



**T.C.  
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA AMBALAJLARINDA KULLANIMA YÖNELİK  
POLİPROPİLEN/POLİMETİLPENTEN  
HARMANLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

**Emine TURAN**

**BURDUR, 2017**

**T.C.  
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA AMBALAJLARINDA KULLANIMA YÖNELİK  
POLİPROPİLEN/POLİMETİLPENTEN  
HARMANLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

**Emine TURAN**

**Danışman: Doç. Dr. Birten ÇAKMAKLI**

**II. Danışman: Prof. Dr. Serdar SALMAN**

**BURDUR, 2017**

## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Emine TURAN tarafından Doç. Dr. Birten ÇAKMAKLI yönetiminde hazırlanan “Gıda Ambalajlarında Kullanıma Yönelik Polipropilen/Polimetilpenten Harmanlarının Geliştirilmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 08/05/2017

**Doç. Dr. Birten ÇAKMAKLI** (Başkan)  
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi .....(İmza)

**Doç. Dr. Temel ÖZTÜRK** (Jüri Üyesi)  
Giresun Üniversitesi .....(İmza)

**Yrd. Doç. Dr. Gültekin BASMACI** (Jüri Üyesi)  
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi .....(İmza)

### ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun \_\_\_\_\_ Tarih ve \_\_\_\_\_ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

.....  
**Prof. Dr. İskender GÜLLE**

\_\_\_\_\_  
Müdür  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Gıda Ambalajlarında Kullanıma Yönelik Polipropilen/Polimetilpenten Harmanlarının Geliştirilmesi”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

08/05 / 2017

Emine TURAN

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli zamanlarını benim için ayıran, önerileriyle çalışmalarımı yönlendiren, daima anlayış ve yardımlarını gördüğüm değerli hocam **Doç. Dr. Birten ÇAKMAKLI**' ya çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince benden yardımlarını, bilgi birikimini, tecrübelerini ve sabrını esirgemeyen değerli hocam **Prof. Dr. Serdar SALMAN**' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma süresince tezin planlanması ve değerlendirilmesinde her türlü imkan ve olanaklarını paylaşan değerli hocam **Dr. Tolga GÖKKURT**' a şükranlarımı sunarım.

Tüm öğrenim hayatım boyunca yanımda her zaman var olan, tüm sıkıntımı paylaşan, geçirdiğim zorluklarda beni destekleyip cesaretlendiren ve hangi konu olursa olsun muhakkak ellerinden geleni en üst düzeyde yapan çok sevdiğim ailem; annem; **Bayram Ayşe TURAN**' a, babam; **Salih TURAN**' a, kardeşim; **Ezgi TURAN**' a, sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs, 2017

Emine TURAN

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET .....	viii
SUMMARY .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Ambalaj Malzemeleri.....	2
2.1.1. Cam Ambalajlar .....	4
2.1.2. Kağıt, Karton ve Oluklu Mukavva Ambalajlar .....	4
2.1.3. Metal Ambalajlar .....	5
2.1.4. Plastik Esaslı Ambalaj Malzemeleri .....	6
2.2. Aktif Ambalajlama.....	6
2.2.1. Oksijen tutucular .....	6
2.2.2. Karbondioksit Tutucu ve Üreticiler.....	7
2.2.3. Nem Tutucular .....	7
2.2.4. Etilen Tutucular.....	8
2.2.5. Aroma, Koku Salıncılar ve Emiciler.....	8
2.2.6. Etanol Salıncılar .....	8
2.3. Modifiye Atmosferde Paketleme (MAP).....	9
2.3.1. Pasif Modifikasyon .....	10
2.3.2. Aktif Modifikasyon.....	11
2.3.4. MAP Tasarımı ve Optimizasyonu.....	12
2.3.5. Modifiye Atmosfer Paketleme Etkisi.....	13
2.4. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Polimerik Filmler.....	14
2.4.1. Polietilen (PE) .....	14
2.4.2. Polistiren (PS) .....	15
2.4.3. Polivinilklorür (PVC).....	15
2.4.4. Polietilen Teraftalat (PET) .....	15
2.4.5. Polipropilen (PP).....	15
2.5. Literatüre Araştırması .....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal .....	19
3.1.1. Polipropilen .....	19
3.1.2. Polimetilpenten .....	19
3.2. Kullanılan Aletler.....	19
3.2.1. Çift Vidalı Ekstüder .....	19
3.2.2. Dökme Film Ekstrüder Hattı .....	20
3.2.3. Şişirme Film Ekstrüder Hattı .....	20
3.2.4. Frouier Transformlı Infrared Spektrometre (FT-IR).....	20
3.2.5. Differential Scanning Calorimetry (DSC) .....	20
3.2.6. Termo Gravimetrik Analiz (TGA).....	21

3.2.7. Dinamik Mekanik Analiz (DMA).....	21
3.2.8. Çekme-Basma Testi .....	21
3.2.9. X-Ray Diffraction Analysis (XRD) .....	21
3.2.10. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) .....	21
3.2.11. Geçirgenlik Testleri.....	22
3.3. Yöntem.....	22
3.3.1. Blendlerin Hazırlanması.....	22
3.3.2. Harmanlama Prosedürü ve Proses Parametreleri .....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	24
4.1. Yapısal Özelliklerin Test Sonucu .....	24
4.1.1. FTIR Analizi .....	24
4.2. Termal Özellikleri Test Sonuçları.....	26
4.2.1. DSC Analizi .....	26
4.2.2. TGA Analizi.....	26
4.3. Mekanik Özelliklerinin Test Sonuçları .....	28
4.3.1. Dinamik Mekanik Analiz (DMA).....	28
4.3.2. Çekme-Basma Testleri .....	28
4.4. Morfolojik Özelliklerinin Test sonuçları .....	29
4.4.1. SEM Analizi.....	29
4.4.2. XRD Analizi .....	30
4.5. Gaz Geçirgenliğinin Belirlenmesi .....	30
5. SONUÇ.....	32
KAYNAKLAR.....	34
EKLER.....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	59

## ŞEKİL DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Cam ambalaj tipleri .....	4
Şekil 2.2. Kağıt, karton ve oluklu mukavva ambalajlar .....	5
Şekil 2.3. Metal ambalajlar .....	5
Şekil 2.4. Pasif modifikasyon uygulamasında geçirgen ve geçirgen olmayan ambalaj içindeki atmosfer bileşimindeki değişim .....	11
Şekil 2.5. Aktif modifikasyon uygulamasında depo ve küçük ambalaj içindeki atmosfer bileşimindeki değişim.....	12
Şekil 2.6. Polipropilen oluşumunun şematik gösterimi.....	16
Şekil 2.7. İzotaktik, sindiyotaktik ve ataktik polipropilenin şematik gösterimi.....	18
Şekil 3.1. Blendlerin görüntüsü.....	23
Şekil 4.2. %100 PP ve %50 PP + %50 PMP karşılaştırmalı FT-IR Spektrumu .....	25
Şekil 4.3. %100 PP ve %25 PP + %75 PMP karşılaştırmalı FT-IR Spektrumu .....	25
Şekil 4.4. Farklı oranlardaki blendlerin TGA Eğrileri .....	28
Şekil 4.5. Farklı blendlerin çekme testi grafiği .....	29
Şekil 4.6. Numunelerin O <sub>2</sub> geçirgenliği test sonuçları .....	31
Şekil 4.7. Numunelerin CO <sub>2</sub> geçirgenliği test sonuçları .....	31
EK 1- Şekil 4.1. % 100 Polipropilen FT-IR Spektrumu .....	38
EK 1- Şekil 4.2. % 100 Polimetilpenten FT-IR Spektrumu .....	38
EK 1- Şekil 4.3. % 75 PP + % 25 PMP blendinin FT-IR Spektrumu.....	39
EK 1- Şekil 4.4. % 50 PP + % 50 PMP blendinin FT-IR Spektrumu.....	39
EK 1- Şekil 4.5. % 25 PP + % 75 PMP blendinin FT-IR Spektrumu.....	39
EK 2- Şekil 4.1. %100 PP' in DSC Termogramı.....	40
EK 2- Şekil 4.2. %100 PMP' in DSC Termogramı .....	40
EK 2- Şekil 4.3. %75 PP + %25 PMP blendinin DSC Termogramı .....	41
EK 2- Şekil 4.4. %50 PP + %50 PMP blendinin DSC Termogramı .....	41
EK 2 - Şekil 4.5. %25 PP + %75 PMP blendinin DSC Termogramı .....	42
EK 3- Şekil 4.1. % 100 PP' in TGA Eğrileri .....	43
EK 3- Şekil 4.2. % 100 PMP' in TGA Eğrileri .....	43
EK 3- Şekil 4.3. %75 PP + %25 PMP blendinin TGA Eğrileri.....	44



<b>EK 3- Şekil 4.4.</b> %50 PP + %50 PMP blendinin TGA Eğrileri.....	44
<b>EK 3- Şekil 4.5.</b> %25 PP + %75 PMP blendinin TGA Eğrileri.....	45
<b>EK 4-Şekil 4.1.</b> %100 PP' in DMA Analizi .....	46
<b>EK 4-Şekil 4.2.</b> %100 PMP' in DMA Analizi.....	47
<b>EK 4-Şekil 4.3.</b> %75 PP + %25 PMP blendinin DMA Analizi .....	48
<b>EK 4-Şekil 4.4.</b> %50 PP + %50 PMP blendinin DMA Analizi .....	49
<b>EK 4-Şekil 4.5.</b> %25 PP + %75 PMP blendinin DMA Analizi .....	50
<b>EK 5 - Şekil 4.1.</b> %100 PP' in XRD Spektrumu .....	51
<b>EK 5 - Şekil 4.2.</b> %100 PMP' in XRD Spektrumu.....	51
<b>EK 5 - Şekil 4.3.</b> %75 PP + %25 PMP blendinin XRD Spektrumu .....	52
<b>EK 5 - Şekil 4.4.</b> %50 PP + %50 PMP blendinin XRD Spektrumu .....	52
<b>EK 5 - Şekil 4.5.</b> %25 PP + %75 PMP blendinin XRD Spektrumu .....	53
<b>EK 6 - Şekil 4.1.</b> %25 PP + %75 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri .....	54
<b>EK 6 - Şekil 4.2.</b> %25 PP + %75 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri.....	54
<b>EK 6 - Şekil 4.3.</b> %50 PP + %50 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri .....	55
<b>EK 6 - Şekil 4.4.</b> %50 PP + %50 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri.....	55
<b>EK 6 - Şekil 4.5.</b> %75 PP + %25 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri .....	56
<b>EK 6 - Şekil 4.6.</b> %75 PP + %25 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri.....	56
<b>EK 6 - Şekil 4.7.</b> %100 PP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri.....	57
<b>EK 6 - Şekil 4.8.</b> %100 PP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri .....	57
<b>EK 6 - Şekil 4.9.</b> %100 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri .....	58
<b>EK 6 - Şekil 4.10.</b> %100 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri.....	58

## ÇİZELGE DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 2.1.</b> Polipropilenin genel özellikleri .....	17
<b>Çizelge 3.1.</b> PP-PMP Blendlerin Ağırlıkça % Formülasyonu .....	22
<b>Çizelge 4.1.</b> Numunelerin DSC ve TGA Analiz Sonuçları .....	27
<b>Çizelge 4.2.</b> Numunelerin Çekme Testi Sonuçları .....	29
<b>Çizelge 4.3.</b> Numunelerin O <sub>2</sub> ve CO <sub>2</sub> Geçirgenliği Test Sonuçları .....	30

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<b>DSC</b>	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
<b>FTIR</b>	: Fourier Transform Infrared Spektrometresi
<b>GMO</b>	: Glikomonooleat
<b>HDPE</b>	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
<b>LDPE</b>	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
<b>MAP</b>	: Modifiye Atmosfer Paketleme
<b>PET</b>	: Polietilen Teraftalat
<b>PMP ve PMP</b>	: Polimetilpenten
<b>PP</b>	: Polipropilen
<b>PS</b>	: Polistiren
<b>PVC</b>	: Polivinilklorür
<b>T<sub>c</sub></b>	: Kristalizasyon Sıcaklığı
<b>TGA</b>	: Termo Gravimetrik Analiz
<b>T<sub>m</sub></b>	: Erime Sıcaklığı

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**Gıda Ambalajlarında Kullanıma Yönelik Polipropilen/Polimetilpenten  
Harmanlarının Geliştirilmesi**

**Emine TURAN**

**Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Birten ÇAKMAKLI  
II. Danışman: Prof. Dr. Serdar SALMAN**

**Mayıs, 2017**

Polipropilen (PP), mükemmel mekanik özelliklere sahip yarı saydam bir plastiktir. Ambalaj, tekstil elyafı, otomobil endüstrisi ve inşaat malzemeleri gibi geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Polimetilpenten (PMP veya PMP) özellikleri, geleneksel polielefinlere benzer ve güçlü hidroliz direnci ile mükemmel elektrik yalıtım özelliklerini içerir. Buna ek olarak PMP, düşük dielektrik, mükemmel netlik, şeffaflık, gaz geçirgenliği, ısı, kimyasal direnç ve salıverme özelliklerine sahiptir. Literatürde antifog katkılı (ağırlıkça % 27 Gliserolmonooleat içeren polietilen bazlı masterbach) ve slip ajanlı (ağırlıkça % 2 erucamide içeren polietilen bazlı masterbach) ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranlarında PMP ve PP bazlı kopolimerlerin çift vidalı ekstrüder içine ilavesiyle PMP-PP blendleri elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasında ise; ambalaj üretiminde çok kullanılan PP homopolimeri, PMP (gaz geçirgenlik değerlerini arttırmak için ağırlıkça %25, %50, %75 oranlarında) ve Glikomonooleat (ağırlıkça % 10) kullanılarak çift vidalı ekstrüderi ile PP-PMP blendleri hazırlandı. 60 mikrometre kalınlığında üretilen bu ambalaj numunelerinin, yapısal özellikleri (FT-IR spektroskopisi), kristalitesi (XRD), termal özellikleri (TGA, DSC), mekanik özellikleri (germe-çekme testi, DMA), morfolojik yapısı (SEM) karakterize edildi. Ayrıca PP-PMP karışımlarının oksijen, karbondioksit geçirgenlik değerleri gaz geçirgenlik test cihazı ile ölçüldü.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda Ambalajı, Polipropilen, Polimetilpenten

Hazırlanan bu Yüksek Lisans BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ YÖNETİM BİRİMİ tarafından 288-YL-16 proje numarası ile desteklenmiştir.

# **SUMMARY**

**M. Sc. Thesis**

**Development of Polypropylene/Polymethylpentene Blends for Use in Food Packaging**

**Emine TURAN**

**Mehmet Akif Ersoy University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Material Technologies Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Birten ÇAKMAKLI  
Co-Supervisor: Prof. Dr. Serdar SALMAN**

**May, 2017**

Polypropylene (PP) is a translucent plastic that exhibits excellent mechanical properties. It has a wide range of applications such as in packaging, textile fiber, automobile industry, and construction materials. Polymethylpentene (PMP or trade name of PMP) characteristics are similar to those of traditional polyolefins and include excellent electrical insulating properties and strong hydrolysis resistance. In addition, PMP features low dielectric, superb clarity, transparency, gas permeability, heat and chemical resistance and release qualities. In the literature, PP-PMP blends were obtained by the addition of random PP-based copolymers and 5%, 10%, 15% and 20% (w/w) PMP with antifog additives (Polyethylene based masterbatch containing 27% by weight of glycerol monooleate) and/or slip agent (Polyethylene-based masterbatch containing 2% by weight erucamide) in the twin screw extruder.

In this study, PP-PMP blends with twin screw extruder were prepared using PP homopolymer which are widely used in packaging production, PMP and Glycomonooleate (10%, w/w). The structural properties, thermal properties, crystallinity, morphological properties and mechanical properties of the packaging materials, produced at thicknesses of 60 micrometers were characterized by FT-IR, TGA-DSC, XRD, SEM and DMA-Stress-Strain Tests, respectively. In addition, oxygen and carbon dioxide permeability values of PP-PMP blends were measured by gas permeability tester.

**Keywords:** Food Packaging, Polypropylene, Polymethylpentene

The present M.Sc. / Ph. D. Thesis was supported by Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Commission Under the Project number of 288-YL-16.

# 1. GİRİŞ

Son yüzyılda; nüfus bağlamındaki artışa, tarımsal üretim hızı yetişmemektedir. Küresel ısınma, ekonomik kriz ve artan nüfus nedeniyle milyonlarca kişinin günümüzde en temel gıda maddelerine bile ulaşmakta zorluk çektiği bu ürünlerin muhafazasından kaynaklanan kayıpların engellenmesi ve raf ömürlerinin uzatılabilmesi çok daha büyük bir öneme sahiptir (Gokkurt vd., 2010).

İnsanların yaşamlarını devam ettirebilmesini sağlayacak yeterli oranda gıda maddelerinin temin edilebilmesi, tarım rekoltesinde artışı sağlayacak yeni yöntemler ve/veya hasat edilen tarım ürünlerinin daha uzun raf ömrüne sahip olacak yeni tekniklerin geliştirilebilmesi ile mümkündür. Hasat edilen tarım ürünlerinde, muhafaza tekniklerinin yetersizliğinden kaynaklanan sebepler ile günümüzde yaklaşık % 25 ile %40 arasında değişiklik gösteren oranlarda ürün kayıpların söz konusu olduğu düşünülmektedir. Öncelikli olarak bu kayıpları engellenmesi, yeni ve etkili ürün koruma tekniklerinin geliştirilmesi daha büyük bir önem arz ettiği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Belirtildiği gibi bu yüksek seviyelerdeki kayıpları engelleyecek, yeni ve etkili ürün koruma tekniklerinin geliştirilmesi ile ilgili araştırmalar incelendiğinde son dönemlerdeki çalışmaların, günümüzde yoğun bir şekilde kullanılan aktif ambalajlama ve modifiye atmosfer ambalajlama olarak adlandırılan teknikler geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Bütün bu çalışmalara rağmen, halen bu alanda etkili bir şekilde kullanılacak ambalajlama yapısı veya plastik ambalajlamanın tam olarak elde edilemediği görülmektedir (Scafati vd., 2014).

Bu tez kapsamında; ambalaj üretiminde kullanılan polipropilen ile gaz geçirgenlik değerlerinin çok yüksek olduğu bilinen ancak ambalajlama sektöründe kullanımı bulunmayan polimetilpentenin farklı oranlarda kullanılması ile belirli oranda glikomonooleat ile karıştırılarak ifade edilen eksikliği ortadan kaldıracak, etkin, ekonomik ve uzun raf ömrü sağlayan ambalaj yapısı ya da yapılarının geliştirilebilmesini sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Ambalaj Malzemeleri

Ambalaj; içindeki ürünü koruyan, boşaltma, yükleme, stoklama, kullanım kolaylığı sağlayan ve dayanıklılığını attıran, tüketicinin satın alımını özendiren görevlere sahiptir. Gıda ambalajı; içerisine konulan gıdaları koruyan, bozulmadan son tüketiciye kadar en düşük maliyetle ulaştırılması ve tanıtılmasını sağlayan araç olarak adlandırılmaktadır (Üçüncü, 2007). Türk Gıda Kodeksi' ne göre (Anonim 2010c) gıda ve gıda ile temasta bulunan madde ve malzemelerin kontrolü ve denetimi dair yönetmelikte ambalaj ya da ambalaj materyali şu şekilde tanımlanmıştır; gıda maddelerini dış etkenlerden koruyan ve içine konan gıda maddesini bir arada tutarak taşıma, dağıtım, depolama, tanıtım ve reklam gibi pazarlama işlemlerini kolaylaştıran veya gıda maddeleri ile temasta bulunmak üzere üretilen plastik, cam, seramik, kağıt, metal, ahşap veya bunların karışımından elde edilen materyalleridir.

Türk Gıda Kodeksi' ne göre ambalajlama ile ilgili kurallar şunlardır:

a) Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan tüm gıda maddelerinin ambalajlanması zorunludur.

b) Ambalajlanmış gıda maddesi, ambalajı değiştirilmediği veya açılmadığı sürece gıda maddesine erişilemez durumda olmalıdır.

c) Gazete ve gıda ambalaj materyali olarak üretilmemiş basılı ve yazılı kağıtlar, yeniden işlenmiş kağıtlar ve plastikler gıda ambalaj materyali olarak kullanılmazlar.

Ambalaj materyallerinin genel özellikleri ile ilgili kurallar şunlardır;

a) Ambalaj materyali gıda maddesinin özelliğine bağlı olarak sıcaklık değişimleri, nem, hava, ışık gibi olumsuz dış etkenlerden korumalıdır.

b) Gıda maddelerinin bileşiminde istenmeyen değişikliklere ve organoleptik özelliklerinde bozulmalara neden olmamalı ve gıda maddesiyle etkileşim göstermemelidir.

c) Ambalaj materyali üzerinde izin tarihi ve numarası ile üretici firmanın adı ve bulunduğu il belirtilmelidir.

d) Doldurma, taşıma ve depolama koşullarına dayanıklı ve istiflemeye uygun olmalıdır (Anonim 2010c) (Çinibulak, 2010).

Ambalajlama ürüne göre malzemelerin tasarlanmasını ya da uygun kalıpların hazırlanmasını ve üretilmesi faaliyetlerini kapsamaktadır. Etkin ambalajlama için birinci olarak ambalaj ürününün nasıl bir hizmette bulunması sorusu cevaplanmalıdır. Bunun sonrasında ambalajın rengi, şekli, boyutu, malzemesi ve üzerinde bulunacak yazıların ne

olması gerektiği belirlenmelidir. Farklı değişkenleri ürüne göre uygun hale getirilmelidir.

Aynı zamanda da farklı değişkenlerinin ambalajlamada fiyatlama, reklam ve pazarlama durumları alınan kararlara göre uyumlu olmalıdır. Ambalaj, ürünün satışını etkileyen önemli faktör olmasının yanında aynı zamanda maliyetini arttıran bir unsurdur (Öksüz, 2011).

Sonuç olarak ambalajlama önemli bir süreçtir ve ambalajlama; iç ambalajlama ve dış ambalajlama olarak ikiye ayrılır.

### **İç Ambalajlama**

Herhangi bir ürünün tüketiciye veya son kullanıcıya kadar ulaştırmak için satış noktasında sunulan ve ürünle birlikte satın alınan ambalajdır (Anonim, 2011). Gıdalar ile direk temasta olan bu ambalajlamalara meyve suyu kutuları, kutu kola ve pet şişeler örnek olarak verilebilir. İç ambalajlamanın tutundurma ve koruma olmak üzere iki görevi vardır. İç ambalajın tutundurma görevini etkin yapabilmesi için; ürünün ezilmesine, bozulmasına, dökülmesine engel olmalıdır. Kısacası dış etkenlerden zarar görmesini engelleyecek şekilde tasarlanmalıdır (Öksüz, 2011).

### **Dış Ambalajlama**

Birden fazla sayıda satış ambalajını bir arada tutacak şekilde tasarlanmış ambalajlardır. Üründen ayrıldığında, ürünün herhangi bir özelliğinin değişmesine neden olmaz ve bu ambalajlar genellikle tüketici tarafından alınmaz. Kutu veya şişe kolaların bir arada tutulduğu koliler, kasalar örnek olarak verilebilir (Anonim, 2011). Ürünün özelliğine göre; plastik, ahşap, metal, cam ve kâğıt gibi çeşitli ambalajlama materyalleri kullanılmaktadır. İyi bir ambalaj materyali aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Ürünün temiz olmasını sağlamalı, kirlilik ve farklı maddelerin bulaşmasına engel olmalıdır.
- Besin kayıplarını en alt düzeyde tutmalıdır.
- Ambalaj dizaynının rafta tutulması, taşınması ve dağıtımı sırasında gerçekleşebilen durumlara karşı koruyucu olmalı ve elle çok rahat tutulabilmelidir. Ürünün büyüklüğünü, ağırlığını ve orijinal şeklini muhafaza etmelidir.
- Ambalaj malzemeleri ürünü kimyasal (oksidasyon vb.) ve fiziksel (darbe vb) oluşabilecek durumlara karşı korumalıdır.
- Ambalaj malzemelerinin üzerinde ürün içeriğini, saklama koşullarını ve uygun kullanımını içeren etiket bulunmalıdır.



- Ambalaj materyali ürünü en iyi şekilde tasarlanmalı ve kullanımını kolay olmalıdır (Anonim, 2007).

Ambalajlama materyalleri dört ana gruba ayrılmaktadır;

- Cam esaslı ambalaj materyalleri,
- Kağıt esaslı ambalaj materyalleri,
- Metal esaslı ambalaj materyalleri,
- Plastik esaslı ambalaj materyalleri,

Bunların dışında; pamuk, ahşap, kenevir, seramik gibi malzemelerden yapılan ve değişik malzemelerden karıştırılmış kompozit ambalajlar kullanılmaktadır.

### 2.1.1. Cam Ambalajlar

Katı ve sıvı maddelerin korunması için soda-kireç camının ısıtılarak şekillendirilmesiyle elde edilen üründür (Öztop, 2007). Üretimi yaklaşık 4000 yıl öncelere dayanmakta olan camın ilk kullanımı süs eşyası olarak başlamış, şekillendirme gibi olanakların gitgide artmasıyla çeşitli ev eşyası, kavanoz, şişe, gözlük camı ve pencere camı gibi farklı alanlara yayılarak gelişimini devam ettirmiştir (Üçüncü, 2007). Şekil 2.1’ de cam ambalaj tipleri görülmektedir.



Şekil 2.1. Cam ambalaj tipleri

### 2.1.2. Kağıt, Karton ve Oluklu Mukavva Ambalajlar

Bitkisel liflerden elde edilen ve yenilenebilir bir kaynaktan olan kağıt hamuru; kağıt, karton, oluklu mukavva ve benzeri üretilmiş ürünlerin üretimi için kullanılan hammaddedir (Robertson,1993). Kağıt; esnek, yarı esnek ve esnek olmayan ambalajlarda çok işlevli materyallerdir. Genellikle kullanımı kuru gıdaların paketlenmesinde ve kağıda göre daha kuvvetli yapısı olan karton yapımında da kullanılmaktadır. Şekil 2.2’ de kağıt, karton ve oluklu mukavva ambalajı görülmektedir. Oluklu mukavva ise kartona göre daha sert bir yapıda olup, ürünün mekanik olarak zarar görmesini engellemek ve taşıma

amacıyla kullanılmaktadır. Üstelik kağıtların çoğu ürünü ışığa karşı kısmen veya tamamen korumaktadır. Biyobozunur ve geri dönüşümü yapılabilen ambalajlardır. En büyük dezavantajları oksijen bariyeri ve su buharının ihmal edilebilecek kadar düşük olmasıdır (Altuntaş, 2014).



Şekil 2.2. Kağıt, karton ve oluklu mukavva ambalajlar

### 2.1.3. Metal Ambalajlar

Gıda ambalajlarında, metallerin ambalaj malzemesi olarak kullanılması oldukça önemlidir. 18. yüzyılın ortalarından bu yana ısıtılmış gıdaların muhafazasında kalay kaplı metal kutular kullanılmaktadır. Alüminyum, çelik ve bu metallerin oluşturduğu kaplamaların ışığı geçirmemeleri bilhassa ışığa duyarlı olan gıda ambalajlanmasında kullanımı büyük bir avantajdır. Metal ve cam ambalajların farkları incelendiğinde ise; metaller, gaz, su buharı ve aromalara karşı aynı cam materyaller gibi bariyer görevi görmekte fakat fiziksel darbelere ve sıcaklık dalgalanmalarına karşı dirençli olması ise cam malzemelerden ayıran özellikleridir (Altuntaş, 2014).



Şekil 2.3. Metal ambalajlar

#### **2.1.4. Plastik Esaslı Ambalaj Malzemeleri**

Kömür, gaz ve ham petrol pastiklerin kaynağıdır. ham maddesi çok geniş olan Plastik ambalajlardan binlerce çeşit malzeme üretilmekte ve ambalajlama sektörünün her alanında kullanılmaktadır. Kolay şekil alabilmeleri, hafif olmaları, gazlara karşı koruyucu ve hijyenik hale kolay gelebilen plastikler; özellikle şişe, tepsi ve kap gibi ambalaj üretimlerinin önemli hammaddeleri arasındadır. HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen), LDPE (Düşük Yoğunluklu Polietilen), PVC, PET, (Polietilen Naftalat), PP ve PS, plastik esaslı ambalaj yapımında kullanılan hammaddelerdir (Çinibulak, 2010).

