içeren numuneler 1022-1045 cm^{-1} piki görülmüştür. Fakat geri dönüştürülmüş AYPE içerisinde bu pik gözükmemiştir.

Enginar sapı içeren numunelerin yüzey morfolojileri düzensiz şekillidir ve arayüzey birleşmesinin zayıf olduğu gözlenmiştir. Numuneler pres cihazı ile basılması ve numunelerin kalınlıklarının ayarlanamaması sebebiyle SEM görüntüsünde yüksekliğe bağlı çizgiler meydana gelmiştir.

OTR sonuçları incelendiğinde numunelerin homojen karışım olmadığı gözlemlenmiştir. En yüksek sonuç %15CE-GAYPE numunesinde gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] ÇELEBİ Hande and DEHMEN Suna, “Synthesis And Characterization Of Starch/Polycaprolactone Based Biodegradable Nanocomposites,” *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, pp. 53–62, 2013.
- [2] M. Kılınç, O. Tomar, and A. Çağlar, “Biyobozunur Gıda AmbalajMalzemeleri,” *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, vol. 17, no. 3, pp. 988–996, Dec. 2017
- [3] Ö. ÖZEN and Ö. ERDEM İŞMAL, “Transforming Vegetable Wastes Into Bioplastics: An Enviromentally Friendly Alternative For Design And Art Works,” *Yıldız Journal of Art and Design*, Jun. 2022, doi: 10.47481/yjad.1084089.
- [4] B. E. Ö. Y. and M. T. Gümüş, “High-density polyethylene/artichoke leaf powder polymer composites,” *ranian Polymer Journal*, pp. 1–11, 2022.
- [5] Saçak Mehmet, *Polimer Kimyasına Giriş*. Ankara: A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları No:50, 1998.
- [6] Margolis James M., *Engineering Plastics Handbook*. 2006. doi: 10.1036/0071457674.
- [7] Gökay Ergenç, “Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) ile Çekirdek Kabağı Atıklarının Kopyrolizi ve Kopyroliz Ürünlerin Karakterizasyonu,” 2019.
- [8] M. S. Ceylan, “Linyit Düşük Yoğunluklu Polietilen (DYPE) Karışımlarının Pirolizle Değerli Kimyasallara Dönüştürülmesi Ve Sonuçlara Deney Koşullarının Etkisi,” Ankara, 2006.

- [9] Milli Eğitim Bakanlığı, “Polimerleri Özelliklerine Göre Sınıflandırma,” Ankara, 2014.
- [10] “Günlük Hayatımızda Yaygın Olarak Kullanılan Polimerler - Dünya Atlası.” <https://www.dunyaatlası.com/gunluk-hayatimizda-yaygin-olarak-kullanilan-polimerler/> (accessed Oct. 28, 2022).
- [11] Tuna Kayılı and G. M. Çelebi, “Plastik Atıkların ve Yapıda Kullanım Olanaklarının İncelenmesi,” *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, pp. 148–157, 2020.
- [12] Ulaşlı Kübra, “Geri Kazanılabılır Atıkların Yönetimi ve Sıfır Atık Projesi Uygulamaları,” 2018.
- [13] “Enginar – Kent Stratejileri Merkezi.” <https://kentstratejileri.com/tag/enginar/> (accessed Oct. 30, 2022).
- [14] Ş. BALBAY, A. SARIHAN, and E. AVŞAR, “Dünyada ve Türkiye’de ‘Döngüsel Ekonomi / Endüstriyel Sürdürülebilirlik’ Yaklaşımı,” *European Journal of Science and Technology*, Sep. 2021, doi: 10.31590/ejosat.971172.
- [15] “Plastik Geri Dönüşüm | Plastik Geri Dönüştürülebilir mi? | TÜBİTAK Bilim Genç.” <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/plastikler-nasil-geri-donusturulur> (accessed Oct. 29, 2022).
- [16] “Enginar Yetiştiriciliği.” https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/sebze_yetistirciligi_ve_mucadelesi/Enginar.pdf (accessed Oct. 30, 2022).
- [17] Kenanoğlu Bektaş Zerrin and G. Saner, “Türkiye’de Enginar Üretimi ve Pazarlaması,” *U. Ü. ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ*, vol. 27, pp. 115–128, 2013, [Online]. Available: <http://www.tuik.gov.tr>

- [18] GÜL Mehmet Ali, ALÇİÇEK Ahmet, and TÜMER Sencer, “Yapraklı Enginar Saplarının Silolanma İmkkanı ve Yem Değeri Üzerine Bir Araştırma,” *Anadolu Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 20–32, 2001.
- [19] T. Büyüksırt and H. Kuleaşan, “Fouriere Dönüşümlü Kızılöztesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı,” vol. 39, no. 4, pp. 235–241, 2014, doi: 10.5505/gida.43434.
- [20] C. R. Brundle, *Encyclopedia of materials characterization: surfaces, interfaces, thin films*. 1992.
- [21] Rosa S. M. L., Santos E. F., Ferreira C. A., and Nachtigall S.M.B., “Studies on The Properties of Rice-Husk-Filled-PP Composites-Effect of Maleated PP,” *Materials Research*, pp. 333–338, 2009,
- [22] M. Tasdemir, “Investigation on physical and mechanical properties of high density polyethylene/artichoke leaf powder polymer composites,” *nternational Conference on physical chemistry and functional materials, (PCFM 18)*, 2018.
- [23] Yılmaz Muhammed, “Hibrit Organik- İnorganik Dolgulu Polimer Matrisli Kompozitlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu,” 2019.
- [24] K. Gamsız, “Enginar Sapı ve Pirinç Kabuğu Katkılı Hibrit Polimerik Kompozitlerin Üretilmesi ve Karakterizasyonu,” 2019.
- [25] Shumigin D., Tarasova E., Krumme A., and Meier P., “Rheological and Mechanical Properties of Poly(Lactic) Acid/Cellulose and LDPE/Cellulose Composites,” *Mater. Sci-Medzg*, vol. 17, no. 1, pp. 32–37, 2011.
- [26] J. Liu, Y. Wang, K. Xiao, and Z. Zhang, “Research on the Thermal Aging Behaviors of LDPE/TiO₂ Nanocomposites,” *J Nanomater*, vol. 2017
- [27] S. M. , S. K. , D. C. Seki Y., “Extraction and Properties of Ferula Communis (Chakshir) Fibers as Novel Reinforcement for Composites Materials,” *Compos. Part B Eng*, vol. 44, no. 1, pp. 517–523, 2013.

Özgeçmiş

Adı Soyadı: Hülya Seven

Eğitim:

2019–2023 İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Biyokompozit Mühendisliği

2014–2018 Afyon Kocatepe Üniversitesi, Kimya Mühendisliği

İş Deneyimi:

2020 – ... Koroza Ambalaj A.Ş – Ana Veri Yönetimi Uzman Yardımcı