#### **2.2. Aktif Ambalajlama**

Yeni gıda paketleme teknolojileri; tüketici taleplerine veya ürün kalitesinin kontrollü, uzun süre raf ömrüne sahip, hafif, taze, lezzetli ve kullanışlı gıda ürünlerine yönelik endüstriyel üretim trendlerine göre geliştirilmektedir. Geleneksel gıda ambalajlamaları gıdaları: mikroorganizmalar, oksijen, koku oluşumları, ışık vb. gibi dış etkenlerden ve ürünün kalitesini daha uzun bir sürede korunmasını sağlamaktadır. Gıdalarla temas halindeki maddelerin mümkün olduğunca inert olması veya bu temasın minimum düzeyde olması, ambalajlama yöntemlerinde en önemli kilit noktadır.

Aktif ambalajlama kapsamında, paketleme malzemesi olarak kullanılan polimerlerin esas özelliklerine ya da polimer içerisinde belirli maddelerin kullanılmasına dayanmaktadır. Polimerin esas nitelikleri, polimer zinciri içinde bir aktif monomerin yerleştirilmesiyle ya da aktif bir gruba kasıtlı olarak aşılandığı durumda aktif fonksiyona neden olabilmektedir (Ozdemir vd., 2004; Dainelli vd., 2008). Çalışma prensiplerine göre aktif ambalajlama sistemleri “aktif salıcı-yayıcı” sistemler ve “aktif emici-tutucu” sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Bu sistemlerde; etilen tutucular, oksijen tutucular, etanol ve antioksidan salan tablet, karbondioksit tutucu ve salıcılar, kesecik veya katkılardan faydalanılmaktadır (Gökkurt, 2012).

##### **2.1.1. Oksijen tutucular**

Oksijen tutucular bugün ticari açıdan en önemli aktif ambalaj türüdür ve ilk olarak 1970’ lerin başlarında Japan Mitsubishi Chemical Company (Ageless®) tarafından geliştirilmiştir (Mohan vd., 2008). Gıdaların bozulmasında; oksijen varlığında gıda içindeki bileşenlerin oksidasyonu veya mikroorganizmaların etkinlikleri sonucunda oluşan değişimler ve metabolitler önemli bir yer tutmaktadır. Oluşan bu oksidatif reaksiyonlar ürünün kalitesinin düşmesine neden olur (Galdi vd., 2008). Oksijene duyarlı olan gıdalar

MAP ile ambalajlansa bile, ortamda bulunan kalıntı oksijen tam olarak uzaklaştırılmaz ve çevredeki oksijen, ambalaj malzemelerinden ambalaj içerisine geçmektedir. Oksijen tutucular içeren ambalajlar; ambalaj atmosferindeki kalıntı oksijeni absorbe edebilmektedir. Demir bazlı sistemler günümüzde en çok kullanılan oksijen tutuculardır (Altieri vd., 2004, Charles vd., 2006).

Sonuç olarak; ambalaj atmosferindeki oksijen konsantrasyonu ve ambalaj malzemesinin oksijen geçirgenliği bilinmeli ve istenilen koşullara en uygun oksijen tutucu seçilmelidir. Böylelikle, ortamdaki oksijen uzaklaştırılarak gıdanın raf ömrünü uzamaktadır (Vermeiren vd., 1999).

### **2.1.2. Karbondioksit Tutucu ve Üreticiler**

Sebze ve meyveler, solunum sonucu karbondioksit (CO<sub>2</sub>) üretirler. Ambalaj içinde biriken CO<sub>2</sub>; gıdanın bozulmasına ve bazı ürünlerde paketleme malzemesinin zarar görmesine neden olur. Bu durumda oluşan yüksek CO<sub>2</sub>' i ortamdan uzaklaştırmak için kalsiyum hidroksit ve kalsiyum klorür içeren karbondioksit tutucular kullanılır. (Labuza, 1983; Vermeiren vd., 1999).

Et ve tavuk gibi bazı ürünler için CO<sub>2</sub> düzeyinin %10-80 oranında ambalaj içerisinde bulunması istenmektedir. Çünkü yüksek orandaki CO<sub>2</sub> mikrobiyal aktivitesini engelleyerek raf ömrünü uzatmaktadır. CO<sub>2</sub> geçirgenliği O<sub>2</sub> geçirgenliğinden yüksek olan ambalajlar kullanıldığında ise: mikrobiyal aktiviteyi belirli bir seviyede tutmak için ambalaj içerisine CO<sub>2</sub> üretici sistemler yerleştirilebilir (Labuza, 1983; Ozdemir vd., 2004).

### **2.2.3. Nem Tutucular**

Gıdaların bulunduğu ortamdaki nem yeteri kadar uzaklaştırılmaz ise gıdalar nemi bünyesine alarak mikrobiyal bozunma gerçekleşmektedir. Yüksek oranlardaki nem kek, bisküvi ve kraker gibi ürünlerde yumuşamaya sebep olmaktadır. Bunun dışında paketlenen gıdalarda buharlaşma olması gıdaların kurumasına neden olmaktadır. Kuruma ve aşırı nem absorpsiyonunu engellemek için ambalajlamada istenen miktarda su buharı geçirgenliğine sahip filmler veya nem kontrollü torbalar ve pedler kullanılır (Labuza, 1983; Vermeiren vd., 1999; Ozdemir vd., 2004). Nem kontrolünde uygulanan metotlarından en önde geleni gıdalardaki su aktivitesi değerini düşürülmesidir (Vermeiren vd., 1999). Nem kontrolü için kuru gıdalarda moleküler süzgeçler, kalsiyum oksit, doğal kil, silika jel gibi nem tutucular kullanılır. Ticari nem tutucular olan Thermanite®, Toppan® ve Peaksorb® gibi ambalaj meteryallerinde iki katman arasına süper absorbantlar yerleştirilerek oluşturulmuştur.

Genellikle poliakrilat tuzları ve nişasta polimerleri süper absorbant olarak kullanılmaktadır (Küçük, 2006).

#### **2.2.4. Etilen Tutucular**

Etilen gazının hasat sonrası meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını arttırarak raf ömrünü kısalttığı bilinmektedir. Bu etkiyi azaltmak için birçok etilen tutucu madde vardır. Ticari ve yaygın olarak kullanılan  $KMnO_4$  bazlı etilen tutucuların çalışma mekanizması etilenin  $KMnO_4$  ile oksidasyonuna dayanmaktadır.  $KMnO_4$  toksik etkisi ve mavi rengi nedeniyle ambalajlarda doğrudan kullanılmazlar. Bu nedenle sadece kesecikler veya saketler içine yerleştirilip paket içerisinde kullanılabilir (Gökkurt, 2012). Etilenin uzaklaştırılmasında aktif karbon bazlı tutucular da kullanılmaktadır. Katalizör olarak Paladyum klorür ( $PdCl$ ) içeren kömür tozu  $20\text{ }^{\circ}C$ ' de etilenin emilmesi için oldukça etkindir. Yapılan çalışmalar sonucunda  $PdCl$  içeren kömür tozu  $20^{\circ}C$ 'de etilen birikimini engeller. Kivi ve muz dilimlerinin yumuşamasını ve ıspanak yapraklarındaki klorofil kaybını azaltmıştır (Abe vd., 1991).

#### **2.2.5. Aroma, Koku Sahıclılar ve Emiciler**

Gıda maddeleri, işleme sırasında özgül koku ve tatlarını belirli bir düzeyde yitirebilir. Bu durum ambalajlama veya ürünün depolama sürecinde meydana gelebilir. Bu değişikliklerin gıdalara uygulanan ısıl işlem sürecinde de olabilir fakat bu değişiklikler aroma maddeleri tarafından da absorbe edilebilir. Aromanın seyreltik formda bulunduğu meyve suyu esaslı içeceklerde plastiğin aroma maddelerini absorbe ediyor olması önemli kayıplar oluşturabilmekte ve bu durum plastik şişelerde ince filmlere göre daha belirgin olarak meydana gelmektedir. Örneğin portakal aromasının ve nane yağının polietilende büyük ölçüde çözündüğünü yapılan araştırmalar göstermiştir (Gökkurt, 2012).

#### **2.2.6. Etanol Sahıclılar**

Etanol, yüzyıllar boyunca koruyucu olarak kullanılmaktadır. Etanol, yüksek konsantrasyonlarda, kalıp ve mayaların proteinlerini denatüre eder. Bu etki, şiddetli olmamasına rağmen, düşük seviyelerde bile antimikrobik etkiler gösterir. İstenilen etkiyi elde etmek için, ambalajlamadan önce gıda maddesine etanol püskürtülür. Ethicap adı verilen bir ürün, silikon dioksit tozuna absorbe edilen ve kağıt etilen vinil asetat kopolimer keseciklere yerleştirilen etanol/su karışımından oluşur. Alkol kokusu keseciklere vanilya

gibi izlerin eklenmesiyle önlenir. Kullanılan kesecik boyutu, gıda maddesinin su aktivitesine ve ürünün istenen raf ömrüne bağlıdır.

Etanol buharı kullanmanın temel dezavantajı kokusudur. Bazı durumlarda, ürünlerdeki etanol konsantrasyonu sorunlara neden olabilmektedir. Ürün tüketimden önce bir fırında ısıtılırsa, biriken etanol buharlaşacaktır. Bu nedenle etanol buhar jeneratörleri, kullanımdan önce ısıtılması düşünülen ürünlerde güvenle kullanılabilir. Gıdaların mikrobiyal bozulma ile ilgili olarak raf ömrünü uzatmak için gaz paketlemesinde uygulanabilir destek sağlayabilir (Hurme vd., 2002).

### **2.3. Modifiye Atmosferde Paketleme (MAP)**

Gıdaların bileşim ve özelliklerindeki istenmeyen değişimlerin en önemli nedenleri; fiziksel, kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmalardır. Bu tür bozulmaların engellenmesi ve gıdaların dayanma sürelerinin uzatılabilmesi için birçok sayıda gıda işleme ve muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir. Günümüzde de bu işleme ve muhafaza yöntemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Gökkurt, 2012).

Geliştirilen bu yöntemlerin çoğu ürün çevresini saran atmosfer bileşimindeki oksijen seviyelerinin düşürülmesi prensibine dayanmaktadır (Kader vd., 1989; Üçüncü, 2007). Gıda maddeleri işlendikten sonra tüketiciye ulaşımındaki süre içerisinde oksijen ile temas ettirilmediğinde, genellikle uzun süre tazeliğini korumaktadır. Böylelikle gıdanın raf ömrü uzamaktadır. Gıda maddelerinin raf ömürlerini uzatmak, ambalaj içindeki atmosferin değiştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Metin, 1999).

Gıda maddelerinin ambalaj içerisindeki ömrünü uzatabilecek en etkili yöntem ise “Modifiye Atmosferde Paketleme” yöntemidir. Bu yöntem; ambalaj içerisindeki havanın uzaklaştırılması ya da istenilen bileşimdeki gazların ilave edilmesi ile ürünün raf ömrünü uzatmak için en uygun atmosfer koşullarının oluşturulmasıdır (Sivertsvik vd., 2002).

Günümüzde modifiye atmosferde paketleme tekniği ile satılan ürün piyasasının % 30' unu soğutulmuş etler, % 14' ünü çerezler ve kuru gıdalar, % 13' ünü pişirilmiş etler ve % 10' unu ise deniz ürünleri yer tutmaktadır. Günümüzde ise, az işlenmiş meyve ve sebze ürünlerine önemli bir talep oluşmakta ve bu ürünlerde yoğun bir şekilde modifiye atmosferde paketleme yöntemi kullanılmaya başlanmıştır (Emir, 1998).

Modifiye atmosfer paketlemenin avantajları;

- %50-400 civarında raf ömrü dolayısıyla ekonomik kayıpların engellenmesi,
- Yüksek kalitede ürün sağlanması,
- Ürünün daha uzak mesafelere dağıtılması,

- Kimyasal katkı ihtiyacını minimize etmek veya ortadan kaldırması sağlamaktadır.

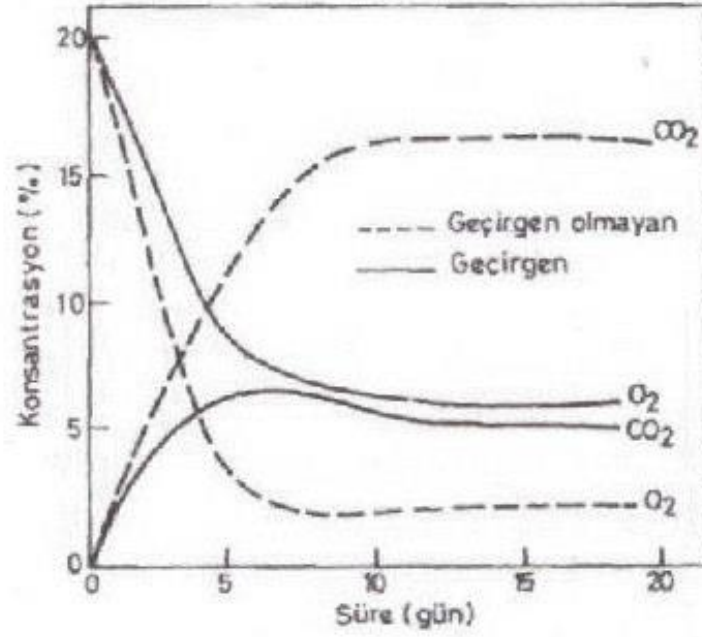
Modifiye atmosfer paketlemenin dezavantajları;

- Sıcaklık kontrolü şarttır.
- Her ürün için farklı gaz kombinasyonu sağlanmalıdır.
- Özel ekipman ve eğitim gerekir.
- Paketin açılması veya sızdırması tüm faydayı ortadan kaldırmaktadır (Bingöl, 2009).

Ambalaj içerisinde modifiye atmosfer koşullarının sağlanması, pasif ve aktif modifikasyon olarak adlandırılan iki yolla gerçekleştirilebilmektedir. Pasif modifikasyon, meyve-sebze gibi solunum yapan ürünlerde, aktif modifikasyon ise her türlü gıdada uygulanabilmektedir (Gökkurt, 2012).

### **2.3.1. Pasif Modifikasyon**

Pasif MAP' da, ürün ile çevresinin yanı sıra ambalaj malzemesi yoluyla gaz ve buhar alışverişi meydana gelir. Mikrobiyal kontaminasyon varsa, mikroorganizmaların solunum yolları (aerobik veya anaerobik) gaz değişimleri içerir. Başlangıçta tepe boşluğu havadır. Daha sonra geçici bir süre sonra gaz ve buhar geçirgenliğinde malzeme vasıtasıyla üründen üretimi ile gaz ve buhar tüketimi dengelendiğinde sabit duruma gelir. Bu kararlı durum atmosferi, önerilen en iyi atmosfere mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Aksi takdirde mal kalitesine zarar verebilmektedir (Gontard vd., 2009).



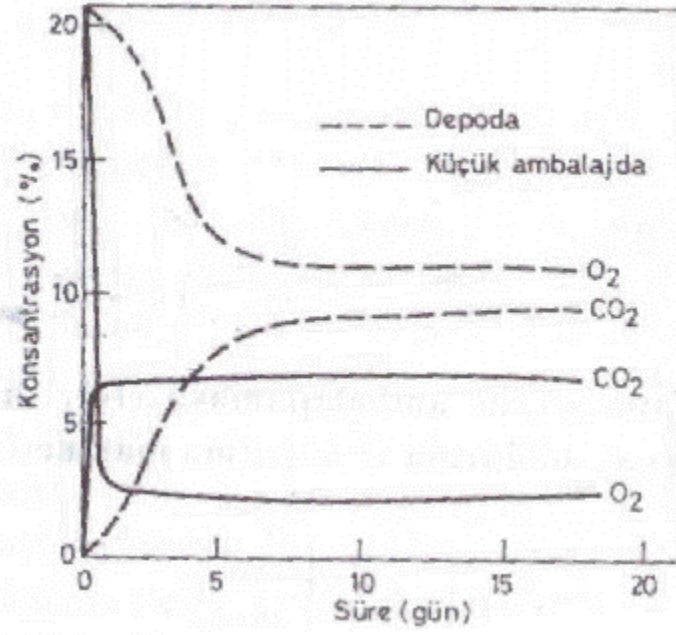
**Şekil 2.4.** Pasif modifikasyon uygulamasında geçirgen ve geçirgen olmayan ambalaj içindeki atmosfer bileşimindeki değişim (Floros, 1990)

Pasif yöntem aktif yöntemle kıyasla yavaş bir yöntemdir. Ancak daha ekonomik olması nedeniyle son yıllarda çabuk bozulan sebze ve meyveler için geçirgen paket materyalleri kullanılmak amacıyla uygulamaya geçilmiştir.

### 2.3.2. Aktif Modifikasyon

Aktif modifikasyon, pasif modifikasyondaki geçici süreyi azaltmak için geliştirilen bir yöntemdir. Aktif modifikasyon uygulamasında depo ve küçük ambalaj içindeki atmosfer bileşimindeki değişimde, istenilen O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> oranına hızlıca ulaşmak için (Şekil 2.5.) başlangıçtaki tepe-boşluk bileşimi normal havadan farklılığını gaz akışı ile inert bir gaz karışımı ilave edilerek sağlanır (Tuncalı, 2015). Bu yöntem gıda sanayinde geniş bir uygulama alanına sahiptir.





**Şekil 2.5.** Aktif modifikasyon uygulamasında depo ve küçük ambalaj içindeki atmosfer bileşimindeki değişim (Floros, 1990)

Aktif modifikasyonda uygulanan yöntemler aşağıdaki gibi 3 grupta toplanılabilir:

- ◆ Birinci yöntem; ambalajda olması istenilen bileşimde gazın verilmesiyle mevcut atmosferin değiştirilmesidir.
- ◆ İkinci yöntem; ambalaj içerisine yerleştirilen modifiye edici kitlerdir. Bu gibi kitler atmosferde bulunan etilen veya O<sub>2</sub> absorbe eder ve CO<sub>2</sub> üreterek istenilen gaz kompozisyonunu oluşturur.

Üçüncü yöntem ise vakum ambalajlama olup ambalaj içerisindeki havanın vakumla boşaltılıp ve kapatılmasıdır. Ambalajda oluşturulan vakum, üründe bozulmaya neden olan biyokimyasal, kimyasal, mikrobiyolojik gelişmeler ve enzimatik reaksiyonlar için gerekli olan oksijenin etkisini indirmektedirler (Gökkurt, 2012).

#### 2.3.4. MAP Tasarımı ve Optimizasyonu

Ambalaj ve ambalajlanacak ürünün fizyolojisi dikkate alınarak tasarlanması ile MAP 'de başarılı sonuçların elde edilmesi mümkün olmaktadır. Ambalajlanan ürünün solunum yapması CO<sub>2</sub> üretip, O<sub>2</sub>' i tüketecektir. Ürünün atmosferi değiştirildiğinde: bu gazların konsantrasyon eğimini arttırır, ambalaj içinde ve dışında net bir gaz akışı sağlar. Ambalajın geçirgenliği yeterli ise; ürünün O<sub>2</sub> tüketim ve CO<sub>2</sub> üretim oranı, paket içindeki gazların geçirgenlik oranına eşit olduğu durumda ambalaj içindeki atmosfer bileşimi sabit

kalmaktadır. Kararlı hal atmosferi elde etmek için gereken süre; ürünün solunum oranı ve ambalajın tepe hacmine bağlıdır. Yüksek solunum oranı ve düşük tepe hacmi olan ürünler kararlı hal durumuna daha hızlı ulaşacaktır. Kararlı hal atmosferinin muhafaza edilmesi için ürünün solunum hızı sabit kalmalıdır. Bu atmosfer modifikasyon işlemi yalnızca ürün solunumu ve paketin geçirgenlik özelliklerine bağlı olduğu için pasif MAP olarak adlandırılır.

MAP tasarımı, ürünün solunum hızı ve solunum katsayısı ( $RCO_2 / RO_2$ ), uygun film özellikleri, uygun film alanı, uygun üretim ağırlığı ve uygun tepe hacmi bulunan uygun bir polimerik filmin belirlenmesini gerektirmektedir. MAP teknolojisi, ürünün fizyolojik parametreleri ile film karakteristikleri arasındaki etkileşimine izin veren interaktif bir sistemdir. Bu sistemde, ürünün solunumu, ürünün terlemesi, gazların ambalaj malzemesi içerisinden geçirilmesi ve ısı aktarımı olmak üzere dört ana süreç bulunmaktadır. Ambalajı solunumu: sıcaklık, olgun ürün ve paket içindeki  $CO_2$ ,  $O_2$  ve etilen seviyesine göre değişir. Ürünün sıcaklığı, solunum sürecinde üretilen ısı nedeniyle de değişir. Terleme, ürünün yüzey sıcaklığına, çevrelerin sıcaklığına ve nemine bağlıdır. Polimerik filmin geçirgenlik özellikleri, malzemenin kimyasal yapısına, ortam sıcaklığına, film kalınlığına, sızdıran gaza ve film boyunca gaz konsantrasyonlarındaki farka bağlıdır (Goswami vd., 2011).

### **2.3.5. Modifiye Atmosfer Paketleme Etkisi**

MAP' ın etkisi genellikle düşük oksijen ortamındaki bitki solunumunda yavaşlamasında gözlemlenen bağlıdır. Ambalajdaki  $O_2$  konsantrasyonu % 10-12' nin altına düştüğünde solunum yavaşlar. Çoğu ürünler için solunumun baskılanması,  $O_2$  % 2-5'e ulaşana kadar devam eder. Eğer  $O_2$  % 2-5' in altına düşerse fermantatif metabolizma normal aerobik metabolizma yerini alır. Bu durum istenmeyen koku ve uçucuların oluşmasını sağlar. Benzer şekilde, atmosferik seviyenin üstünde  $CO_2$  konsantrasyonu artması bazı ürünler için fungal/bakteriyel büyüme ve mikroorganizmaların faaliyetlerinin baskılanması, etilen ( $C_2H_2$ ) üretimi ve etilenin duyarlılığı, solunum hızının baskılanması ile sonuçlanır. Azalan  $O_2$  ve artan  $CO_2$  konsantrasyonları birlikte solunum oranını tek başına olduğundan daha fazla azaltabilir. Genellikle düşük sıcaklık, düşük  $O_2$  ve yüksek  $CO_2$  konsantrasyonları enzimatik aktivitelerin azalması karbonhidrat, organik asit vb. substratın kullanım oranını düşürür. Bununla birlikte meyve ve sebzelerin hasat sonrası ömrünü, normal süresinin ötesinde arttırmaktadır (Goswami vd., 2011).

## **2.4. Modifiye Atmosfer Paketlemede Kullanılan Polimerik Filmler**

Modifiye atmosfer paketleme tekniğinde polimerik ambalaj malzemelerinin kullanılması; taze kesilmiş ürünlerin korunmasında kullanılan gerekli bir teknolojidir (Karaçalı, 2004; Kuçuk, 2006; Brody vd., 2011). Taze kesilmiş ürün ambalajlarındaki tepe boşluk kompozisyonu, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve bağıl nem seviyeleri gibi olumlu ambalaj ortam koşulları, ürün fizyolojik aktivite dengesine, polimer filmlerin su buharı, gaz geçirgenliği ve paket bütünlüğüne (sızdırmazlık) dayanır. Polietilen, polipropilen, polistiren, polivinil klorür, poliamid, etilen vinil asetat (EVA), iyonomerler, biyoplastikler ve mikro delikli filmler gibi çeşitli polimerik filmler taze kesilmiş meyveler ve sebzeleri ambalajlamada test edilmiştir. Fakat taze kesme endüstriyel uygulamasında en çok kullanılan paketleme polimer filmleri: poliolefinler (polietilen ve polipropilen dahil), vinil bileşik polimerler (polistiren ve polivinil klorür) ve polietilen tereftalat (polyester) gibi birkaç polimerle sınırlıdır (Brody vd., 2011).

### **2.4.1. Polietilen (PE)**

Polietilen hem film hem de şişirme kalıplı formda gıda ambalajlarında kullanılan büyük hacimli tek termoplastik polimerdir. Tekrarlanan birimi olan -CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>' ye sahip uzun zincirlerden oluşmaktadır. En inert polimerlerden biri olması, normal kullanımında tehlike oluşturmaz. Polietilenlerin sağlamlılık, dayanıklılık, kolay işlenebilme ve dielektrik özelliklerinin üstünlüğü ile günümüzde oldukça yaygın bir şekilde kullanım alanı oluşturmaktadır. Polietilen, yoğunluğuna göre düşük yoğunluklu polietilen ve yüksek yoğunluklu polietilen olarak ikiye ayrılmaktadır (Tuncalı, 2015).

#### **2.4.1.1. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)**

LDPE bir otoklavda veya boru tipi tubular reaktörde, etilen monomerlerinin 130-350 °C ve 1200–3000 atm basınçta, organik peroksitlerin yardımıyla polimerizasyonundan elde edilmektedir. LDPE dallı zincirli bir termoplastik polimerdir.

Dallı zincirler ana polimer zincirlerinin ambalajlanmasını engeller. 0,910 ila 0,940 g/cm<sup>3</sup> arasında değişen bir yoğunluğa sahip bir reçine elde edilir. Polimer zincirlerinin uzunluğu, soğutma üzerine tam kristalleşmeyi engelleyen belirli bir dolaşma oranına neden olur. Düşük yoğunluklu polietilen iyi gerilme dayanımı ve darbe direncine sahiptir. Nispeten şeffaf ve esnektir olup su buharı için iyi bir bariyerdir (Tuncalı, 2015).

#### **2.4.1.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE)**

HDPE, az dallı veya az yan zincirli doğrusal bir termoplastik polimerdir. Daha yüksek kristallik ve yoğunluğa sahiptir. HDPE filmi LDPE' den daha serttir. LDPE' den daha az şeffaflık ve O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> geçirgenliği vardır (Tuncalı, 2015).

#### **2.4.2. Polistiren (PS)**

Polistiren ucuz ve sert bir termoplastik polimer olup çok geniş kullanım alanına sahiptir. Polistiren, şeffaf ve sağlam bir malzemedir. Yoğunluğu 1,06 gr/cm<sup>3</sup>, gerilme dayanımı 8000 psi, vıcacık yumuşama noktası 106 °C, izod darbe dayanımı 0.2-0.5 ft lb/inç' dir (Kavuştu, 2013). Kristal PS, görünür ışığın %90' nını geçirmektedir. Ultraviyole ışınlar varlığında polistiren sararmaktadır.

Su buharı geçirgenliği orta düzeyde olmasına rağmen oksijen geçirgenliği oldukça yüksek bir değerdir. Maliyeti ve yoğunluklarının düşük olması ile birlikte kolay şekillendirilmeleri olumlu özelliklerindedir (Gökkurt, 2012).

#### **2.4.3. Polivinilklorür (PVC)**

Polivinilklorür, asetilen ve hidroklorik asitten meydana gelen 40-50 atm basınç altında 30-80 °C' de katalizörlerle polimerleştirilmesi elde edilir. Bu elde edilen polivinilklorür; erime noktası yüksek, bükülmeye karşı dirençli bir katıdır. PVC çok amaçlı ve ekonomik bir polimerdir. Yağlara, aşınmaya ve çözücülere karşı dirençlidir. Bir dizi katkı maddeleri ile kolay bir şekilde bileşik oluşturur (Gencer, 2015). Oksijen geçirgenliği oldukça düşük olmasına rağmen su buharı geçirgenliği LDPE' e göre daha yüksektir.

#### **2.4.4. Polietilen Teraftalat (PET)**

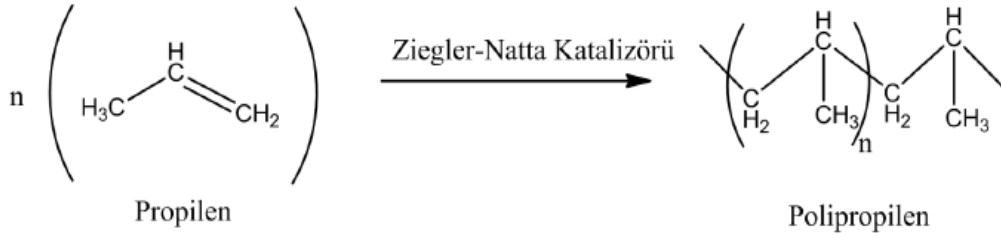
PET, kuvvetli ve düşük maliyetli bir madde olup H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> için iyi bir bariyerdir. Bunun yanında mükemmel berraklık ve parlaklığa sahiptir (Çakır, 2010). PET tipi polimerlerin kopma, gerilme ve çekme mukavemetleri çok yüksektir.

Kullanım sıcaklığı -50 °C ve +150 °C arasındadır. Bu gibi özelliklerin yanında ısıl yapılaşma özellikleri kötüdür. PET çoğunlukla gazlı ve gazsız içeceklerin şişesi olarak kullanım alanı sahiptir (Gökkurt, 2012).

#### **2.4.5. Polipropilen (PP)**

Propilen gazının basınç altında, Trietil alüminyum bazlı kokatalizörleri ve titan esaslı Ziegler-Natta katalizörleri ile birlikte polimerleştirilmesiyle üretilir.

Polipropilen yarı kristal yapıda olup yaygın olarak kullanılan en hafif plastiktir (Sivrihisar, 2008). 165-170 °C gibi yüksek erime noktasına sahiptir ve bu durum polipropilenin yumuşamaksızın 120 °C' e kadar kullanımını sağlamaktadır.



**Şekil 2.6.** Polipropilen oluşumunun şematik gösterimi (Ezdeşir vd., 1999)

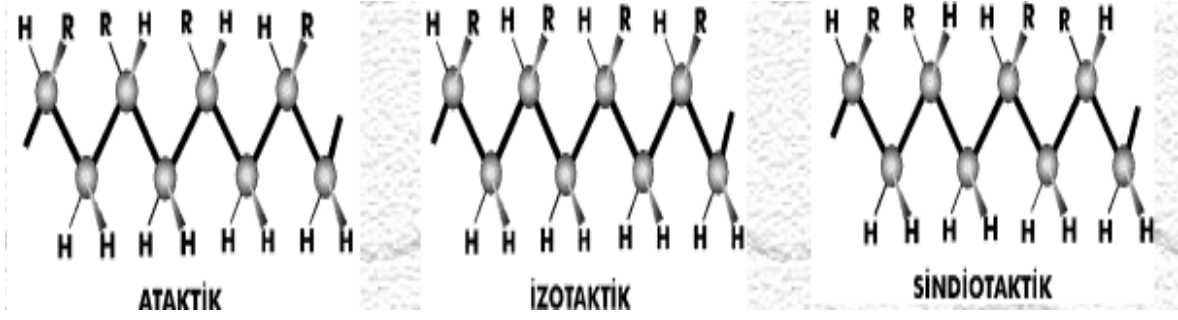
Bununla birlikte, PP' in ergime akış indeksinin (MFI) geniş bir aralığa sahiptir. Ergime akış indeksinin geniş aralıkta olması (0,6-600 g/10 dk) enjeksiyonla kalıplama, ekstrüzyon film, şişirme ile kalıplama ve ısıl şekillendirme gibi işleme süreçlerinde kullanılabilirliğini meydana getirir. Polipropilenin şekillendirme süreçleri esnasında oluşan kristalleşmenin ani soğutma ile engellenebilmesiyle ışık geçirgenliğinin de polietilene oranla oldukça yüksek olmasını sağlar.

**Çizelge 2.1.** Polipropilenin genel özellikleri (Brody vd., 2011)

Yoğunluk	0.855–0.95 g/cm <sup>3</sup>
Renk ve Saydamlık	Renksiz ve Opak/Yarı Opak/Şeffaf
Kristallenme Derecesi	Ataktik Form İçin %0, İzotaktik Form İçin %65-75
Ergime Sıcaklığı (T <sub>m</sub> )	160–175 °C
Camsı Geçiş Sıcaklığı (T <sub>g</sub> )	-10 °C
Isı ile Deformasyon Sıcaklığı	100-110 °C
Kopma Dayanımı	30-40 Mpa
% Uzama	% 250-700
Oksijen Geçirgenlik Değeri	2000-3700 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .gün.atm (25 mikron, 1 atm ve 22-25 °C)
Karbondioksit Geçirgenlik Değeri	8000-10000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .gün.atm (25 mikron, 1 atm ve 22-25 °C)
Su Buharı Geçirgenlik Değeri	6-12 g/m <sup>2</sup> .gün ( 37.8 °C ve %90 RH)
Kuvvetli Asit/Baz Etkisi	Dayanıklı
Organik Çözücü Etkisi	80 °C < Dayanıklı
Güneş Işığının Etkisi	Etkilenir

Polipropilen molekül yapısı ve geometrisine göre enjeksiyon kalıplama endüstrisinde;

1. İzotaktik
2. Sindiyotaktik
3. Ataktik olmak üzere üç farklı polipropilen türü kullanılmaktadır.



**Şekil 2.7.** İzotaktik, sindiyotaktik ve ataktik polipropilenin şematik gösterimi  
(Uyanık vd., 2008)

İzotaktik ve sindiyotaktik polipropilen kristalin yapıda özellik göstermesine karşılık ataktik polipropilen amorf özelliktedir. Polipropilen hammaddeleri arasında en yaygın kullanılan izotaktik polipropilendir. İzotaktik polipropilen üretiminde yan ürün olan ataktik polipropilen yapıştırıcı ve çatı izolasyonunda belirli bir kısımda kullanılmaktadır. Polipropilenlerin genel bariyer özellikleri oldukça iyi olup aroma bariyer özellikleri ise kötüdür (Uyanık vd., 2008).

Polipropilen; otomobil parçası olarak, akü kabı üretiminde, plastik boru üretiminde, gıda maddesi ve ilaç ambalajında, çeşitli ev aletleri, meşrubat şişesi kasalarında, tel ve kablo kaplamalarında, laboratuvar donanımı ve oyuncak yapımında, sentetik çim yapımında, radyatör ızgaralarında, optik ve elektrik malzemelerin imalatında, levha ve profil yapımı gibi birçok alanda kullanım alanı bulunmaktadır (Ekşi, 2007).

## 2.5. Literatüre Araştırması

Scafati vd., 2013 yılında taze meyve ve sebze ambalajlaması için gaz geçirgenliği geliştirilmiş PP-PMP ince filmleri elde ettiler. Bu PMP-PP blendlerinde rastgele polipropilen kopolimerleri ile %5, %10, %15 ve %20 oranlarında PMP kullanılarak çift vidalı ekstrüder içine antifog katkı (ağırlıkça % 27 Gliserolmonooleat içeren polietilen bazlı masterbach) ve/veya slip agent (ağırlıkça % 2 erucamide içeren polietilen bazlı masterbach) kullandılar. Dökme film yöntemi ile üretilen tek tabakalı filmler endüstriyel şartlar altında; geçirgenlik, bulanıklık ve saydamlıkları araştırdılar. PP-PMP blendleri içindeki PMP miktarı arttıkça O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenlikleri arttığını fakat düşük PMP oranlarında saydamlık ve bulanıklığın değişmediğini gözlemlediler. Üstelik Bu blendler ile homo PP 'in çekme ve reolojik testlerini karşılaştırıldığında ise PMP'in çekme ve reolojik özelliklerini etkilemediğini ve yapılan bu çalışma ile PMP'in endüstriyel uygulamalarda yeni bir formülasyon oluşumuna olanak sağlayabileceğini belirtmektedirler.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 4 3.1.1. Polipropilen

Polipropilen homopolimeri ( $d=0.855-0.946 \text{ g/cm}^3$ , MFR=230 °C/16 kg) REPOL' den temin edilmiştir. Film üretimi için uygun olan polipropilen matrix olarak kullanılmıştır.

##### 3.1.2. Polimetilpenten

Polimetil penten, MX0020 (PMP,  $d= 0,834 \text{ g/cm}^3$ , MFR = 21 g/10 min 260°C/5kg) MITSUI' den temin edildi. Şekil 3.2' de gösterilen Ziegler-Natta katolizörleriyle elde edilen polimetil penten (PMP) 4-metilpenten-1 bazlı poliolefindir. Bu hafif polimer eşsiz bir moleküler yapıya sahiptir. PMP kristalimsi bir olefindir. Mükemmel ısı direnci, serbest bırakma ve kimyasal direncinden dolayı yüksek basınçlı kauçuk hortum imalatı, LED ışık oluşturmak için kalıp kapları ve serbest bırakma filmi gibi diğer uygulamalar da dahil endüstriyel malzemeler için kullanılmaktadır. Ayrıca PMP termoplastik polimerler arasında en düşük yoğunluğa sahiptir ve kalıplı maddelere düşük ağırlık verdiği için taşımacılıkta çevresel yükü azaltması PMP' in çevre dostu malzeme olarak halojensiz polimer olduğunu göstermektedir.

#### 3.1. Kullanılan Aletler

##### 3.2.1. Çift Vidalı Ekstüder

POEX T-27 marka çift vidalı eş dönüşlü (co-rotating), 27 mm vida çapı, 48:1 L/D oranına ve 1200 rpm vida dönüş hızında sahip bir ekstrüder ile bileşikler hazırlamak için kullanılmıştır. Bu ekstrüzyon makinesinde bir adet hacimsel ana besleyici, iki adet hacimsel yan besleyici, gazdan arındırma ünitesi, su banyosu ve sabit uzunlukta pelletizer bulunmaktadır. İlave sıcaklık ve basınç ölçüm noktaları kapalı varil sisteminde yer almaktadır.

Elektrik dirençleri ve ısı regülatörü tarafından kontrol edilen su soğutma kanalları, sıcaklığın kontrol altına alınmasında önemli rolü oynamasını sağlamak için her bir modül kovan bölgesine bağlanır.  $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  hassasiyet gösteren 13 sıcaklık bölgesi bulunur. Bu polimer malzemeleri basınç ve sıcaklık etkisiyle erir. Bileşim sırasında oluşan gazlar giderilir ve deşarj ünitesi 12. bölge fiçilerindeki borularla vakum pompasına bağlanır.



Kalıplar ekstrüderin ön ucunda bulunan 5 delikle gerçekleşir. Polimer eriği ekstrüderden çekilir ve su banyosunda soğutulur. İnce çubuk olarak elde edilen polimer peletleyici ile granül olarak adlandırılan küçük taneciklere kesilmektedir.

### **Vida Konfigürasyonu**

Kullanılan ekstruder, karıştırma işlemi için yüksek kalış süresi ve yüksek kesilme ile iyi eritmeyi sağlamak üzere tasarlandı. Vida boyunca çeşitli konfigürasyon türleri vardır. Bu çalışmada kullanılan vidalı konfigürasyon 9 taşıma bloğu, 7 yoğurma bloğu, katı taşıma bölgesi, plastikleştirme bölgesi, eriyik taşıma bölgesi, homojenleştirme bölgesi, gaz giderme bölgesi, basınç oluşturan bölgeyi içermektedir. Ham madde, ilk taşıma bölgesi tarafından alınır; Sonra malzeme yumuşatılır ve ergimiş 3 yoğurma ve 4 taşıma bölgesinin ardından elde edilir. Daha sonra eriyik hali 3 yoğurma ve 4 taşıma bloğu ile homojenleştirilir. Son olarak, bileştirme esnasında oluşan gazlar gaz giderme bölgesi ile uzaklaştırılmaktadır.

### **3.2.2. Dökme Film Ekstrüder Hattı**

Polipropilen esaslı film numuneleri Şekil 3.5' de gösterilen dökme film ekstrüderi ile üretilmiştir. Dökme film ekstrüzyon makinesi, 25 mm vida çaplı iki adet tek vidalı ekstrudere sahiptir. Kafa sıcaklığı 280-300 °C arasında olacak şekilde ayarlanmıştır. Çekme hızı 2,5 m/dakika ve elde edilen filmlerin kalınlığı 60 mikrondur.

### **3.2.3. Şişirme Film Ekstrüder Hattı**

Son olarak gıda ambalaj ürünlerinin üretimi için GPM-Q20 şişirilmiş film ekstrüzyonu kullanıldı. Ekstrüderin varil sıcaklıkları PMP 'nin erime sıcaklığına göre 280-300 °C arasında ayarlanmıştır. Bu ekstrüderin vida çapı 70 mm ve baş çapı 220 mm' dir. Elde edilen filmlerin kalınlığı 60 mikron olarak ayarlanmıştır.

### **3.2.4. Frourier Transformlu Infrared Spektrometre (FT-IR)**

Blendlerin kimyasal yapısını belirleyebilmek amacıyla Polipropplastik Plastik Sanayi Anonim Şirketinde bulunan Bruker Alpha model FTIR-ATR cihazı kullanılmıştır.

### **3.2.5. Differential Scanning Calorimetry (DSC)**

Bu çalışmada numunelerin erime sıcaklığı, camsı geçiş sıcaklığı, süblimleşme sıcaklığı, kristalleşme sıcaklıkları, faz değişimleri, ısı kapasiteleri, termal genişleme ve

termal iletkenlik gibi termal özelliklerini belirlemede Polipropplastik Plastik Sanayi Anonim Şirketinde bulunan TA INSTRUMENTS-Q20 model sıcaklık modüllü diferansiyel taramalı kalorimetre (m-DSC) test cihazı ile ölçüldü. Analiz, azot atmosferi altında 10 °C/dakika ısıtma hızında 25 °C ve 300 °C arasındaki tüm harmanlar için ISO 11957-1 standartına göre yapıldı. Bileşiklerin erime sıcaklıkları ( $T_m$ ), kristalleşme sıcaklığı ( $T_g$ ), erime entalpisi ( $\Delta H_m$ ) ve kristalleşme entalpisi ( $\Delta H_c$ ), bir diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) kullanılarak elde edildi.

### **3.2.6. Termo Gravimetrik Analiz (TGA)**

Elde edilen blendlerin termal bozunmaları ve kütle kayıpları 15-1000 °C sıcaklık aralığında, N<sub>2</sub> (azot) atmosferinde ve 10 °C/dk ısıtma hızında termogravimetrik analiz cihazı olan Seiko SII TG/DTA 7200' de incelenmiştir.

### **3.2.7. Dinamik Mekanik Analiz (DMA)**

Numunelerin dinamik mekanik analizleri PERKIN ELMER DMA 8000 cihazı kullanılarak yapıldı. Boyutları 9,20x8,90x0,06 mm olan örnekler; N<sub>2</sub> (azot) atmosferinde 1 Hz frekansta, uygulama kuvveti 1 N, % 0.2 salınım genliği, % 0.5 statik gerginlik 3 C min-1 ısıtma oranında, (-150 °C)-(200 °C) arasında malzemelerin elastik özelliklerini storage modülüs (E'), viskoelastik özellikleri loss modülüs (E'') ve camsı geçiş sıcaklıkları tan  $\delta$  (E''/ E') incelendi.

### **3.2.8. Çekme-Basma Testi**

Numunelerin Çekme Basma Testleri 0.5 mm/min hızında oda sıcaklığında analizleri SHIMADZU AG-XD 50kN test cihazı ile yapıldı. Uygulanan kuvvete karşı % uzama değerleri incelendi.

### **3.2.9. X-Ray Diffraction Analysis (XRD)**

Elde edilen blendlerin kristal yapı, birim hücre parametreleri ve blend içerisinde bulunan bileşik ve element tayini için BRUKER AXS D8 ADVANCE model X-Işını Toz Difraktometresi (XRD) kullanılarak karakterize edildi.

### **3.2.10. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)**

Sentezlenen polimerlerin yüzey ve kenar görüntülerini gözlemleyebilmek için W (Tungsten) filament ile çalışan LEO 1430 VP model SEM cihazı kullanılmıştır. SEM

cihazı üzerinde X ışınları (EDX- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), geri yansıyan elektron (backscattered electron) ve ikincil elektron (secondary electron) detektörü bulunmaktadır ve görüntü üzerinde kalitatif ve semi-kantitatif olarak elementer analizleri yapabilmektedir.

### 3.2.11. Geçirgenlik Testleri

Geçirgenlik, polimer yüzeyine eriyen malzemeler nedeniyle gerçekleşen bir kütle aktarım olayıdır. O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenlikleri; CO<sub>2</sub> geçirgenliği ASTM F2476 standardına, O<sub>2</sub> geçirgenliği ASTM F2622 standardına göre hazırlanmış olup ExtraSolution O<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub> Çok-geçirgen geçirgenlik aleti ile belirlendi.

## 3.2. Yöntem

### 3.1.1. Blendlerin Hazırlanması

Scafati vd., 2013 yılında yaptığı çalışmada; rastgele PP kopolimerleri (propilenin etilen veya bütenin polimerizasyonu sonucunda üretilen termoplastik reçine) ile PMP' in ağırlıkça %5, %10, %15, %20 oranlarında çift vidalı ekstrüder kullanılarak PP-PMP blendlerini sentezlediler.

Bu çalışmada ise; PP homopolimeri ile ağırlıkça %25, %50 ve %75 oranlarında PMP kullanılarak ve Glikomonooleat (ağırlıkça % 10) kullanılarak çift vidalı ekstrüderi PP-PMP blendleri hazırlandı. PP-PMP içeren numune harmanları Çizelge 3.1' de gösterilmektedir.

**Çizelge 3.1. PP-PMP Blendlerin Ağırlıkça % Formülasyonu**

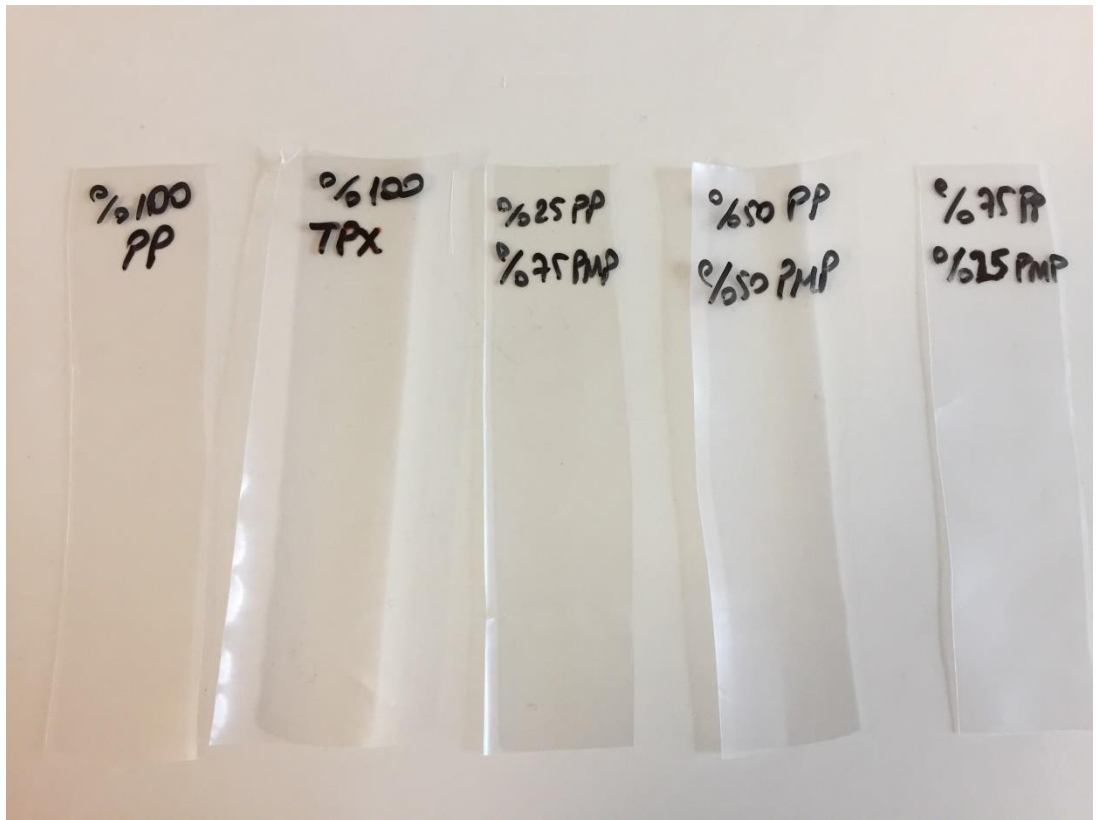
NUMUNELER	PMP	PP
PMP*	100	-
(%25 PMP + %75 PP)*	25	75
(%50 PMP + %50 PP)*	50	50
(%75 PMP + %25 PP)*	75	25
PP*	-	100

\* Glikomonooleat (ağırlıkça % 10)

### 3.1.2. Harmanlama Prosedürü ve Proses Parametreleri

Ekstrüzyon makinesinde 1 ana besleyici ve 2 adet yan besleyici olmak üzere 3 adet volumetrik besleyici bulunur. Ham maddeler önceden hazırlandı ve karışımlar birinci besleyiciyi kullanarak giriş bölgesinden ekstrüzyon içine beslendi. Bileşik materyaller, kalıptan delikler vasıtasıyla ekstrüderden alınarak ve su banyosu içinde soğutuldu.

Peletleyici aracılığıyla pelet haline getirildi. PP için tercih edilen sıcaklık profili 190 °C / 220 °C / 230 °C olup kafa sıcaklığı 240 °C vida hızı ise 300 rpm olarak belirlendi. Olumsuz etkileri önlemek için tüm işlem parametreleri sabit tutulmuştur.



Şekil 3.1. Blendlerin görüntüsü

60 mikrometre kalınlığında hazırlanan bu numunelerin, yapısal özellikleri (FT-IR spektroskopisi), kristalinitesi (XRD), termal özellikleri (TGA, DSC), mekanik özellikleri (germe-çekme testi, DMA), morfolojik yapısı (SEM) karakterize edildi. Üstelik üretilen bu ambalaj filmlerinin oksijen, karbondioksit geçirgenlik değerleri gaz geçirgenlik test cihazı ile ölçüldü.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

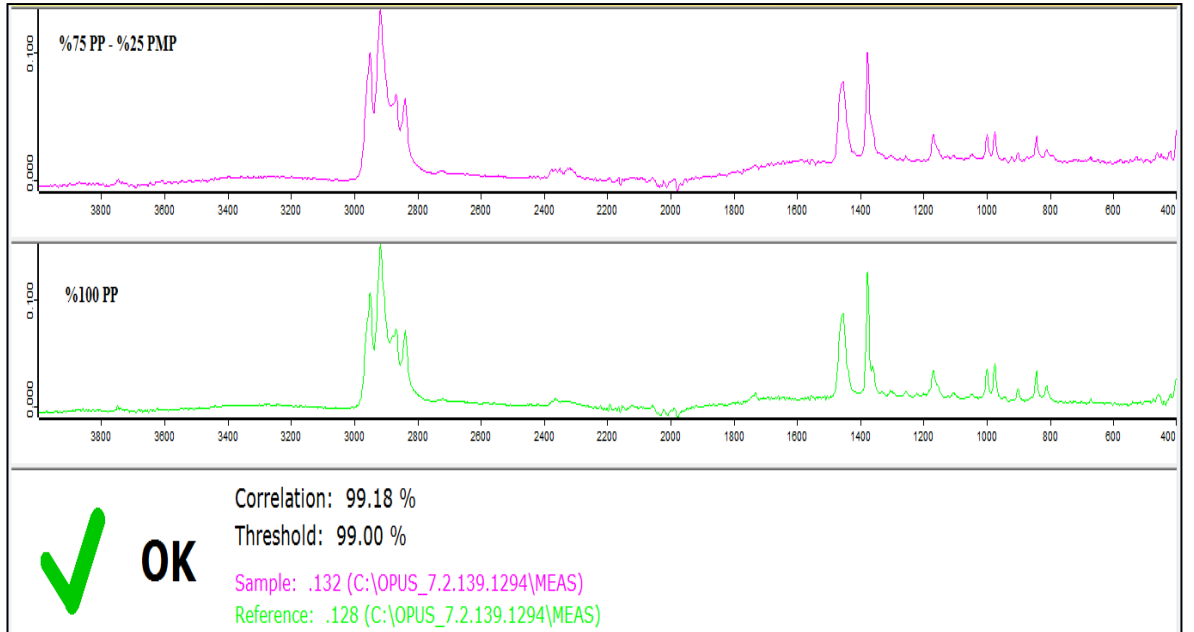
Bu çalışmada, Bölüm 3.3.2' de verilen parametrelere göre PP ve PMP harmanları Çizelge 3.1' de gösterilen ağırlıkça yüzde formülasyonlarına göre hazırlanmıştır.

PP / PMP harmanlarının yapısal özellikleri FT-IR spektroskopi, termal özelliklerini TGA ve DSC, morfolojik değerlendirmesini SEM, kristalinitesi XRD, germe çekme özelliklerini ise DMA analizleri kullanılarak belirlenmiştir.

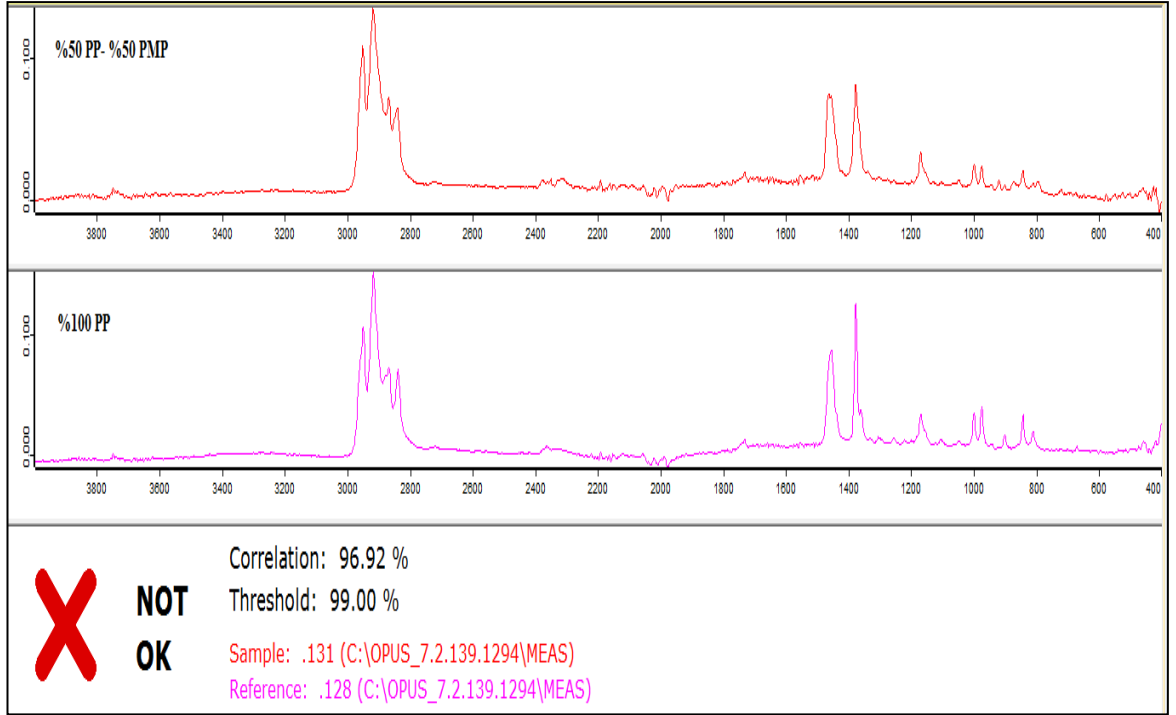
### 4.1. Yapısal Özelliklerin Test Sonucu

#### 4.1.1. FTIR Analizi

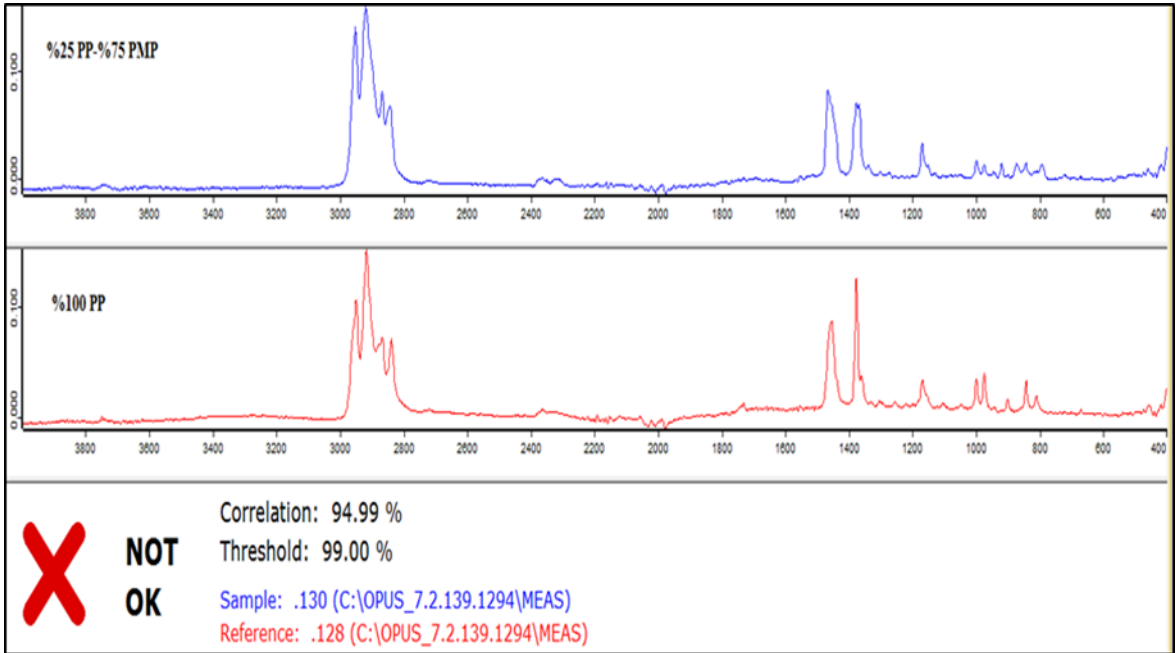
Yapısal özellikleri FTIR spektroskopi ile belirlenmiştir. FTIR analizi, 3.2.4 Bölümde açıklandığı gibi yapıldı. Blendlerin PP ve PMP karşılaştırılmalı spektrumları sırasıyla Şekil 4.1, 4.2, 4.3' te gösterilmektedir. Ayrıca, her bir blendin FTIR spektrumları test sonuçlarının grafiksel gösterimleri EK-1' de verilmiştir. Şekil 4.1' de gösterilen polipropilenin FT-IR spektrumunda  $2917\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda  $\text{sp}^3$  gruplarından gelen karbon hidrojen (C-H) bağı gösteren pik gözlenmiştir. Şekil 4.1, 4.2, 4.3' te verilen blendlerin ve homo PP' in karşılaştırılmalı FTIR spektrumunda artan PMP miktarlarına göre blendlerin karakteristik özelliklerini hemen hemen hiç değişmediği gözlenmiştir.



Şekil 4.1. %100 PP ve %75 PP + %25 PMP karşılaştırılmalı FT-IR Spektrumu



Şekil 4.2. %100 PP ve %50 PP + %50 PMP karşılaştırmalı FT-IR Spektrumu



Şekil 4.3. %100 PP ve %25 PP + %75 PMP karşılaştırmalı FT-IR Spektrumu

## 4.2. Termal Özellikleri Test Sonuçları

### 4.2.1. DSC Analizi

Diferansiyel tarama kalorimetresi testi, Bölüm 3.2.5' de açıklanan prosedüre göre yapıldı. Diferansiyel tarama kalorimetresi test sonuçları Çizelge 4.1' de gösterilmektedir. Ayrıca, numuneler ve karşılaştırma diyagramları için test sonuçlarının grafiksel gösterimleri EK-2' de verilmiştir.

Çizelge 4.1' de gösterilen DSC analiz sonuçlarına göre; blendlerin iki farklı kristallenme sıcaklığı ile iki farklı erime sıcaklığı bulunmaktadır. PP' in ikinci erime ve kristallenme sıcaklığı gözlenmemesine karşılık PMP' in birinci erime ve kristallenme sıcaklığı bulunmamaktadır. Blendlerde ise her iki sıcaklıkta görülmektedir. Her iki sıcaklık PP ve PMP' den farklıdır. Blendlerin birinci erime sıcaklıkları ve kristallenme sıcaklıkları % 100 PP' den daha düşüktür. Birinci kristallenme sıcaklıkları PP oranı arttıkça yükselmektedir. Blendlerde artan PMP oranlarına bağlı olarak erime ve kristallenme sıcaklıklarının çok küçük değerde de olsa farklı olduğu gözlenmektedir.

### 4.2.2. TGA Analizi

Elde edilen blendlerin termogravimetrik analiz testi Bölüm 3.2.6' da açıklanan prosedüre göre yapıldı. % 100 PP, PMP ve farklı oranlardaki blendlerin sonuçları Çizelge 4.1' de ve karşılaştırmalı TGA Eğrileri Şekil 4.4. de gösterilmektedir. Ayrıca, numunelerin test sonuçlarının grafiksel gösterimleri EK-3' de verilmiştir.

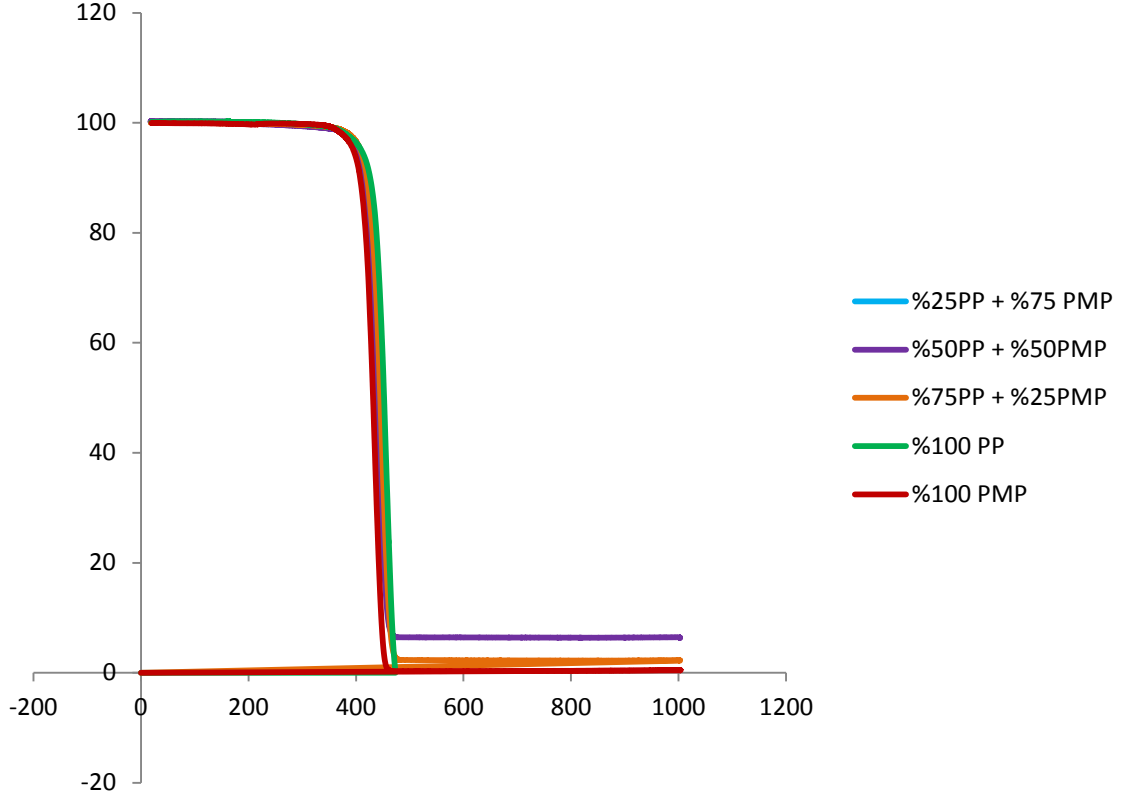
Şekil 4.4. ve Çizelge 4.1' de gösterilen TGA analiz sonuçlarına göre; Bozunma sıcaklıkları % 100 PP' in 361- 495 °C arasında ve PMP' in ise 390-471 °C arasındadır. Blendlerin bozunma sıcaklıkları bu iki polimerin değerleri arasındadır. DTG grafiklerine göre; Bozunma sıcaklıklarının max pik gösterdiği sıcaklık değeri % 100 PP için 456 °C, PMP için 435 °C' dir. Blendlerin ise PP oranı % 25 için 439 °C, % 50 için 440 °C ve % 75 için ise 450 °C' dir. Sonuç olarak PP oranı değiştikçe bozunma sıcaklıkları PP' in bozunma sıcaklığına yaklaşmaktadır.

**Çizelge 4.1.** Numunelerin DSC ve TGA Analiz Sonuçları

Numuneler	DSC								TGA (°C)	
	T <sub>m</sub> (°C)		ΔH <sub>m</sub> (j/g)		T <sub>c</sub> (°C)		ΔH <sub>c</sub> (j/g)		T <sub>d1</sub>	Ağırlık kaybı (%)
	T <sub>m1</sub>	T <sub>m2</sub>	ΔH <sub>m1</sub>	ΔH <sub>m2</sub>	T <sub>c1</sub>	T <sub>c2</sub>	ΔH <sub>c1</sub>	ΔH <sub>c2</sub>		
%100 PP	164,66	-	79,08	-	116,41	-	87,61	-	390- 495	99
%25PP+%75PMP	160,11	223,30	32,85	11,38	68,99	206,05	7,53	12,65	370-470	98,3
%50PP+%50PMP	162,71	225,72	45,14	5,00	108,28	206,25	49,58	4,57	390-480	99,9
%75PP+%25PMP	157,92	224,15	80,92	1,59	109,29	206,83	85,06	1,52	396-494	98,4
%100 PMP	-	223,51	-	34,35	-	205,52	-	37,20	370-470	99,9

T<sub>m</sub>: Erime sıcaklığıT<sub>d</sub>: Bozunma sıcaklığı





**Şekil 4.4.** Farklı oranlardaki blendlerin TGA Eğrileri

### 4.3. Mekanik Özelliklerinin Test Sonuçları

#### 4.3.1. Dinamik Mekanik Analiz (DMA)

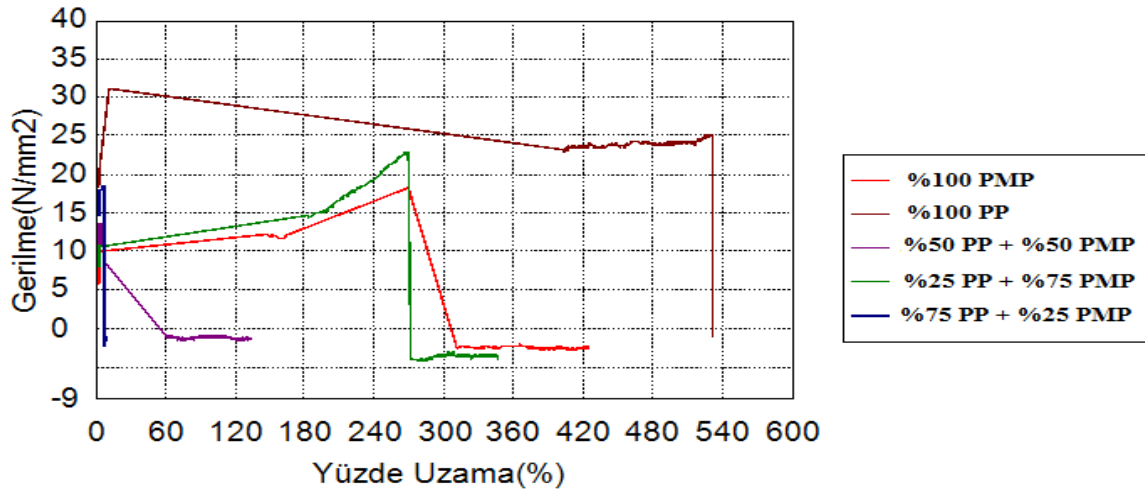
Elde edilen blendlerin dinamik mekanik analiz testi Bölüm 3.2.7' de açıklanan prosedüre göre yapıldı. % 100 PP, PMP ve farklı oranlardaki blendlerin elastik özelliklerini storage modülüs ( $E'$ ), viskoelastik özellikleri loss modülüs ( $E''$ ) ve camlı geçiş sıcaklıkları  $\tan \delta$  ( $E''/E'$ ) ait test sonuçlarının grafiksel gösterimleri EK-4' de verilmiştir.

#### 4.3.2. Çekme-Basma Testleri

PP, PMP ve blendlerin çekme testi Bölüm 3.2.8'de açıklandığı gibi yapıldı ve sonuçları Çizelge 4.2' ve Şekil 4.5.'de verilmiştir. Bu değerlere göre uygulanan en büyük gerilme kuvveti  $31 \text{ N/mm}^2$  ve blendlerin ise daha düşüktür. % uzama değerleri ise PP oranı azaldıkça artmakta ve PMP değerinin uzama değerlerine yaklaşmaktadır.

**Çizelge 4.2.** Numunelerin Çekme Testi Sonuçları

Numuneler	Max Gerilme (N/mm <sup>2</sup> )	Max Kuvvet (N)	Max Yüzde Uzama (%)	Max Uzama (mm)	Max Şekil Değişimi (mm)
% 100 PP	31,0624	18,3423	11,6916	3,85823	3,85823
% 75 PP + % 25 PMP	18,5683	11,9766	5,74459	1,79231	1,79231
% 50 PP + % 50 PMP	13,5434	10,1169	4,52361	1,01781	1,01781
% 25 PP + % 75 PMP	22,8937	14,5833	268,587	66,4753	66,4753
% 100 PMP	18,3155	14,6707	269,078	75,3419	75,3419



**Şekil 4.5.** Farklı blendlerin çekme testi grafiği

#### 4.4. Morfolojik Özelliklerinin Test sonuçları

##### 4.4.1. SEM Analizi

Proses koşullarının PP içerisinde PMP dağılımı üzerine etkisini Taramalı elektron mikroskopisi (SEM) ile incelendi. Polimer filmleri Bölüm 3.2.10' da açıklandığı gibi altın kaplama yapılarak incelendi. % 100 PP, PMP ve farklı oranlardaki blendlerin yüzey ve kenar görüntüleri 500, 1000, 5.000 ve 10.000 büyütme yapılarak incelendi ve SEM fototğrafları EK-6' de verilmiştir. Buna göre; filmlerin yüzey görüntüleri oldukça homojen

dağılım ve iyi bir PMP dağılımı görülmektedir. Fakat Filmlerin kenar görüntüleri incelendiğinde; polimer filmlerinde PMP içeriği arttıkça PMP' in kenar görüntüleri özelliklerini taşıdığı görülmektedir. Benzer olarak PP oranı arttıkça ise PP filmlerinin kenar görüntüleri özelliklerini taşıdığı görülmektedir.

#### 4.4.2. XRD Analizi

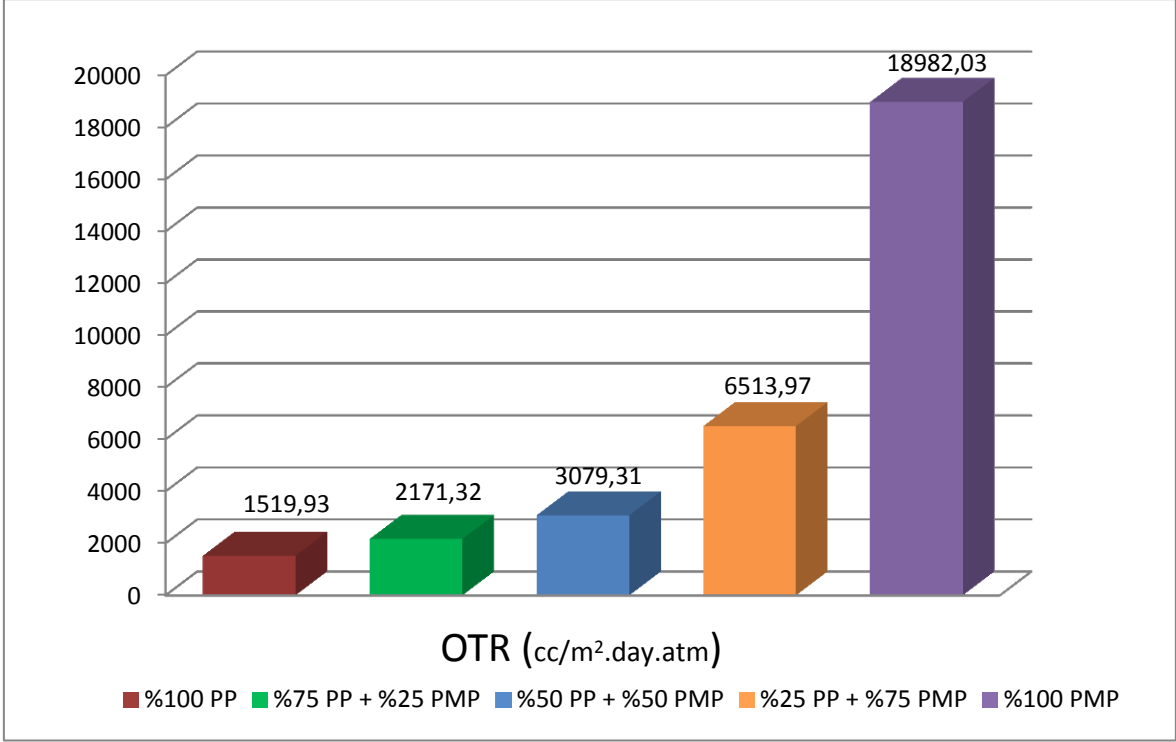
PP, PMP ve blendlerin kristalinite ile ilgili testler Bölüm 3.2.9' de açıklanan prosedüre göre yapıldı. XRD analizinde numuneler film halinde incelenmiştir. Kristalinite ile ilgili X ışınları kırınım termogramları EK-5' de verilmektedir.

#### 4.5. Gaz Geçirgenliğinin Belirlenmesi

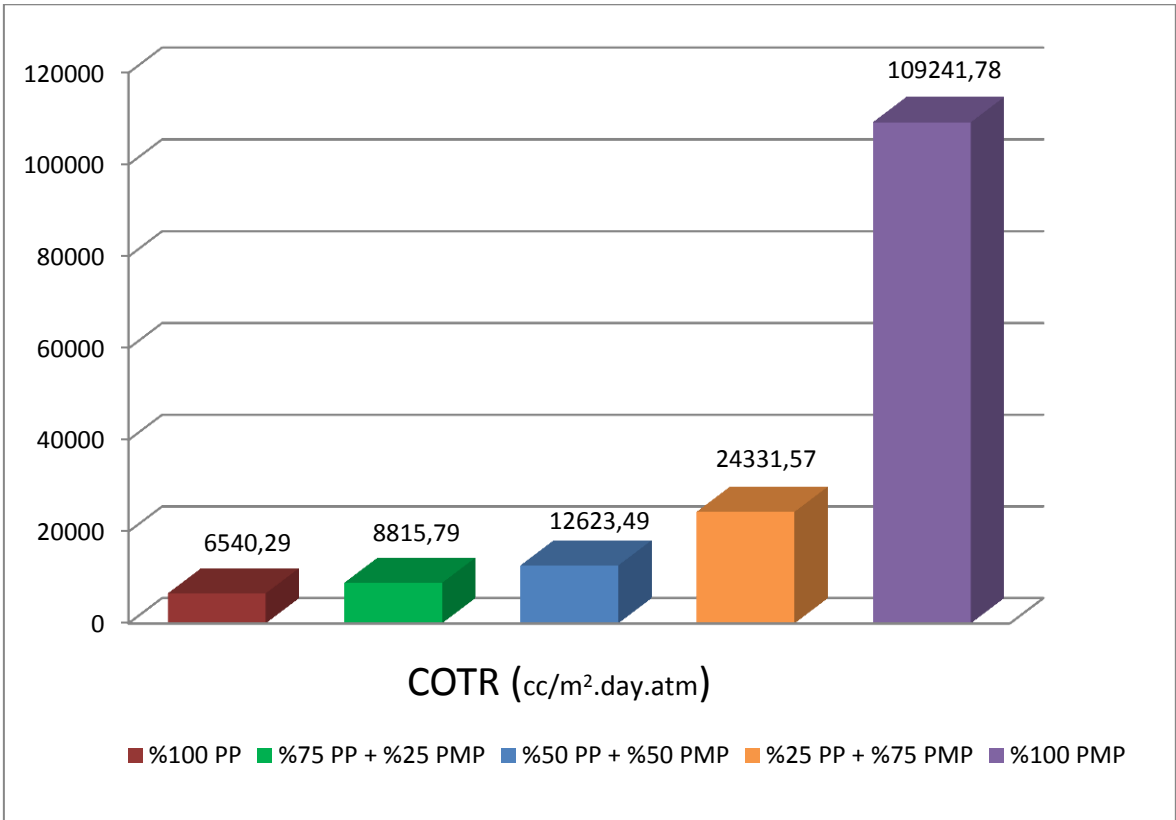
Örnek filmlerin O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenliği Bölüm 3.2.11' de açıklandığı gibi belirlenmiştir. O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenliği test sonuçları Çizelge 4.3 ve 4.4' de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre (Şekil 4.6 ve 4.7) CO<sub>2</sub> gaz geçirgenliğinin blendlerdeki PMP miktarlarının artmasına bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir.

**Çizelge 4.3.** Numunelerin O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> Geçirgenliği Test Sonuçları

Numune Adı	OTR Sonuçları (cc/m <sup>2</sup> .day. atm) (25c-%90RH-100 mikron)	Değişim %	COTR Sonuçları (cc/m <sup>2</sup> .day. atm) (25c-%90RH-100 mikron)	Değişim %
% 100 PP	1519,93	-	6540,29	-
%75 PP+ %25 PMP	2171,32	42,86	8815,79	34,79
%50 PP+ %50 PMP	3079,31	102,60	12623,49	93,01
%25 PP+ %75 PMP	6513,97	328,57	24331,57	272,03
%100 PMP	18982,03	1148,88	109241,78	1570,29



Şekil 4.6. Numunelerin O<sub>2</sub> geçirgenliği test sonuçları



Şekil 4.7. Numunelerin CO<sub>2</sub> geçirgenliği test sonuçları

## 5. SONUÇ

Bu çalışma, polipropilen (PP) ve polimetil penten (PMP) harmanları, film üretimi metodu harmanlama, dökme ve üfleme gibi çift vidalı ekstrüzyon yöntemi kullanılarak PP esaslı plastik filmlerin gaz geçirgenlik özelliklerinin artışı gözlemlenmek için üretildi.

Hammaddeler ilk olarak karıştırıldı ve sonra birbirine geçen ortak-dönen ekstrüderde harmanlandı. PP ve PMP arasında iyi bir dağılım elde etmek için vidalama hızı 500 rpm olarak belirlenmiştir. Püskürtücünün sıcaklığı profili, eritilmiş PMP kopolimerini elde etmek için düzenlenmiştir çünkü PMP eritme sıcaklığı PP' den yüksektir. Numunelerin hazırlanması için ilave etkileri önlemek için tüm işlem parametreleri sabit tutuldu.

FTIR analizi, PMP' nin  $2800-3000\text{ cm}^{-1}$  ve  $1500-1300\text{ cm}^{-1}$  arasında geniş bir zirveye sahip olduğunu gösterdi. PP matrisine PMP eklenmesiyle, harmanların FTIR spektrumu, yukarıda söylenen daha geniş tepe noktalarının, PMP yükleme seviyesine bağlı olduğunu gösterdi.

DSC diyagramları PP 'nin kristalleşme noktasının PMP ilavesi ile düştüğünü göstermiştir. Eğer nihai ürün enjeksiyonla üretilmiş olsaydı, bu düşüş enjeksiyon işlemi için döngü süresini artıracaktı. Fakat dökme film veya üfleme film ekstrüzyon yöntemleri gibi film üretim işlemleri için bu azalmanın herhangi bir işlem parametresi üzerinde hiçbir etkisi yoktur. PP erime noktası PMP ilavesi ile azaldı.

Harmanların DSC diyagramları, tekli polimerik bileşenlerin geçiş sıcaklıklarına karşılık gelen iki farklı erime ve kristalleşme tepesinin varlığını kanıtladı. Bu davranış, PP ve PMP karışımlarının geçersiz olduğunu göstermektedir. Ayrıca, PMP varlığı, PP matrisinin karakteristik geçişlerini önemli ölçüde etkilemez. Çizelge 4.1' de bildirilen entalpi değerleri, kristallenme derecesinin hesaplanmasında kullanılabilir değerdir. Bu değerler, PP matrisinin kristallenme derecesinin neredeyse hiç değişmediğini gösterdi. Bu sonuçlara göre film geçirgenliğinin harmanlardaki ağırlıklı olarak PMP içeriğine bağlı olduğu anlamına gelir.

Proses koşullarının PP içerisinde PMP dağılımı üzerine etkisini Taramalı elektron mikroskopisi (SEM) ile incelendi. Polimer filmlerin yüzey görüntülerinde oldukça homojen dağılım ve iyi bir PMP dağılımı görülmektedir. Filmlerin kenar görüntüleri incelendiğinde ise; filmlerin PMP içeriği arttıkça PMP'in kenar görüntüleri özelliklerini taşıdığı benzer olarak PP oranı arttıkça PP filmlerinin kenar görüntüleri özellikleri görülmektedir.

O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenliği sonuçları, PMP ilavesinin PP' nin O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenliğini belirgin şekilde arttırdığını gösterdi. Taze kesme ürünlerde uygun koşulları oluşturmak için, paketin O<sub>2</sub> geçirgenliği, paketin CO<sub>2</sub> geçirgenliğinden az olması gerekmektedir. Bu üretilen numunelerin gıda ambalajı olarak kullanılması için raf ömrü ve solunum hızlarını dikkate alınarak uygun PMP oranları belirlenmelidir. Bu harmanlar, yüksek gaz geçirgenlik değerlerinden dolayı filmler şişirme film ekstrüzyon yöntemiyle elde edilemedi. İnce filmler elde etmek için filmler şişirilirken, bu aşamada kullanılan hava filmlerin yüzeyden geçmektedir. Sadece % 25' den daha az PMP içeriğine sahip harmanlar üflenmiş film ekstrüzyon yöntemi ile üretilebilir. Bu nedenle tüm film örnekleri, dökme film üretim yöntemi ile üretildi.

SEM mikrograflarının daha yakından incelenmesinden, bazı durumlarda, PMP alanlarının PP matrisinden çekildiğini gözlemleyebilir; Kırılma sırasında meydana gelen bu fenomen, esasen, iki harman bileşeni arasındaki yukarıda tartışılan zayıf uyumluluktan kaynaklanabilir. PMP' ye dağılmış alanlar makine yönünde uzatılmış gibi görünür; Esas olarak ekstrüzyon ve film döküm işlemleri sırasında polimer erimesinin yaşadığı nispeten yüksek makaslama gerilmelerinden kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak, film döküm adımı, SEM mikrografi ile kanıtlandığı gibi, bu alanların kısmen birleşmesi ile biraz daha büyük alanların oluşması ile sonuçlanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Abe, K., Watada, A.E., 1991. Ethylene Absorbent To Maintain Quality Of Lightly Processed Fruits And Vegetables. *Journal of Food Science*, 56,1589-1592.
- Altieri, C., Sinigaglia, M., Corbo, M. R., Buonocore, G. G., Falcone, P., Del Nobile, M. A., 2004. Use of entrapped microorganisms as biological oxygen scavengers in food packaging applications. *LWT-Food Science and Technology*, 37(1), 9-15.
- Altuntaş Ü., 2014. Türkiye’de Satışa Sunulan Bazı Gıdalarda Ambalaj Materyallerinden Migrasyonun Ölçülmesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Anonim 2010c. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği.  
<http://www.kkgm.gov.tr/TGK/yonetmelik.html> (Erişim Tarihi: 30.11.2015 )
- Anonim, 2007. Pazarlama ve Perekende, Ankara
- Anonim, 2011. Gıda Maddelerinde Kullanılan Ambalajlar.  
[http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/G%C4%B1da%20Maddelerinde%20Kullan%C4%B1lan%20Ambalajlar.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/G%C4%B1da%20Maddelerinde%20Kullan%C4%B1lan%20Ambalajlar.pdf) (Erişim Tarihi: 03.12.2015)
- Beşergil, B., 2008. *Polimer kimyası*, Ankara: Gazi Kitabevi,
- Bingöl E. B., 2009. Farklı Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Uygulamalarının Devekuşu Etinin Mikrobiyolojik Kalitesi ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri, Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Brandon, K., Beggan, M., Allen, P., Butler, F., 2009. The performance of several oxygen scavengers in varying oxygen environments at refrigerated temperatures: implications for low-oxygen modified atmosphere packaging of meat. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(1), 188-196.
- Brody, A. L., Zhuang, H., Han, J. H. (Eds.), 2010. Modified atmosphere packaging for fresh-cut fruits and vegetables. John Wiley & Sons.
- Cengiz İ., 2012. Polietilen ve Polipropilen Esaslı Ürünlerin, Plastik Enjeksiyon İşlem Parametreleri ve Termodinamik Yöntemlerle Isı Yayılımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, Türkiye
- Cevik, S.T., 2008. Mikroperfore Polipropilen Filmlerin Oksijen Geçirgenliğinin Belirlenmesi ve Tahmin Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye

- Charles, F., Sanchez, J., Gontard, N., 2006. Absorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 1-7.
- Çakır, F., 2010. Farklı Polietilentereftalat (PET) Şişelerde Ambalajlanan Gazlı Kola İçeceğinin CO<sub>2</sub> İçeriği Üzerinde Çeşitli Faktörlerin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye
- Çinibulak P., 2010. Gıda Ambalajlarında Migrasyon, Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., Tobback, P., 2008. Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*, 19, S103-S112.
- Demirhan B., 2012. Oksijen Tutucular Kullanılarak Modifiye Atmosferde Paketlenen Tavuk Etlerinde Kalite Değişimleri, Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye
- Ekşi, O., 2007. Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Edirne, Türkiye
- Emir, F., 1998. Farklı Yıkama Çözeltisi ve Ambalaj Malzemesinin Modifiye Atmosferde Depolanan Kültür Mantarı Kalitesine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Ezdeşir, A., Erbay, E., Taşkiran, İ., Yağcı, M. A., Cöbek, M., Bilgiç, T., 1999. *Polimerler*, 2. Baskı, İstanbul: Pagev Yayınları, 57-71
- Floros, J. D. 1990. Controlled and modified atmospheres in food packaging and storage. *Chemical Engineering Progress*, 86(6), 25-32.
- Forney, C. F. 2012. Impact of postharvest technologies on the flavour of fresh produce. In *VII International Postharvest Symposium*, 1012 (1191-1204).
- Galdi, M. R., Nicolais, V., Di Maio, L., Incarnato, L., 2008. Production of active PET films: evaluation of scavenging activity. *Packaging Technology and Science*, 21(5), 257-268.
- Gencer, T., 2015. Endüstriyel Tekstillerde Kullanılan Poliüretan ve Polivinilklorür Esaslı Kaplama Yüzeylerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Gokkurt, T., Fındık, F., 2010. Progress and novel production of food packs from polymer nanocomposites to extend the shelf life of foods, National Research Centre: 4<sup>th</sup> International Conference of Chemical Industries Research Division
- Gontard, N., Guillaume, C., 2009. Packaging And The Shelf Life Of Fruits And Vegetables, *Food Packaging and Shelf Life*, 297.

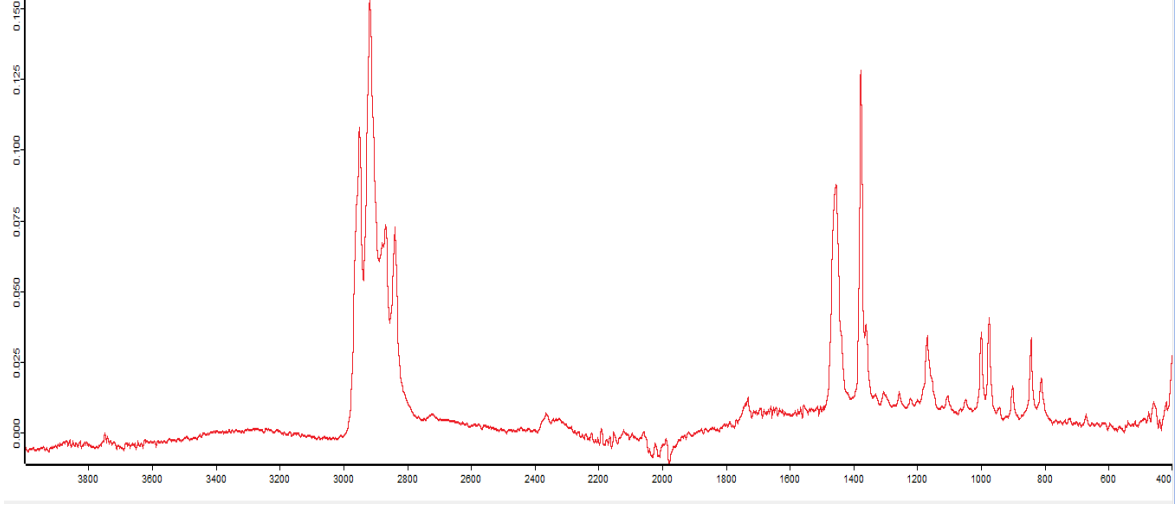


- Goswami, T. K., Mangaraj, S. 2011. Advances in polymeric materials for modified atmosphere packaging (MAP). *Multifunctional and Nanoreinforced Polymers for Food Packaging* (Ed. JM Lagarón). Woodhouse Publishing Limited, UK, 163-242.
- Gökkurt T., 2012. Taze Meyve ve Sebzelerin Raf Ömrünü Uzatmaya Yönelik AYPE Ambalajların Geliştirilmesi, Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye
- [https://www.google.com.tr/search?q=polypropylene+granules+repol&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiS4Y6h8KvTAhVL1BoKHRFBaeIQ7AkIPw&biw=1366&bih=638#imgsrc=Taqf0VWY-tt8OM:\(Erişim Tarihi:14.04.2017\)](https://www.google.com.tr/search?q=polypropylene+granules+repol&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiS4Y6h8KvTAhVL1BoKHRFBaeIQ7AkIPw&biw=1366&bih=638#imgsrc=Taqf0VWY-tt8OM:(Erişim Tarihi:14.04.2017))
- Hurme, E., Sipilainen-Malm, T., Ahvenainen, R., Nielsen, T., 2002. Active and intelligent packaging. *Minimal Processing Technologies In the Food Industry*, T. Ohlsson and N. Bengtsson (eds), Woodhead Publishing Limited, 87-123.
- Kader, A. A., Zagory, D., Kerbel, E. L., Wang, C. Y., 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 28(1), 1-30.
- Karaçalı, I., 2004. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza Ve Pazarlanması, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Türkiye, 51-59
- Kavuştu, S., 2013. Polistiren ve Poliolenin Plastik Atıkların Eş-Pirolizi, Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye
- Küçük, V., 2006. Bazı Meyve ve Sebzelerde Raf Ömrünün Uzatılması İçin Zeolit İle Birlikte Paketlemenin Ürün Kalitesi Özelliklerinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye
- Labuza, T. P., 1983. Active packaging technologies for improved shelf-life and quality. *Science for the Food Industry of the 21st Century*, 2, 265-284.
- Metin S., 1999. Modifiye Atmosferde Ambalajlama Tekniğinin Alabalık Ürünlerinin Kalite ve Dayanma Sürecine Etkisi, Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Mohan, C. O., Ravishankar, C. N., Srinivasagopal, T. K., 2008. Effect of O<sub>2</sub> scavenger on the shelf-life of catfish (*Pangasius sutchi*) steaks during chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(3), 442-448.
- Ozdemir, M., Floros, J. D., 2004. Active food packaging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3), 185-193.

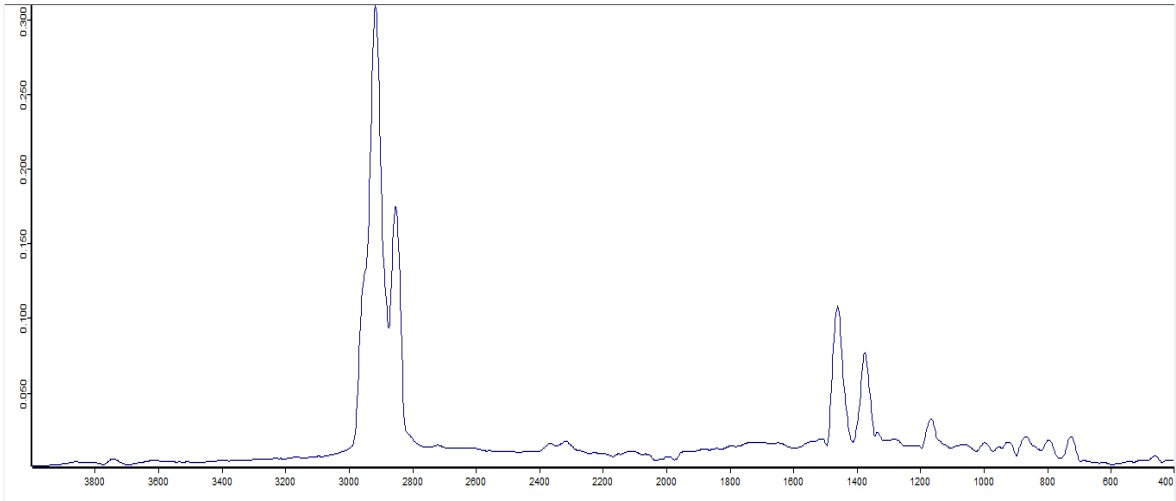
- Öksüz Z., 2011. Düşük Kalorili Gıda Ambalajlarının Tüketiciler Üzerinde Psikolojik Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Özkan, Ş., 2012. Poli (Piról-ko-N-p-Toluenpiról) İletken Polimerlerinin Sentezi, Karakterizasyonu ve Biyosensör Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur, Türkiye
- Öztop E., 2007. Cam Ambalaj Endüstrisinde Kullanılan Ebişör Kalıplarındaki Isıtma Deliklerinin Optimum Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye
- Scafati, S. T., Boragno, L., Losio, S., Conzatti, L., Lanati, S., Sacchi, M. C., Stagnaro, P. 2014. Innovative films with tunable permeability for fresh vegetable packaging applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(6).
- Seventekin, N., 2003. *Kimyasal lifler*, İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları
- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., Bergslien, H., 2002. Modified atmosphere packaging. *Minimal Processing Technologies in the Food Industry*, 61-86.
- Sivrihisar, T. Ç., 2008. Mikroperfore Polipropilen Filmlerin Oksijen Geçirgenliğinin Belirlenmesi ve Tahmin Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye
- Tas, E., 2007. Modifiye Atmosferde Ambalajlanan Trunçgil Segmentlerinin Duyusal, Mikrobiyolojik, Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Raf Ömürlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Hatay, Türkiye
- Tuncalı Y., 2015. Production Of The Fresh Produce Packaging Material From Low Density Polyethylene And PolymethylPentene Polymers, M.Sc. Thesis. Istanbul Technical University, Graduate School Of Science Engineering And Technology, Istanbul, Turkey
- Ulus O., 2015. Polipropilen/Modifiye Diatomit İle Hazırlanan Kompozit Filmlerin Sentezi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye
- Uyanık, N., Akovalı, G., Savascı, T., 2008. Ana Hatları İle Plastikler Ve Plastik Teknolojileri, Pagay Yayıncılık Ltd., İstanbul, Türkiye
- Üçüncü, M., 2007. Gıda Ambalajlama Teknolojisi, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, Türkiye
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., De Kruijff, N., Debevere, J., 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3), 77-86.

## EKLER

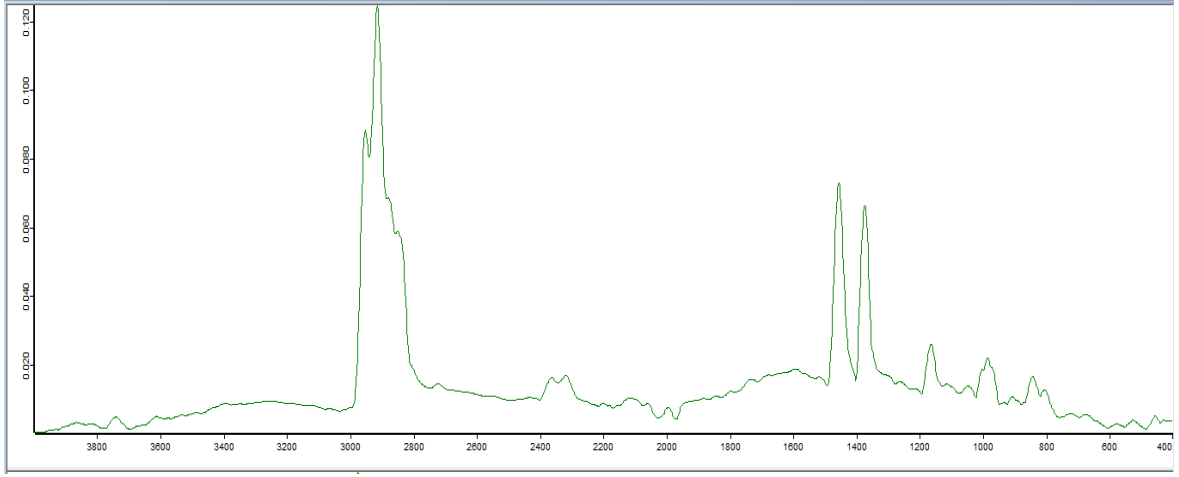
### EK-1. IR Spektrumları



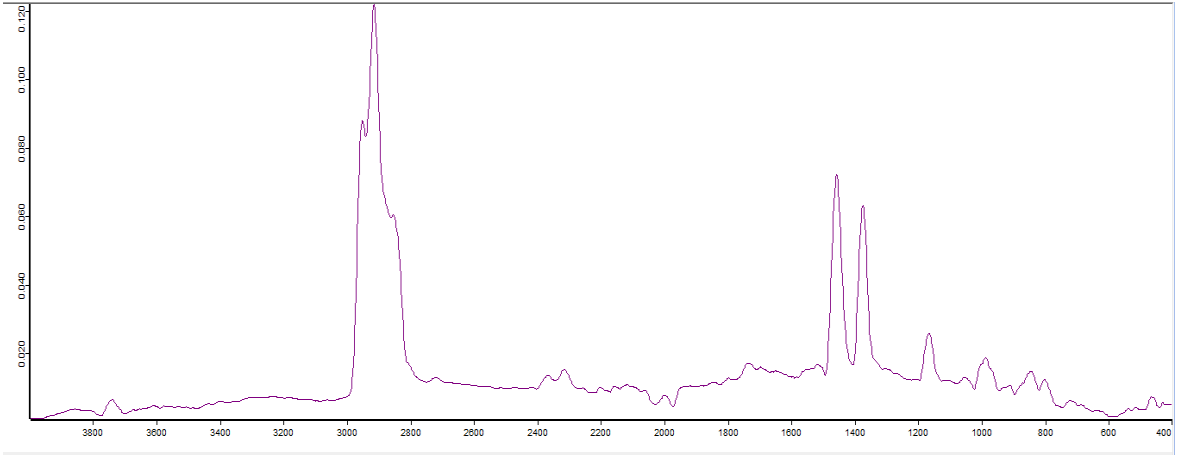
**EK 1- Şekil 4.1. % 100 Polipropilen FT-IR Spektrumu**



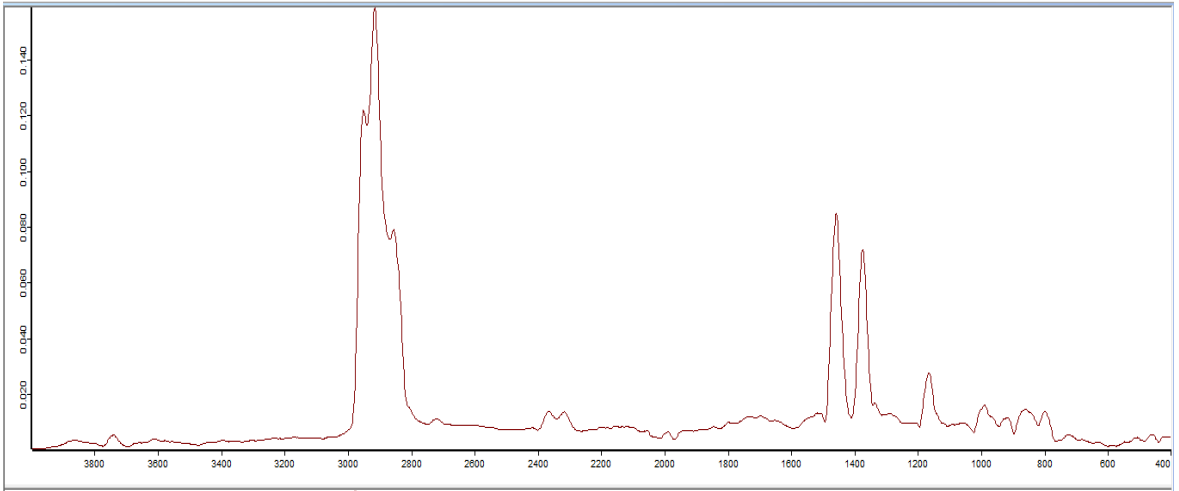
**EK 1- Şekil 4.2. % 100 Polimetilpenten FT-IR Spektrumu**



**EK 1- Şekil 4.3. %75 PP + %25 PMP blendinin FT-IR Spektrumu**

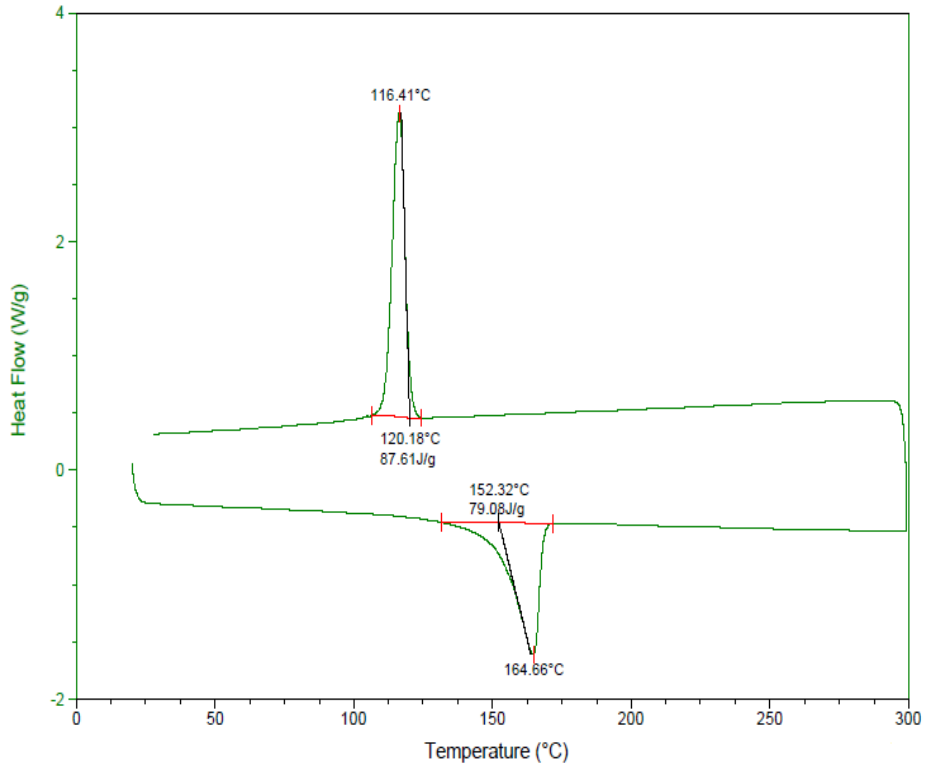


**EK 1- Şekil 4.4. %50 PP + %50 PMP blendinin FT-IR Spektrumu**

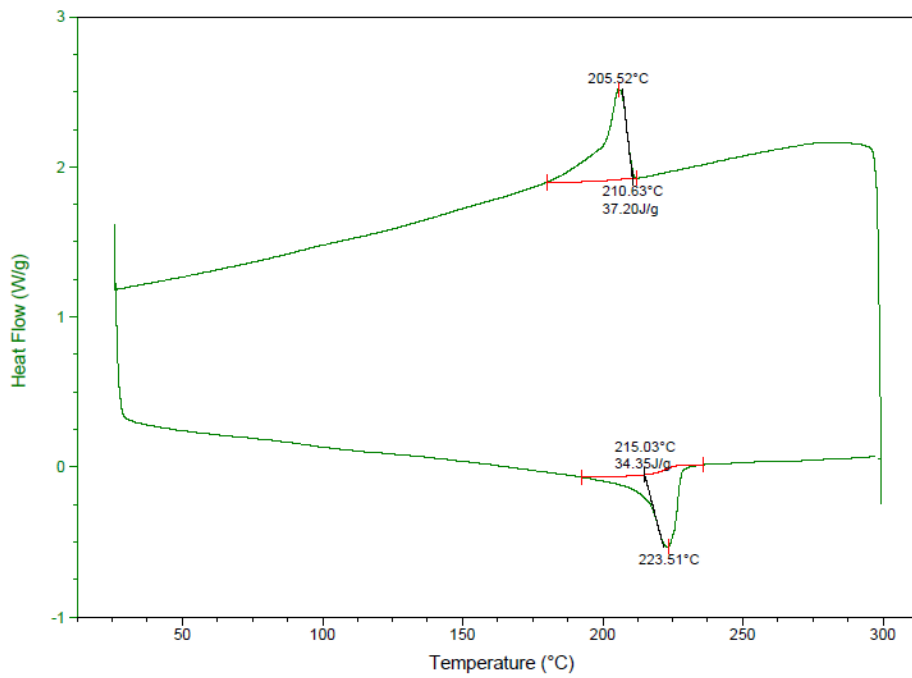


**EK 1- Şekil 4.5. %25 PP + %75 PMP blendinin FT-IR Spektrumu**

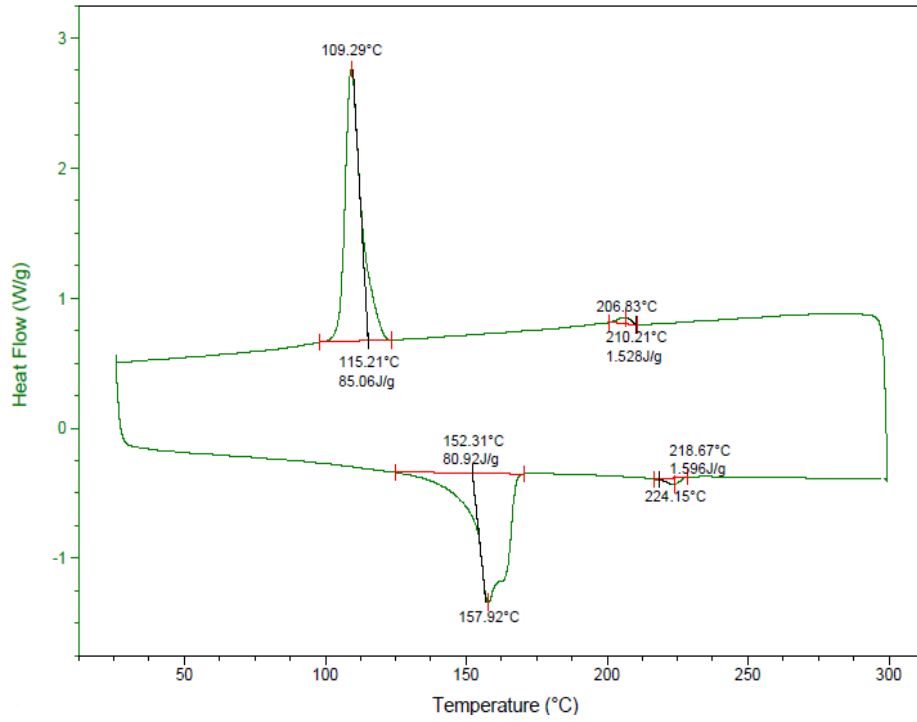
## EK-2. DSC Termogramları



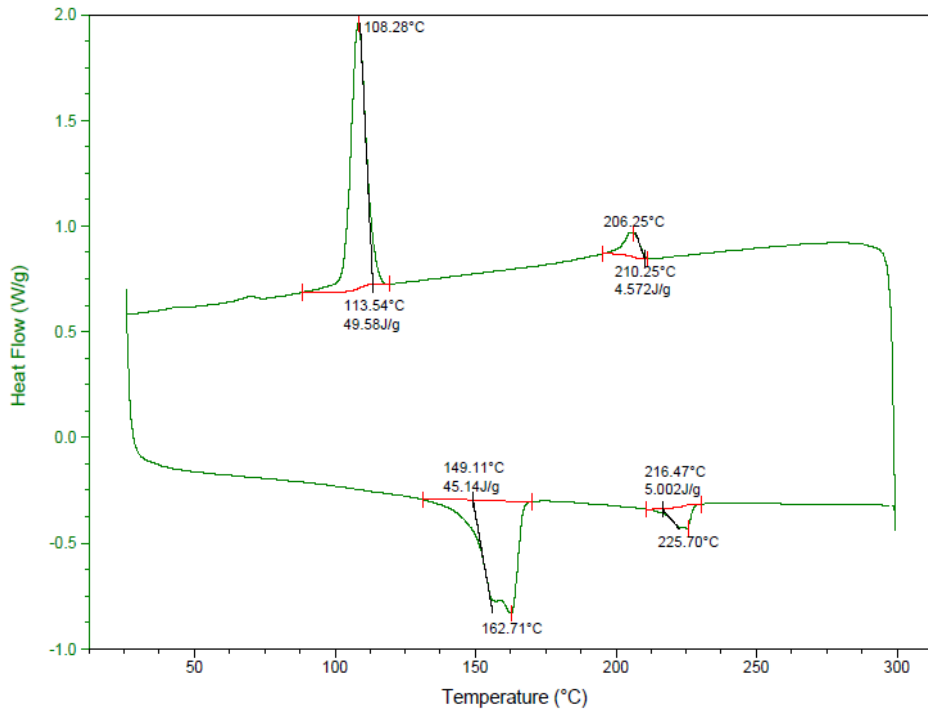
EK 2- Şekil 4.1. %100 PP' in DSC Termogramı



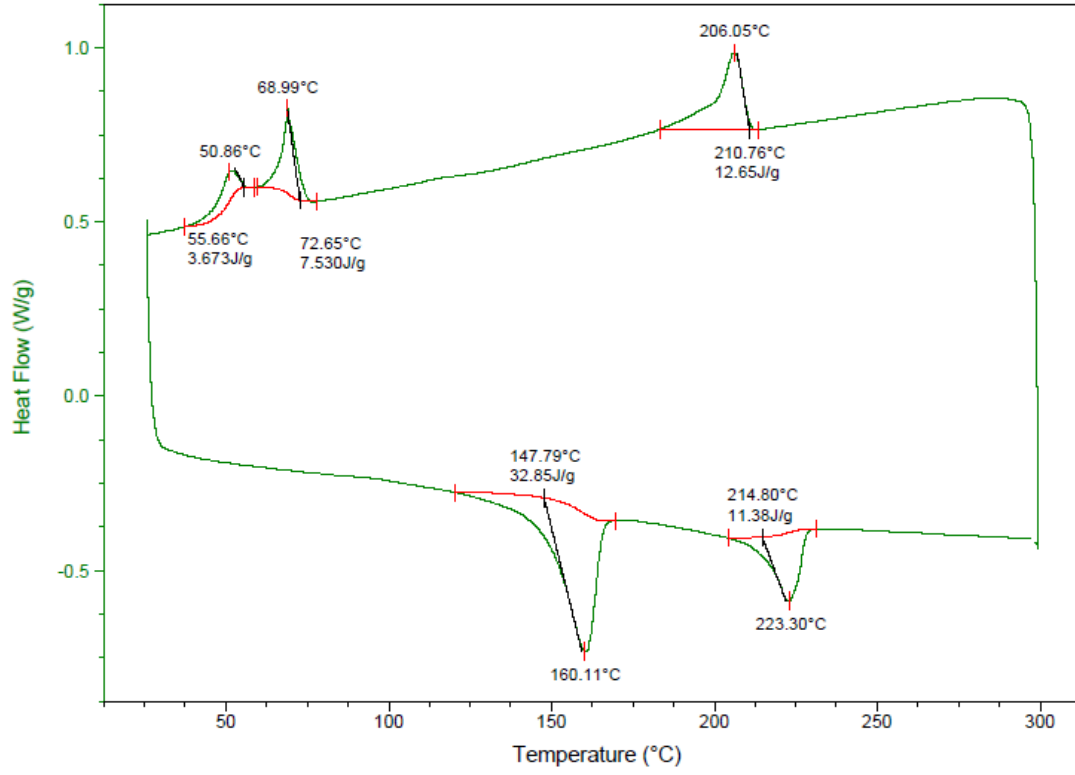
EK 2- Şekil 4.2. %100 PMP' in DSC Termogramı



**EK 2- Şekil 4.3. %75 PP + %25 PMP blendinin DSC Termogramı**

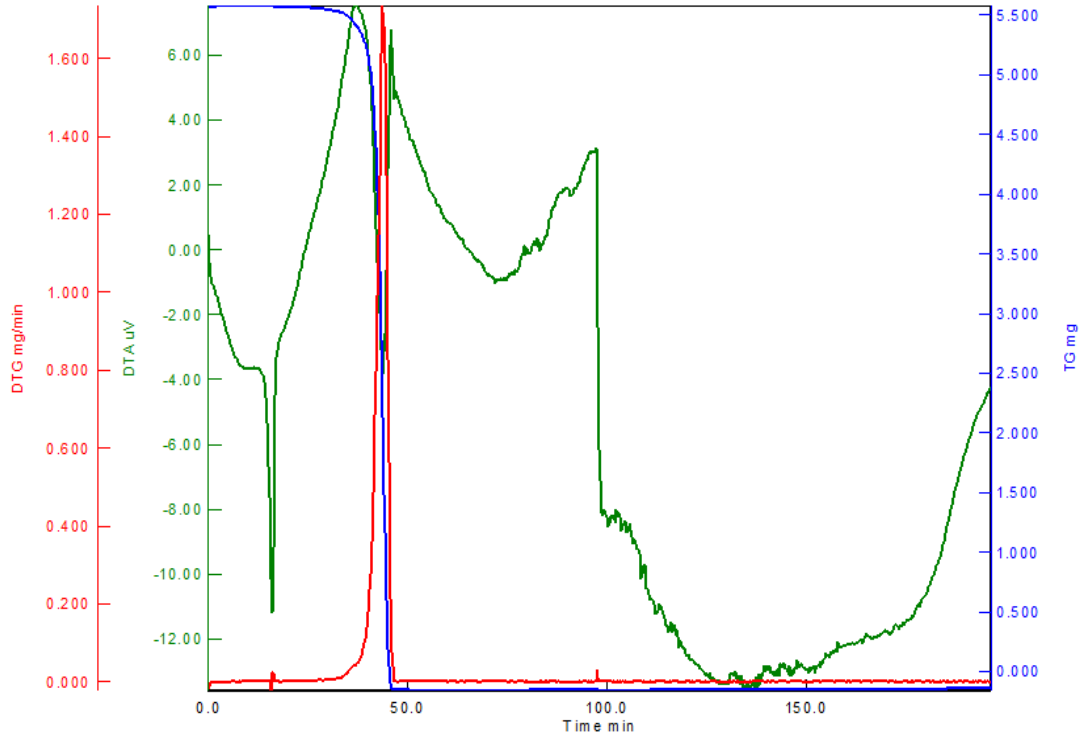


**EK 2- Şekil 4.4. %50 PP + %50 PMP blendinin DSC Termogramı**

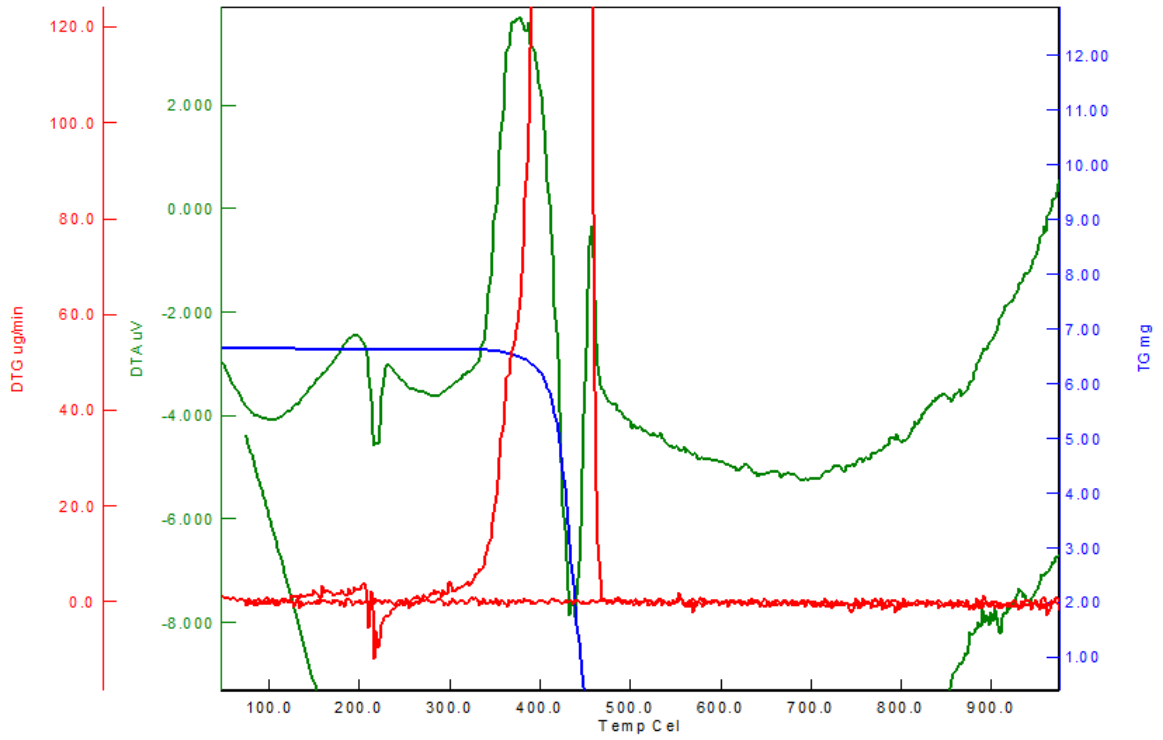


**EK 2 - Şekil 4.5. %25 PP + %75 PMP blendinin DSC Termogramı**

### EK-3. TGA Eğrileri

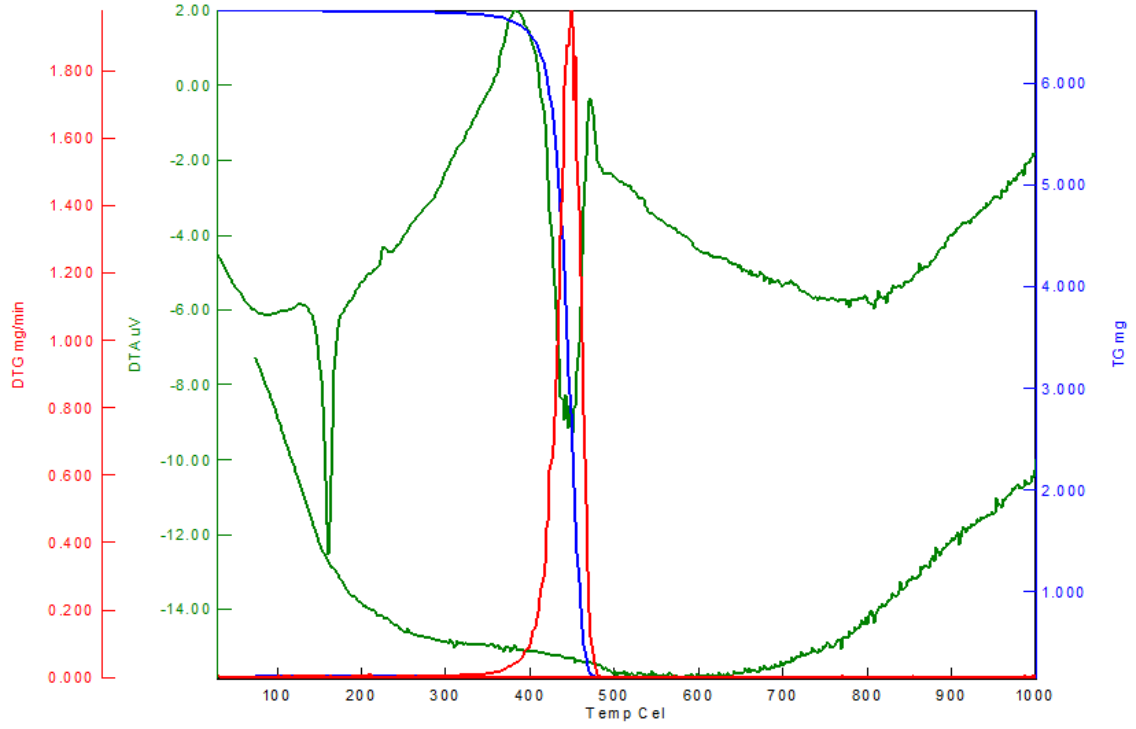


EK 3- Şekil 4.1. % 100 PP' in TGA Eğrileri

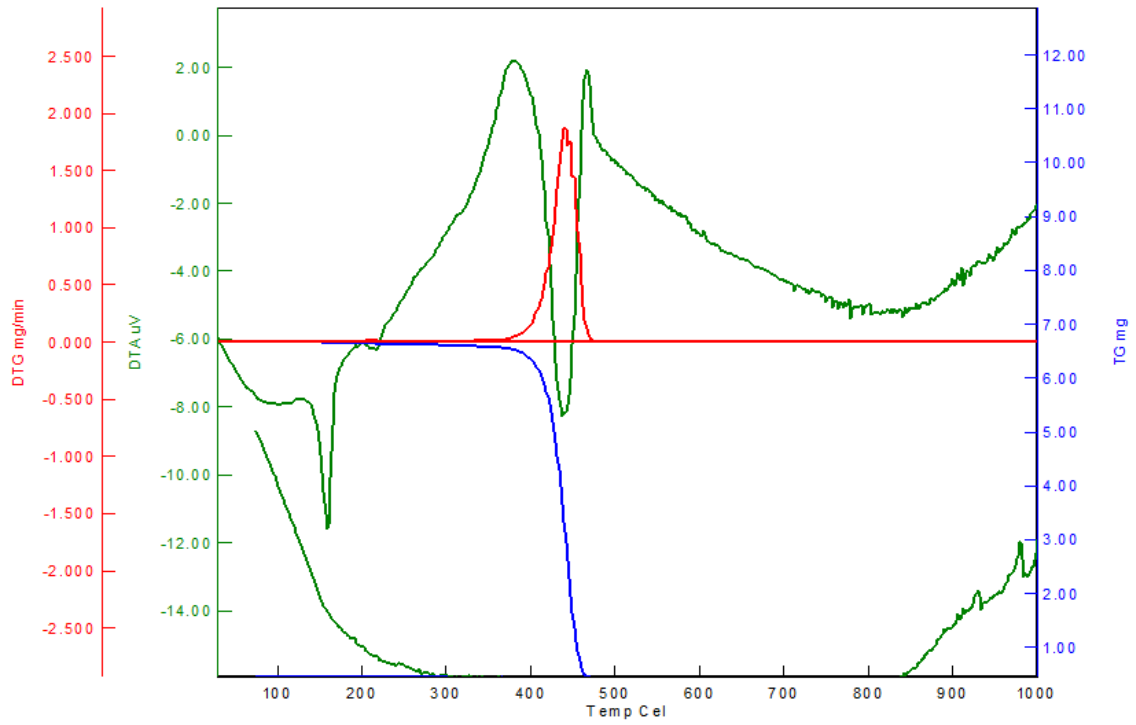


EK 3- Şekil 4.2. % 100 PMP' in TGA Eğrileri

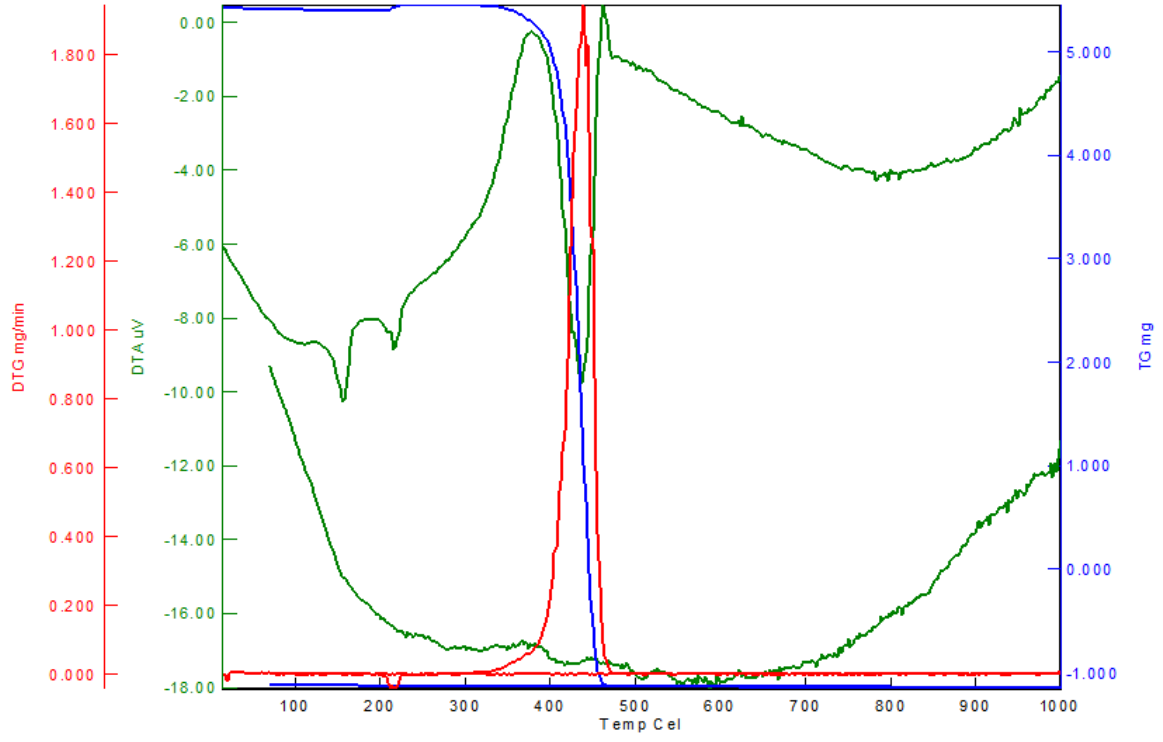




**EK 3- Şekil 4.3. %75 PP + %25 PMP blendinin TGA Eğrileri**

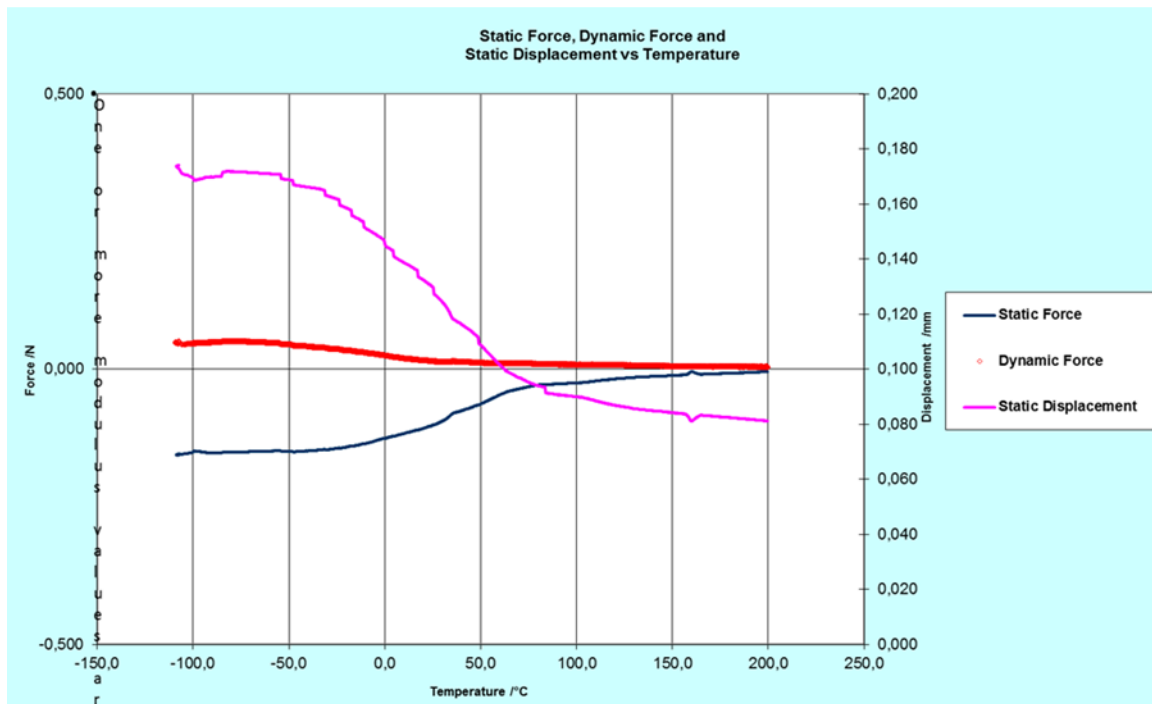
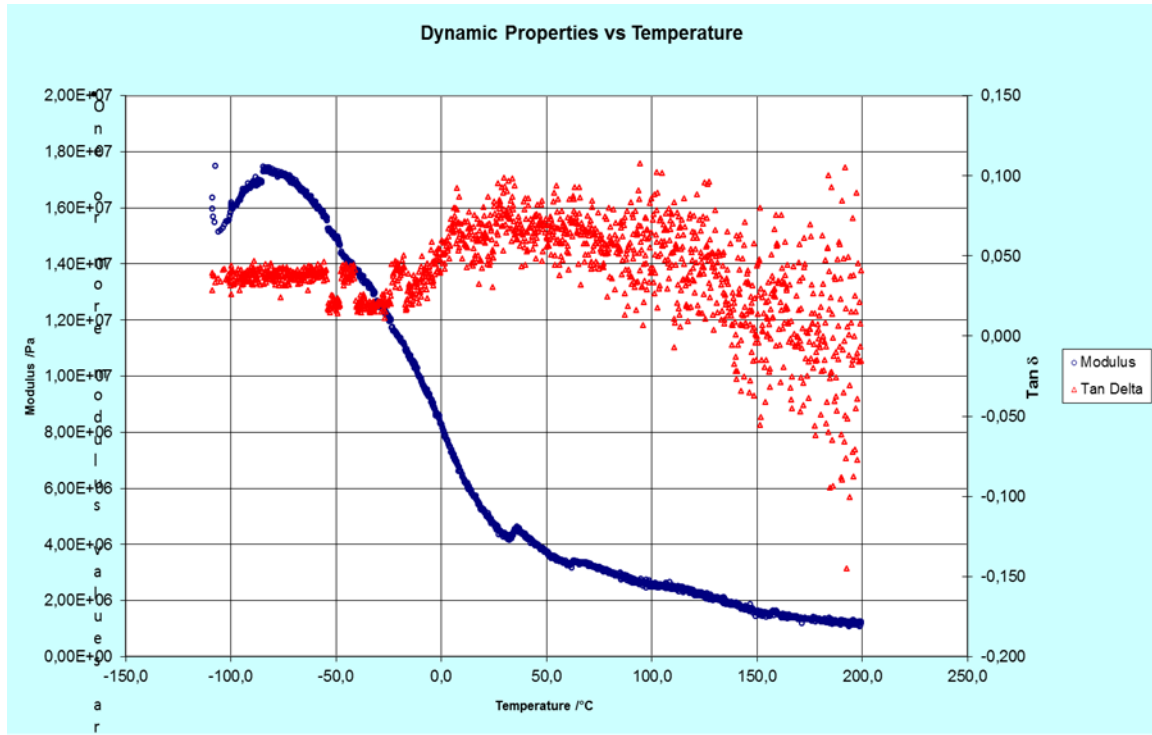


**EK 3- Şekil 4.4. %50 PP + %50 PMP blendinin TGA Eğrileri**

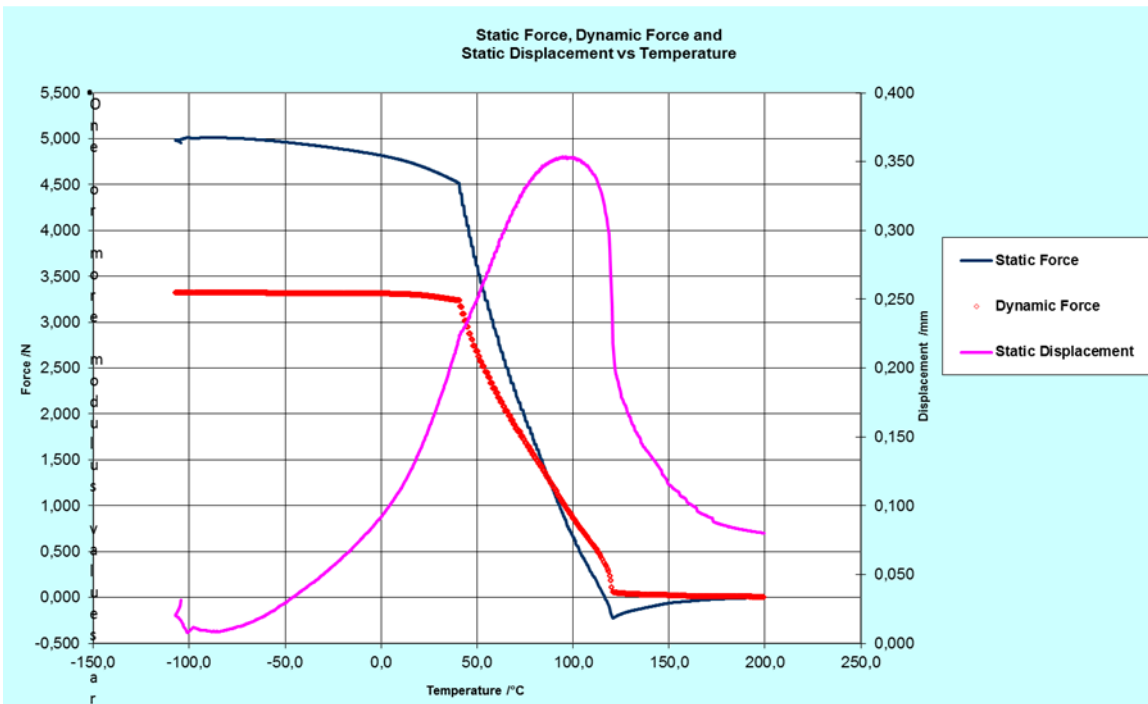
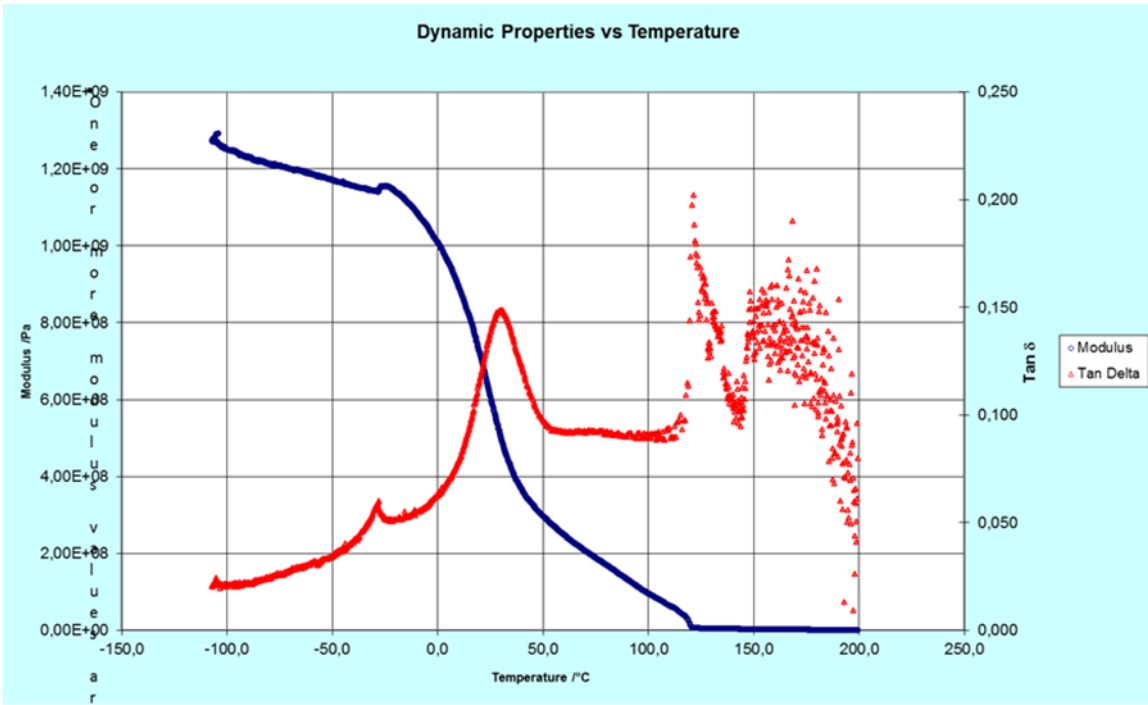


**EK 3- Şekil 4.5. %25 PP + %75 PMP blendinin TGA Eğrileri**

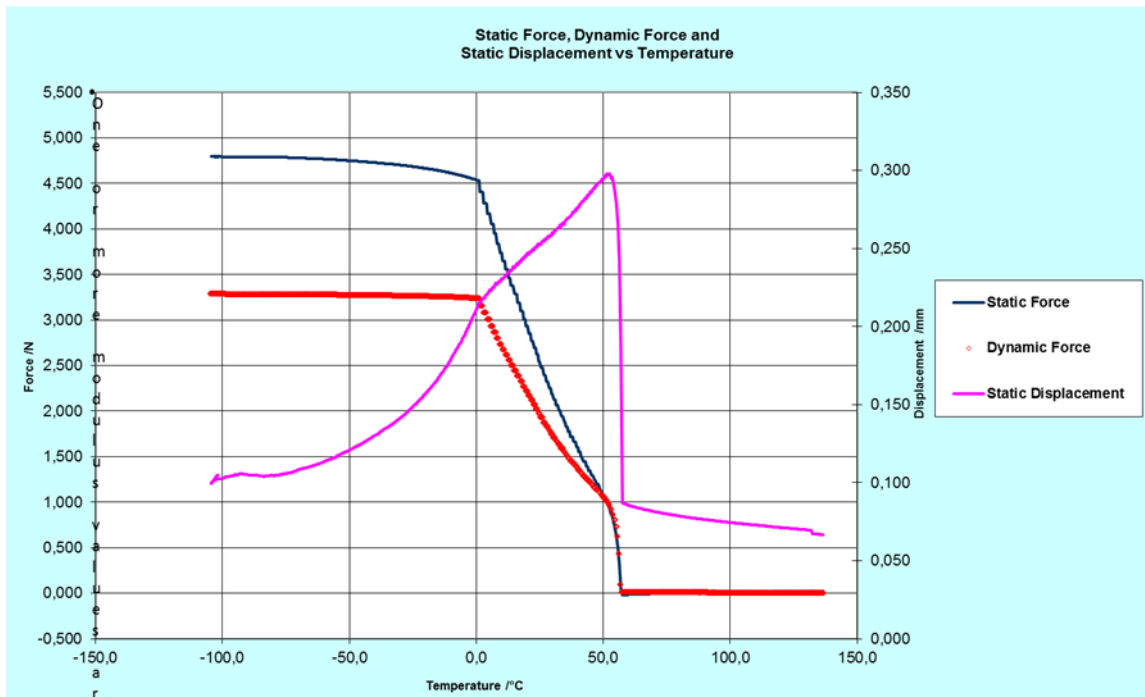
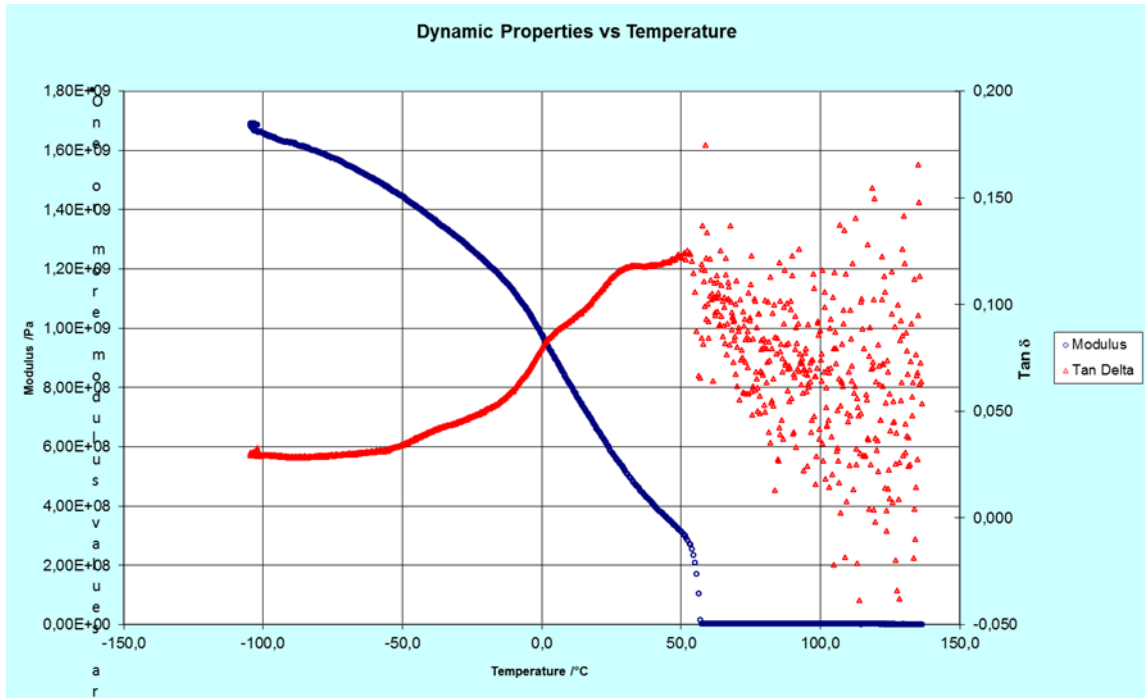
## EK-4. DMA Analizleri



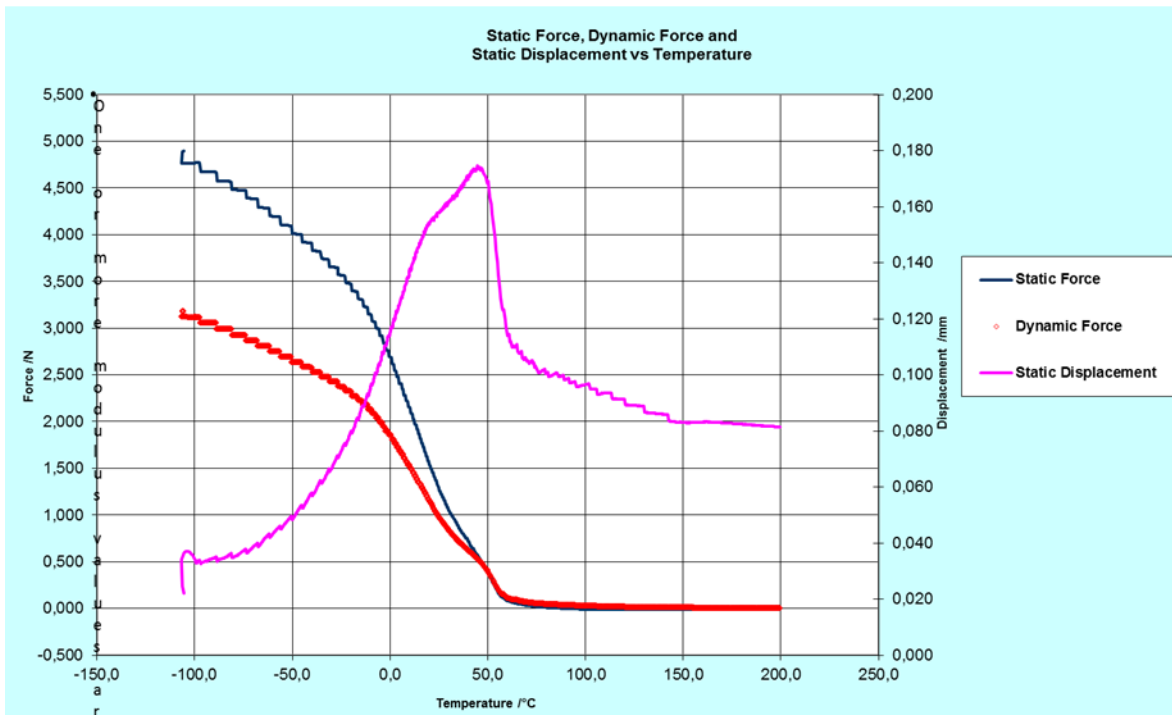
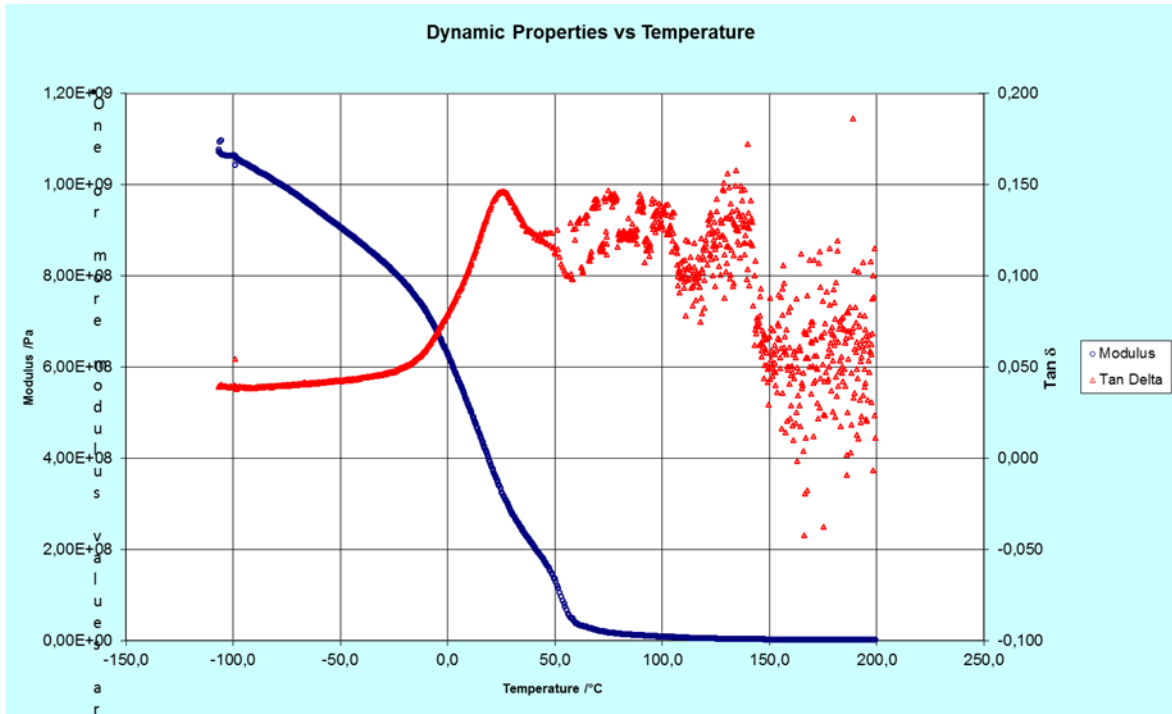
**EK 4-Şekil 4.1. %100 PP' in DMA Analizi**



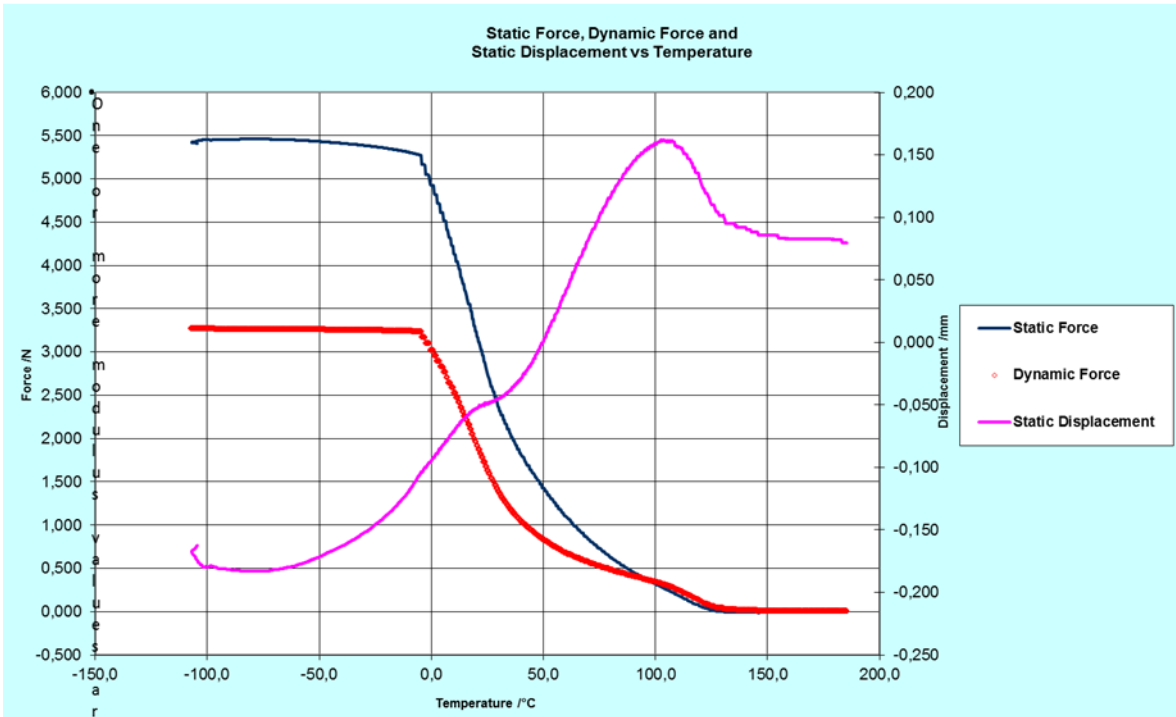
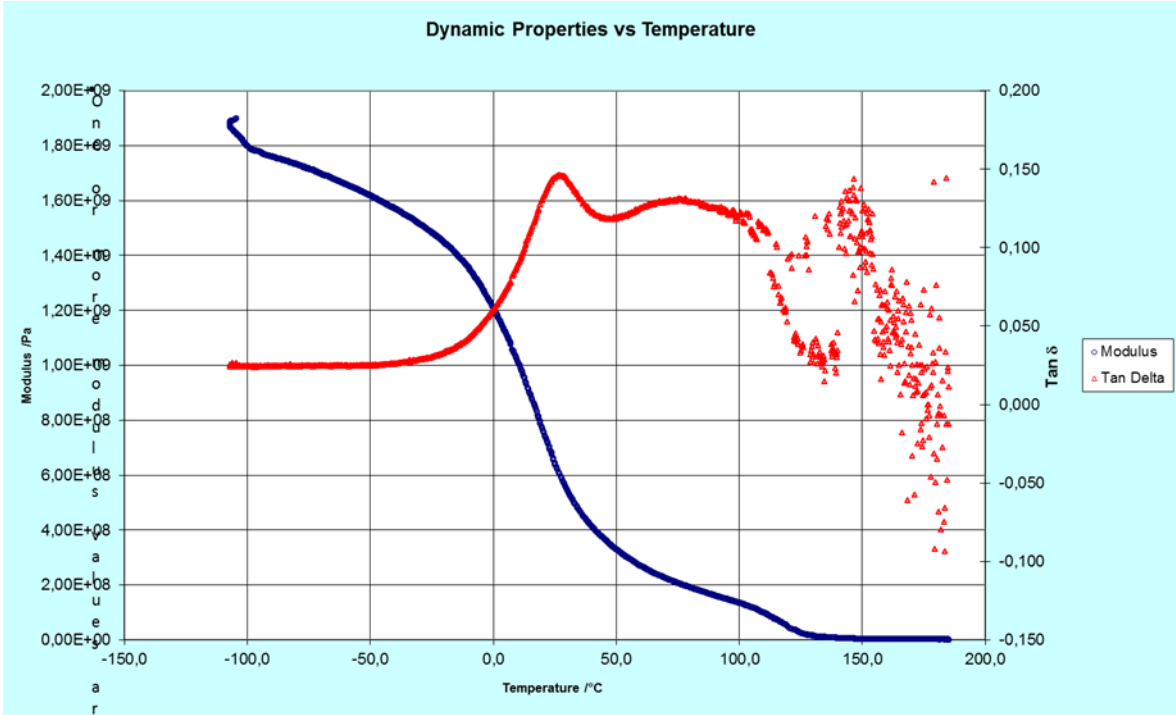
**EK 4-Şekil 4.2. %100 PMP' in DMA Analizi**



**EK 4-Şekil 4.3. %75 PP + %25 PMP blendinin DMA Analizi**

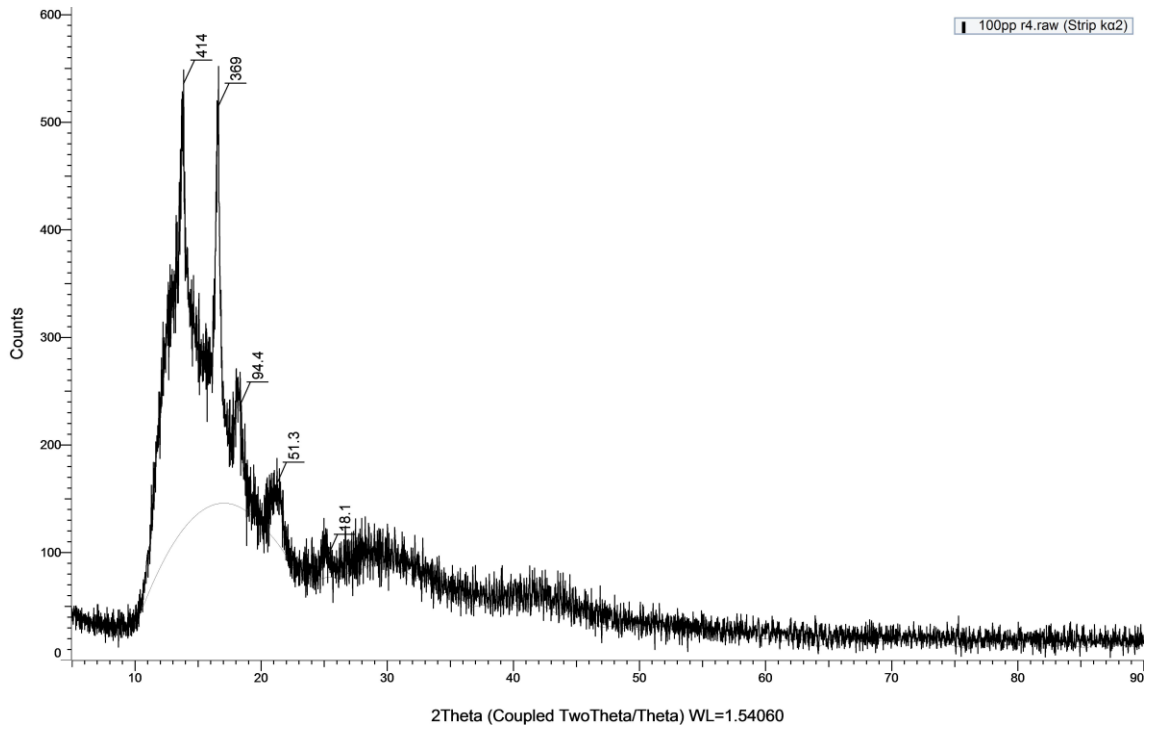


**EK 4-Şekil 4.4. %50 PP + %50 PMP blendinin DMA Analizi**

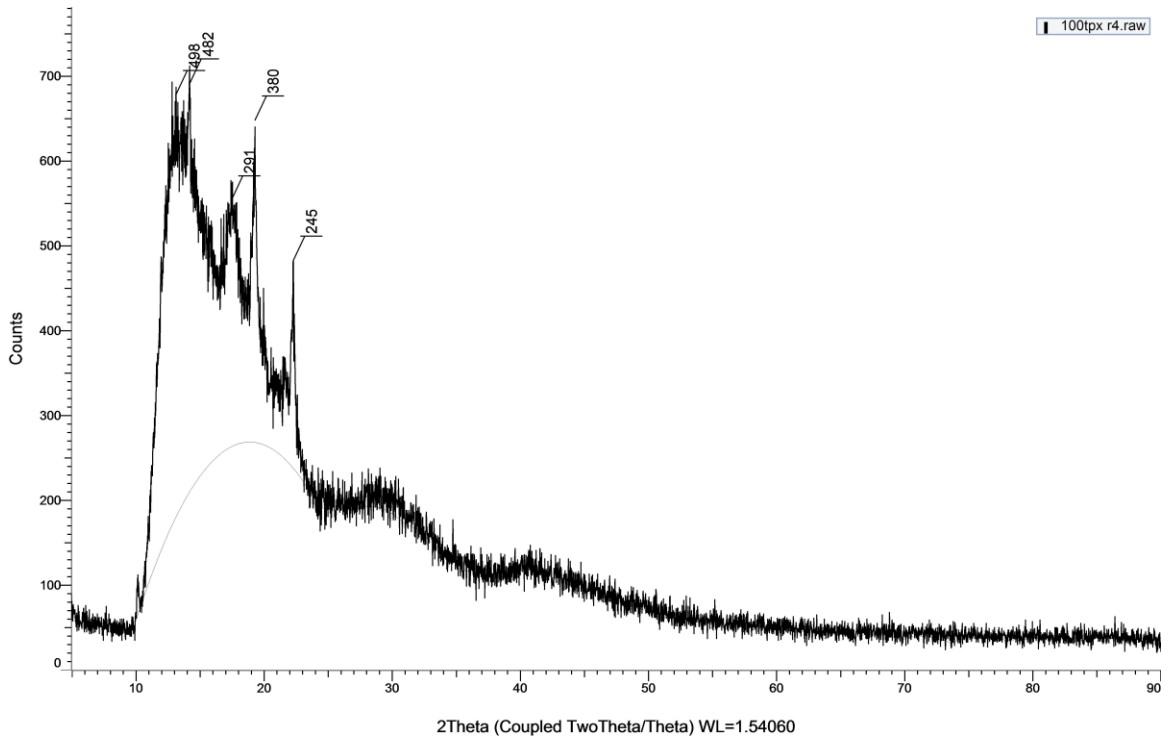


**EK 4-Şekil 4.5. %25 PP + %75 PMP blendinin DMA Analizi**

## EK-5. XRD Spektrumları

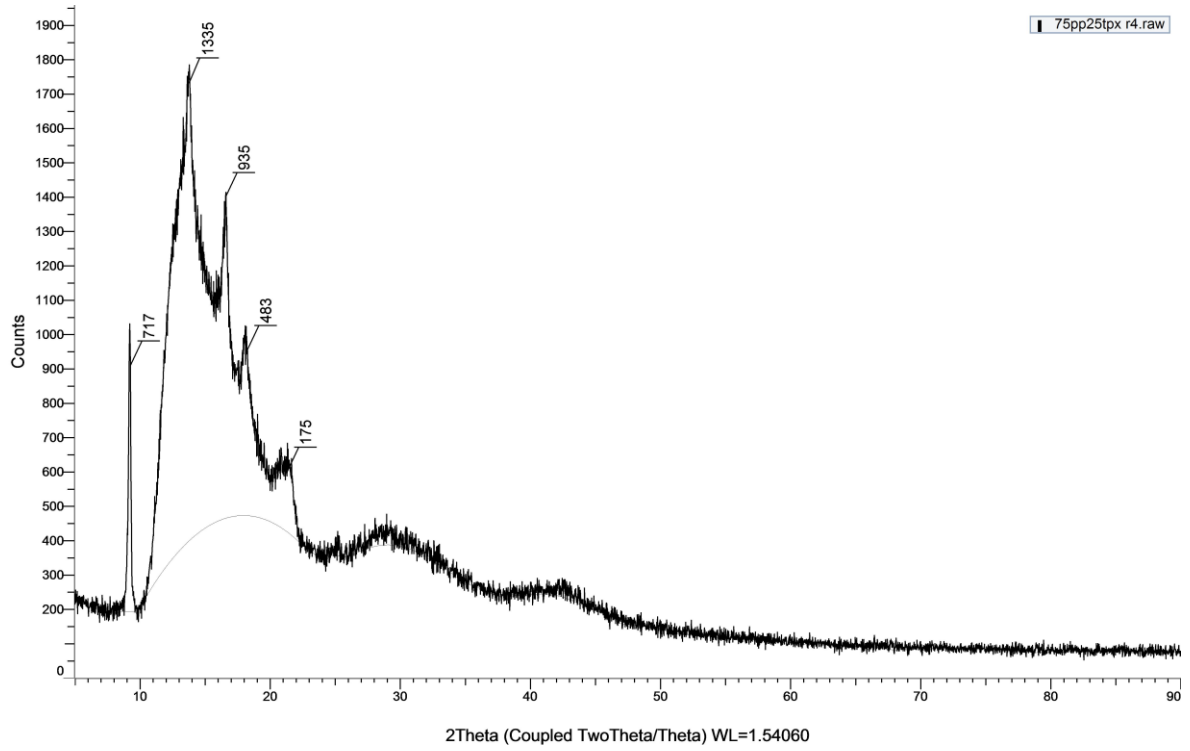


EK 5 - Şekil 4.1. %100 PP' in XRD Spektrumu

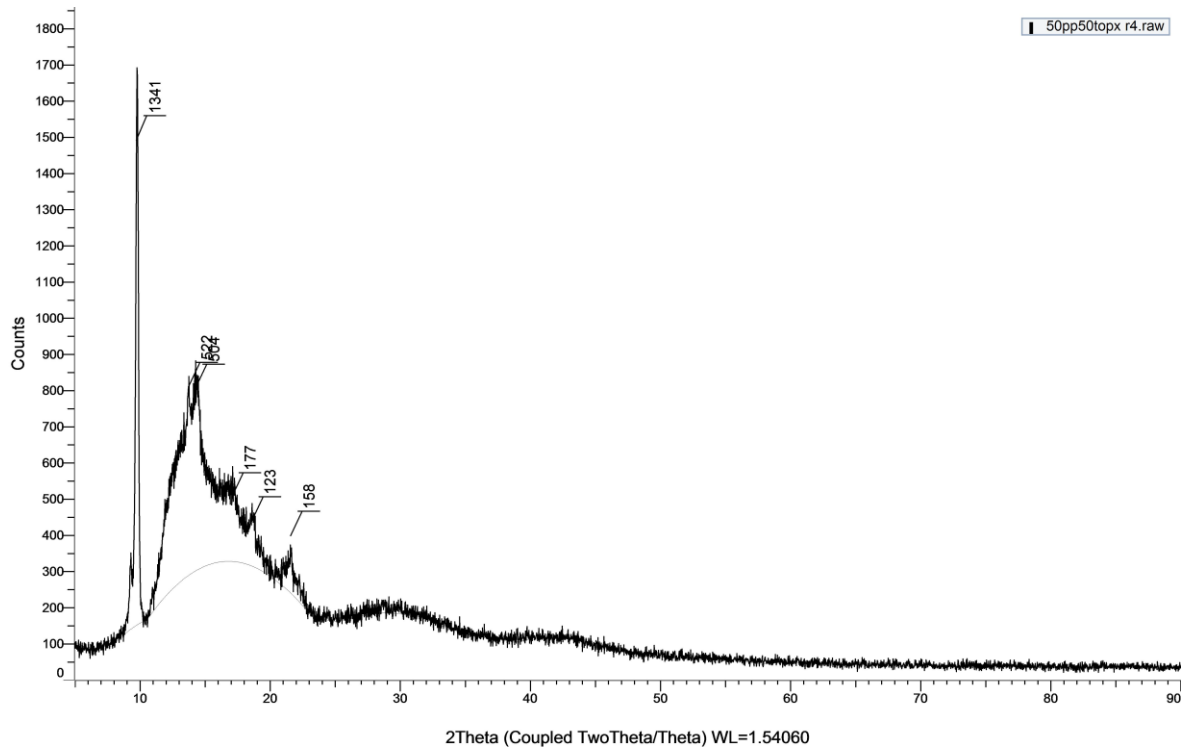


EK 5 - Şekil 4.2. %100 PMP' in XRD Spektrumu

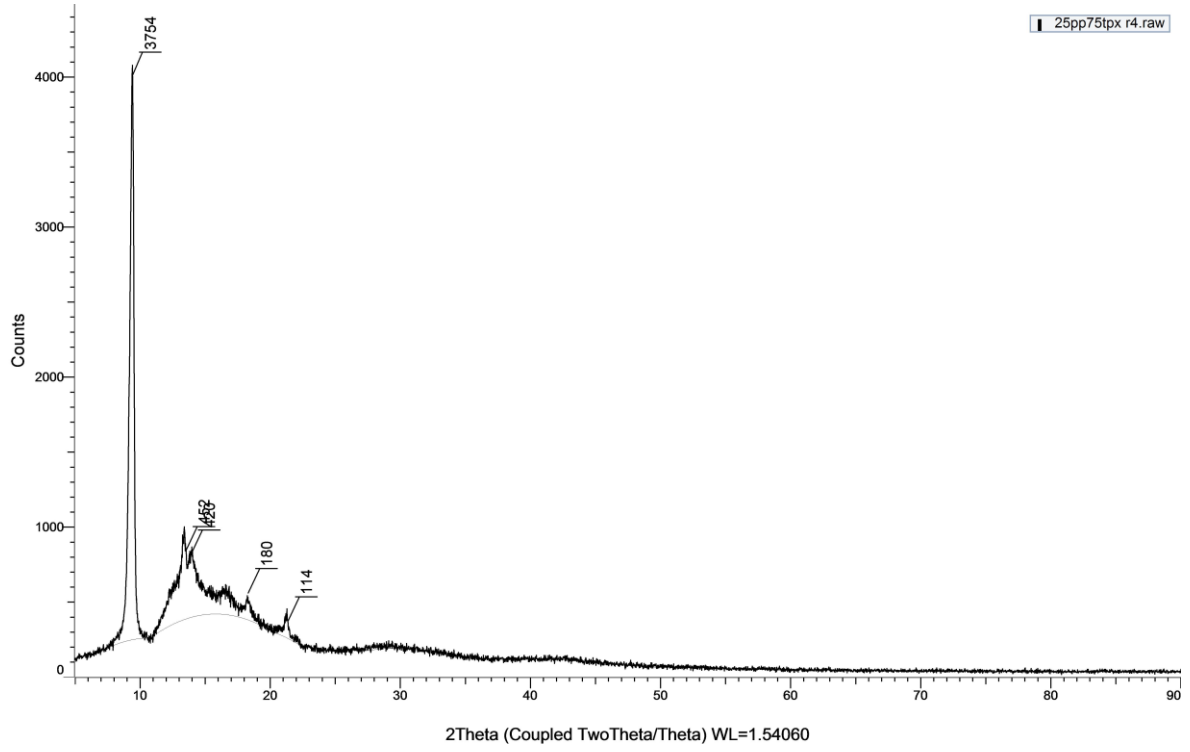




EK 5 - Şekil 4.3. %75 PP + %25 PMP blendinin XRD Spektrumu

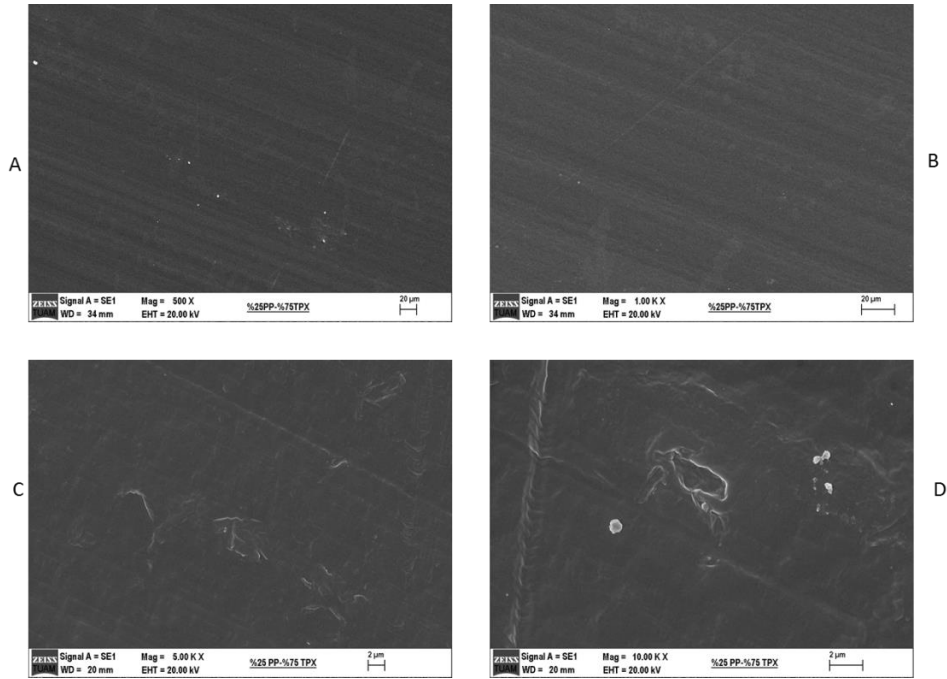


EK 5 - Şekil 4.4. %50 PP + %50 PMP blendinin XRD Spektrumu



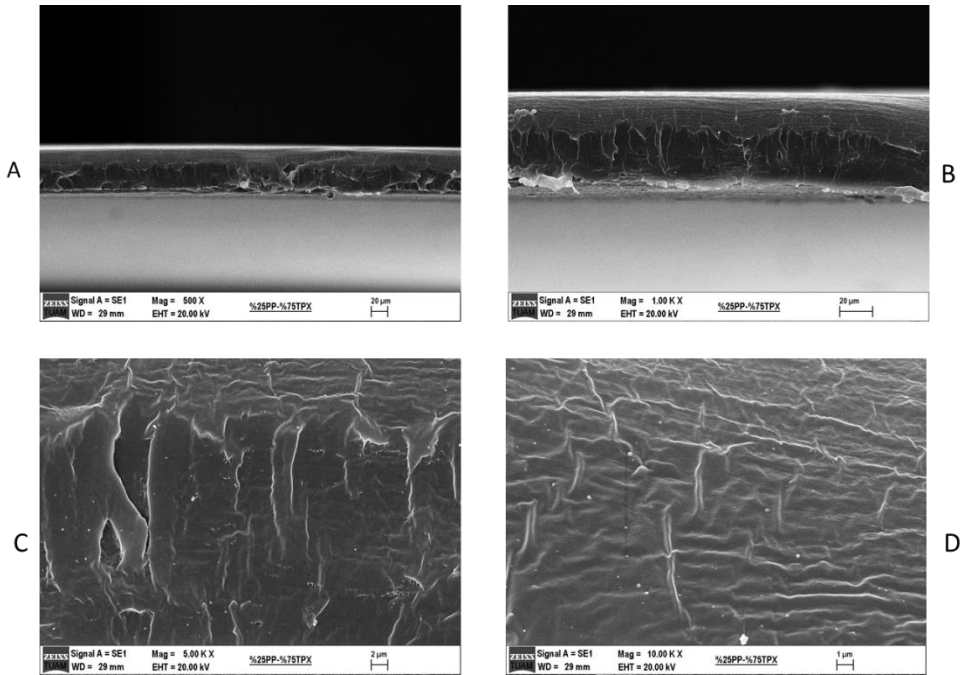
**EK 5 - Şekil 4.5. %25 PP + %75 PMP blendinin XRD Spektrumu**

## EK- 6. SEM Görüntüleri



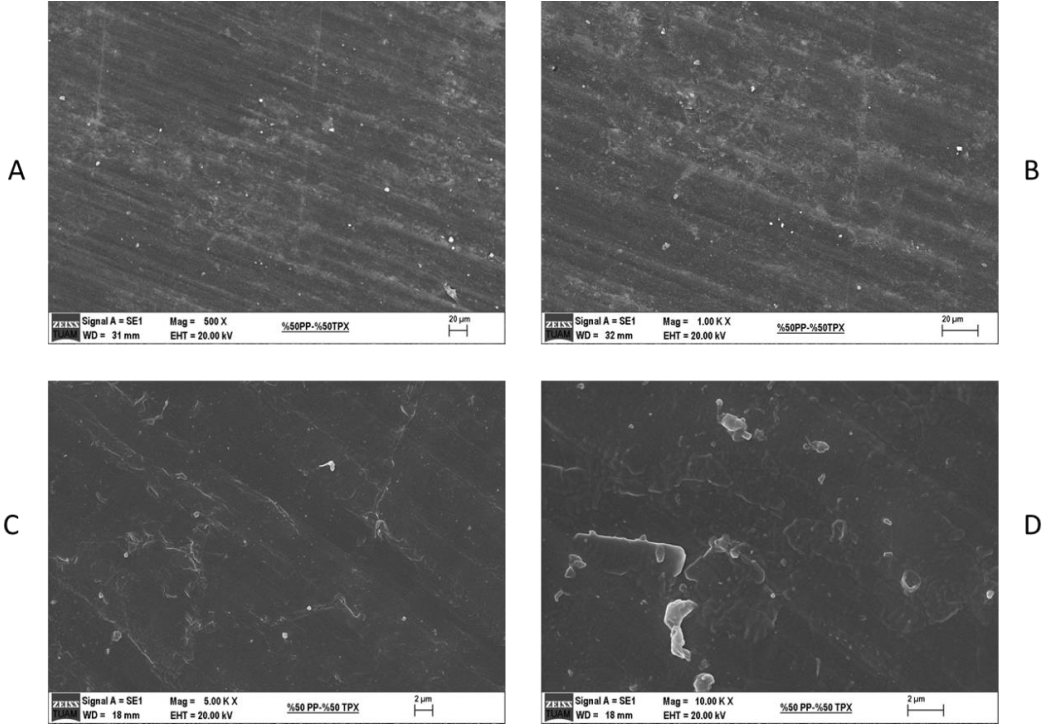
**EK 6 - Şekil 4.1.** %25 PP + %75 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



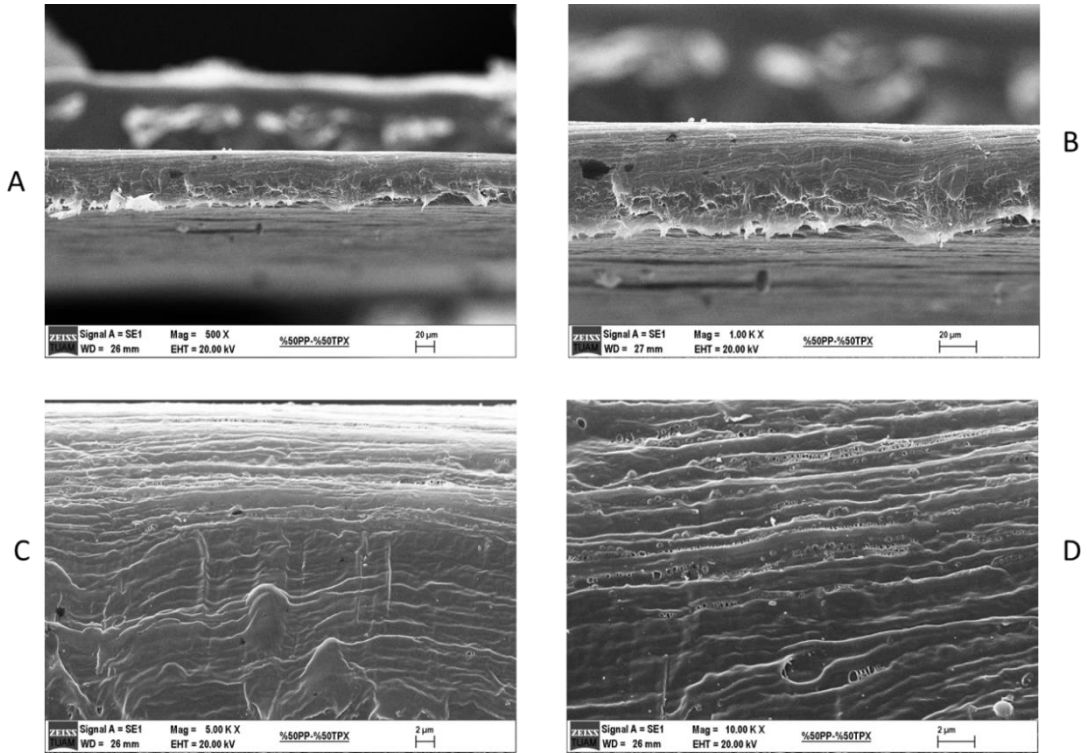
**EK 6 - Şekil 4.2.** %25 PP + %75 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



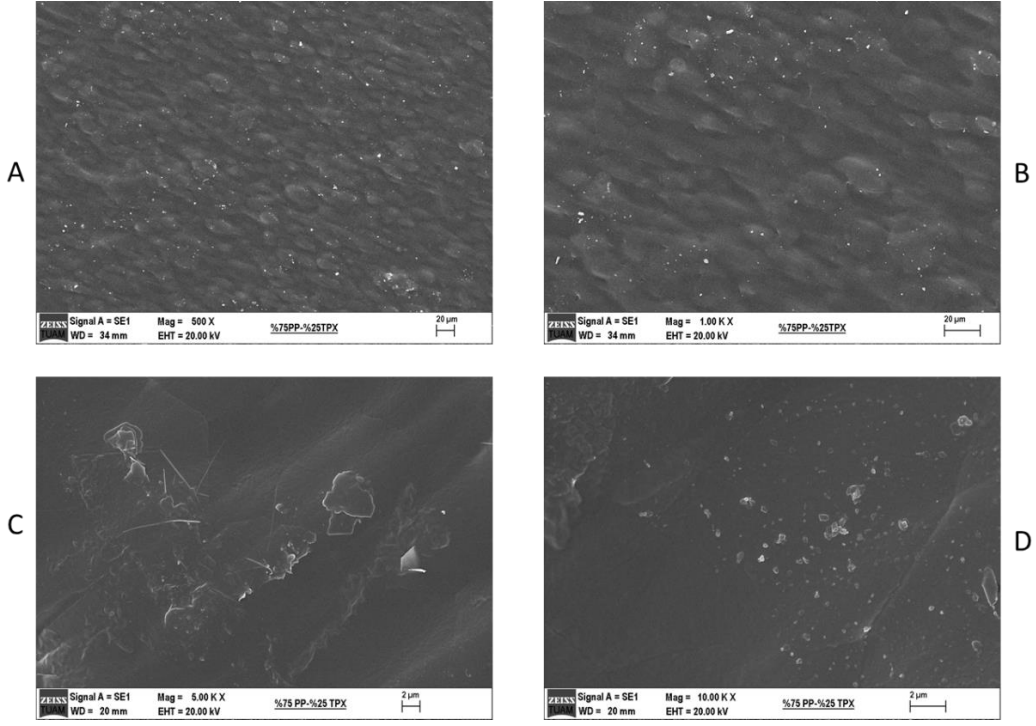
**EK 6 - Şekil 4.3. %50 PP + %50 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri**

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



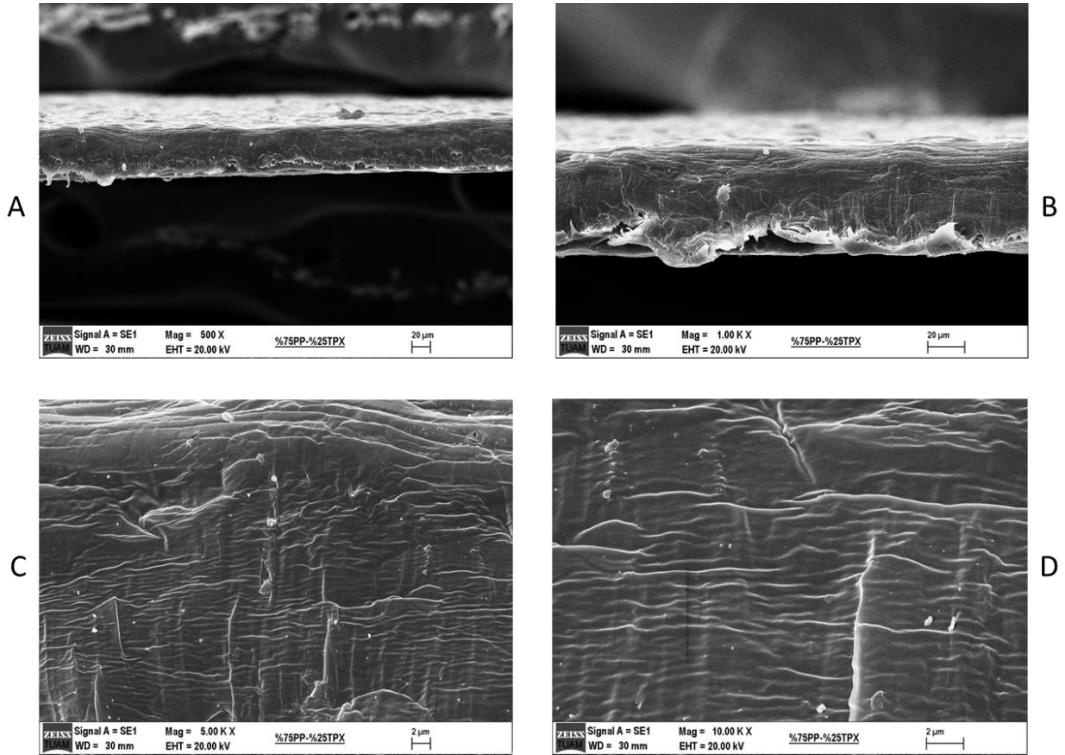
**EK 6 - Şekil 4.4. %50 PP + %50 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri**

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



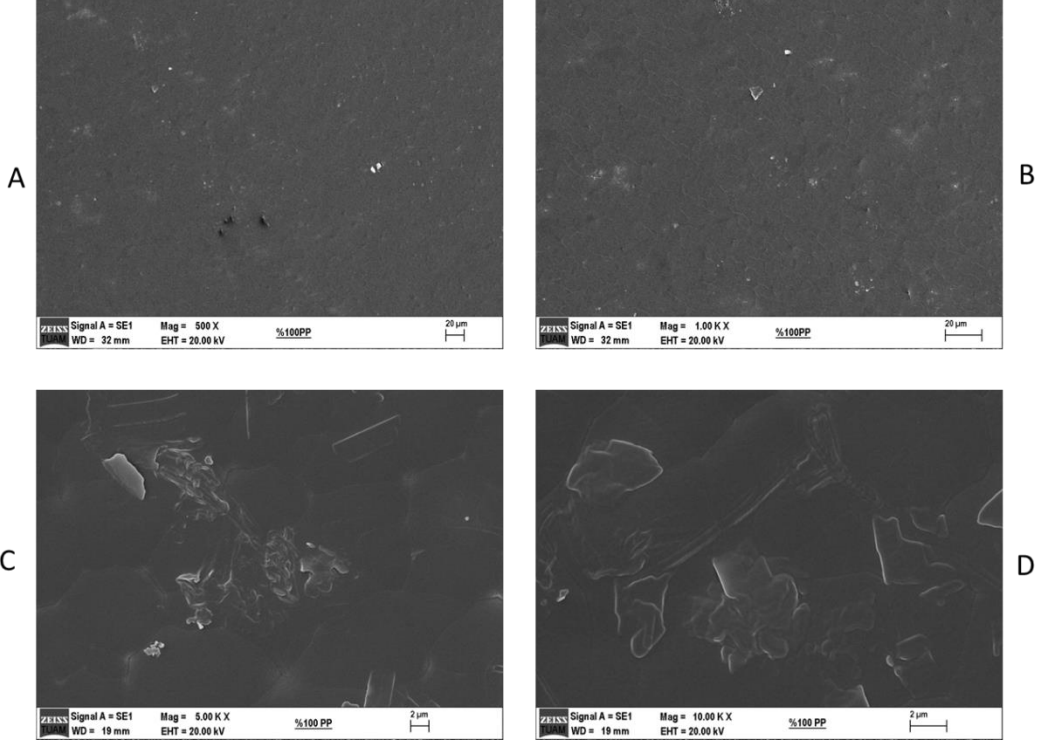
**EK 6 - Şekil 4.5. %75 PP + %25 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri**

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



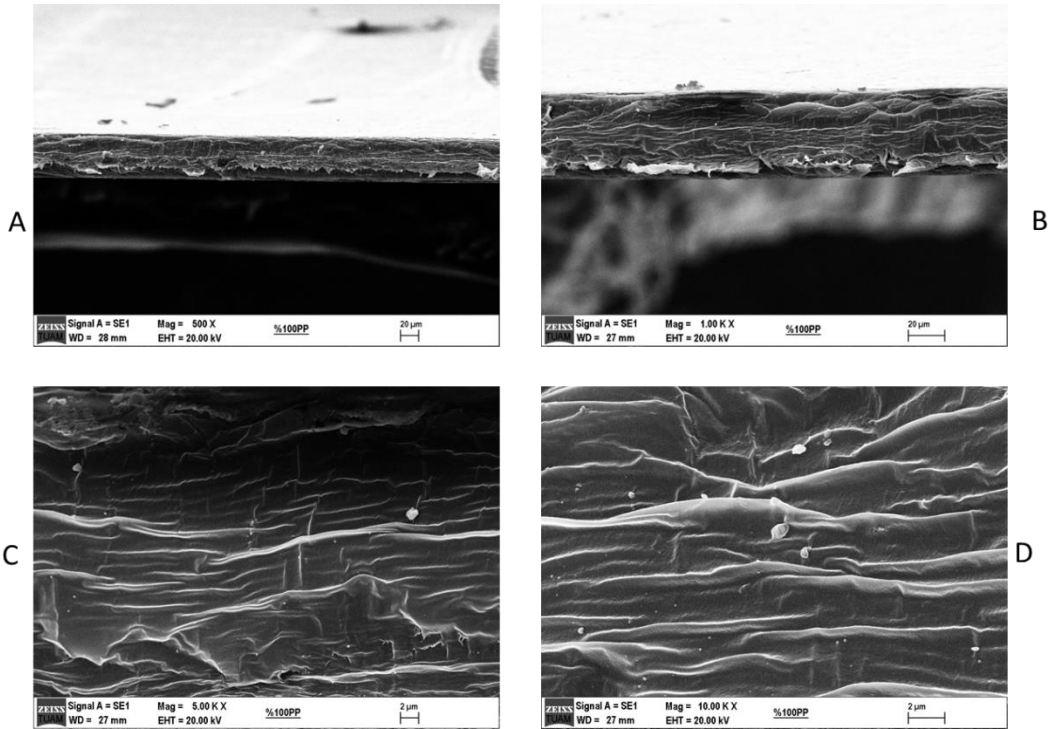
**EK 6 - Şekil 4.6. %75 PP + %25 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri**

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



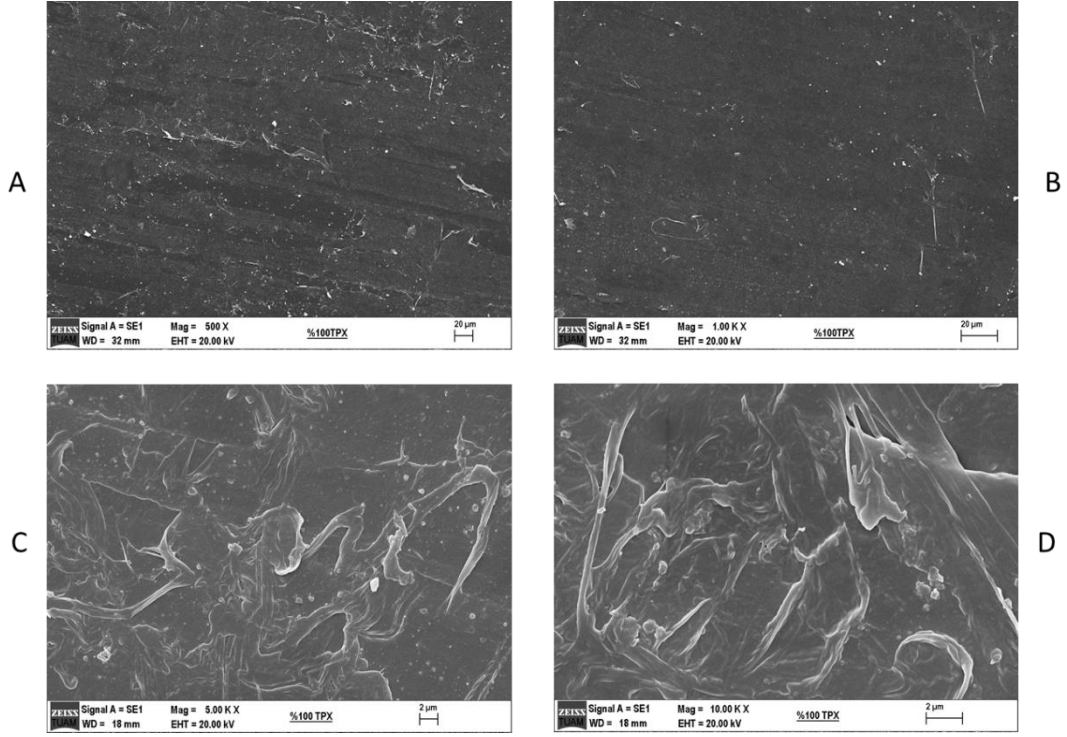
**EK 6 - Şekil 4.7.** %100 PP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



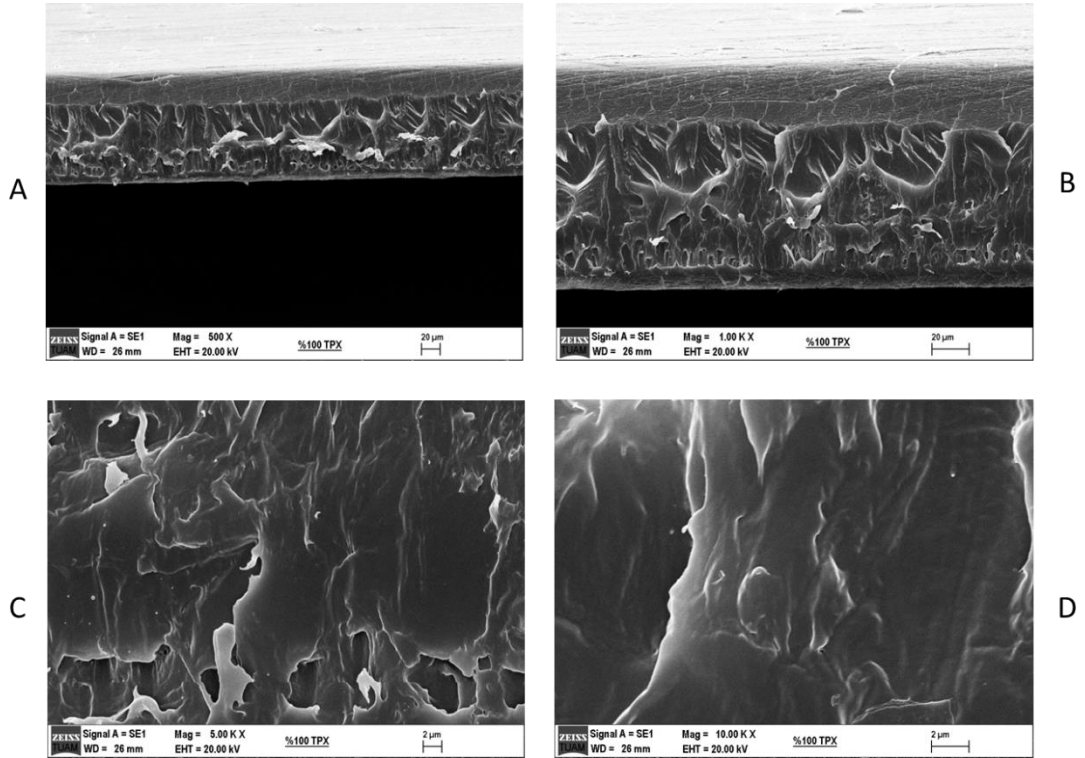
**EK 6 - Şekil 4.8.** %100 PP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000



**EK 6 - Şekil 4.9.** %100 PMP blendinin yüzey kesitinden SEM görüntüleri

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000

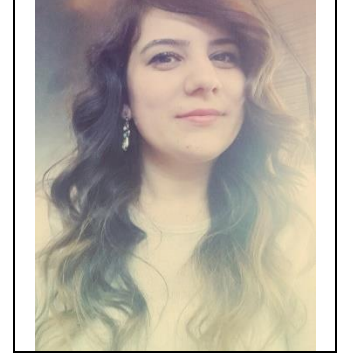


**EK 6 - Şekil 4.10.** %100 PMP blendinin kenar kesitinden SEM görüntüleri

A) Büyütme x500 B) Büyütme x1000 C) Büyütme x5000 D) Büyütme x10000

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : EMİNE TURAN  
Doğum Yeri ve Yılı : ÇİNE/ 01.10.1990



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Çine Lisesi	2007
Lisans : Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü	2012
Yüksek Lisans : Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı	2016
Yüksek lisans : Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı	2017

### Ulusal Kongrelerde Sunulan Bildiriler

- 1) **E. Turan**, B. Çakmaklı, T. Gökkurt, S. Salman (2016). Development of Polypropylene polymethylpentene Blends for use in food Packaging. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016), Doi: Proceedings Book Pages: 4763 (/)(Yayın No:3174344)
- 2) B. Çakmaklı, **E. Turan**, Baki Hazer, N. Sarıgül (2016). Surface Antimicrobial Activity of Some Novel Amphiphilic Olefin Copolymers based on Plant oils. 2nd International Conference On Science, Ecology And Technology– 2016 (ICONSETE'2016 – Barcelona), 604, Doi: Abstract Book (/)(Yayın No:3174173)
- 3) B. Çakmaklı, **E. Turan**, Baki Hazer, H. Seçilmiş,-Canbay “Synthesis And Characterization Of Some Novel Plant Oil Based Cryogels” International Symposium On Amphiphilic Polymers Networks, Gels And Membrans, 30 Ağustos-2 Eylül 2015, Budapest, Hungary.
- 4) **E. Turan**, B. Çakmaklı, B. Hazer, “Synthesis And Characterization Of Some Novel Amphiphilic Olefin Copolymers Based On Plant Oils” International Symposium On Amphiphilic Polymers Networks, Gels And Membrans, 30 Ağustos-2 Eylül 2015, Budapest, Hungary.



5) S. Duran, B. Dilbaz, **E. Turan**, B. akmaklı, B. Hazer, M. Calapoglu, S. Özdem  
“Amino Asit İçeren Akrilat Kopolimerlerinden Kriyojel Eldesi Ve Bu Kriyojellerin  
İmmunoglobulin (Igg)Saflaştırılmasında Kullanılması” 5. Fiziksel Kimya Kongresi, 16-19  
Mayıs 2015 Rixos Konya

6) B. akmaklı, H. Yavuz, B. Hazer, **E. Turan**, H. Karul, E. Muraal, “Hemoglobin  
Saflaştırılması ve Süpermakrogözenekli Hidrojeller” XXVI. Ulusal Kimya Kongresi,  
Kimya 2012 Poster, Muęla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muęla (01-06).10.2012

## Development of polypropylene/polymethylpentene blends for use in food packaging

Emine Turan<sup>1</sup>, Birten Çakmaklı<sup>2</sup>, Tolga Gökkurt<sup>3</sup>, Serdar Salman<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Engineering in Material Technologies, Institute of Science and Technology, Mehmet Akif Ersoy University, 15100 Burdur, Turkey

<sup>2</sup>Department of Polymer Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Mehmet Akif Ersoy University, 15100 Burdur, Turkey

<sup>3</sup>Department of Chemistry Faculty of Art and Sciences Bülent Ecevit University, 67100 Zonguldak, Turkey

<sup>4</sup>Department of Metallurgical and Materials Engineering Faculty of Technology Marmara University, Istanbul, Turkey

### Abstract

Polypropylene (PP) is a translucent plastic that exhibits excellent mechanical properties. It has a wide range of applications such as in packaging, textile fiber, automobile industry, and construction materials [1]. Polymethylpentene (PMP or trade name of TPX) characteristics are similar to those of traditional polyolefins and include excellent electrical insulating properties and strong hydrolysis resistance. In addition, PMP features low dielectric, superb clarity, transparency, gas permeability, heat and chemical resistance and release qualities [2]. In this study, PP-PMP blends were obtained using various proportions of PP and PMP added with Glikolmonoolesat (GMO) (surfactant) 10% about into a twin screw extruder. Then, packaging samples were manufactured in various thicknesses with these obtained blends. Produced packages were characterized by FT-IR spectroscopy, thermal analysis (TGA, DSC) and morphological evaluation (SEM). Furthermore, oxygen, carbon dioxide and water vapor permeability values these PP-PMP blends were measured by gas permeability tester.

### ACKNOWLEDGMENT

This work was financially supported by Mehmet Akif Ersoy University Research Fund.

### REFERENCES

- [1] Haiyan Wu, Xiaod LI, Jingwei Chen, Lina Shao, Ting Huang, Yunyun Shi, Yong Wang "Reinforcement and toughening of polypropylene/organic montmorillonite nanocomposite using b-nucleating agent and annealing" *Composites: Part B* 44 (2013) 439–445.
- [2] A. Wolin'ska-Grabczyk, A. Jankowski, R. Sekula and B. Kruczek "Separation of SF6 from Binary Mixtures with N2 Using Commercial Poly(4-Methyl-1-Pentene) Films" *Separation Science and Technology*, 46: 1231–1240, 2011.