



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KANOLA YAĞI İÇEREN YENİ BAZI GRAFT KOPOLİMERİN
SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

HÜLYA AYDIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ SEMA ALLI**

DÜZCE, 2022

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KANOLA YAĞI İÇEREN YENİ BAZI GRAFT KOPOLİMERİN
SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hülya AYDIN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Sema ALLI
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Sema ALLI
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Dilek NARTOP
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan ÇABUK
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 24/06/2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

24 Haziran 2022

Hülya AYDIN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğreniminde ve bu tezin hazırlanmasında her türlü bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, gösterdiği tüm destek ve yardımları ile birlikte güler yüzünü ve samimiyetini bana tüm içtenliğiyle sunan çok değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Sema ALLI' ya en içten dileklerle çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Doç. Dr. Abdulkadir ALLI 'ya da şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her aşamasında bana olan sonsuz sevgilerinden ötürü hep yanımda olan annem Mürüvet AYDIN'a, babam Nejdet AYDIN'a, abilerim Mustafa ve Yılmaz AYDIN'a, sevgili eşim Sezgin AYDIN'a ve güzel dostluklarıyla bana güç veren çok kıymetli arkadaşlarıma minnettarım. Hepsine çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2020.07.06.1058 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

24 Haziran 2022

Hülya AYDIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

| | |
|--|------|
| ŞEKİL LİSTESİ..... | vii |
| ÇİZELGE LİSTESİ..... | x |
| KISALTMALAR..... | xi |
| SİMGELER | xii |
| ÖZET..... | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. POLİMERLER..... | 3 |
| 2.1. POLİMERLERİN SINIFLANDIRILMASI..... | 4 |
| 2.1.1. Molekül Ağırlıklarına Göre Polimerler | 4 |
| 2.1.2. Doğada Bulunma Durumuna Göre Polimerler | 4 |
| 2.1.3. Kimyasal Bileşimlerine Göre Polimerler | 5 |
| 2.1.4. Isıya Karşı Gösterdikleri Davranışa Göre Polimerler..... | 5 |
| 2.1.5. Zincirin Kimyasal ve Fiziksel Yapısına Göre Polimerler..... | 5 |
| 2.1.6. Monomer Yapısına Göre Polimerler | 6 |
| 2.1.7. Sentezlenme Şekillerine Göre Polimerler | 6 |
| 2.2. POLİMERİZASYON YÖNTEMLERİ | 6 |
| 2.2.1. Kondenzasyon (Basamaklı) Polimerizasyon..... | 6 |
| 2.2.2. Katılma (Zincir) Polimerizasyonu | 7 |
| 2.2.3. Serbest Radikal Polimerizasyonu | 8 |
| 2.2.4. İyonik Katılma Polimerizasyonu | 9 |
| 2.2.4.1. Katyonik Polimerizasyon | 9 |
| 2.2.4.2. Anyonik Polimerizasyon..... | 10 |
| 3. YAĞLAR..... | 11 |
| 3.1. YAĞLARIN SINIFLANDIRILMASI..... | 11 |
| 3.2. POLİMERİK YAĞ VE YAĞ ASİDİ POLİMERLERİ | 12 |
| 3.3. BİTKİSEL YAĞLARIN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ..... | 12 |
| 3.4. KOLZA TOHUMU VE KOLZA TOHUMU YAĞI | 13 |
| 3.5. OTOKSİDASYON MEKANİZMASI..... | 15 |
| 3.6. YAĞLARIN OTOOKSİDASYON MEKANİZMASI | 15 |
| 4. MATERYAL VE YÖNTEM | 16 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1. KİMYASALLAR VE CİHAZLAR | 16 |
| 4.2. DENEYLERİN YAPILIŞI | 17 |
| 4.2.1. Kanola Yağının Ootoksidasyonu | 17 |
| 4.2.2. Peroksit Tayini | 17 |
| 4.2.3. Ootoksidede Kanola Yağının Stiren ile Sentezi..... | 17 |
| 4.2.4. Ootoksidede Kanola Yağının Metil Metakrilat ile Sentezi..... | 18 |
| 5. BULGULAR VE TARTIŞMA | 20 |
| 5.1. KANOLA YAĞININ OTOOKSİDASYONU..... | 20 |
| 5.2. OTOOKSİDE KANOLA YAĞININ STİREN İLE KARAKTERİZASYONU | 25 |
| 5.3. OTOOKSİDE KANOLA YAĞININ METİL METAKRİLAT İLE KARAKTERİZASYONU | 35 |
| 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 46 |
| 7. KAYNAKLAR | 48 |
| 8. EKLER | 53 |
| 8.1. EK 1: ¹ H NMR SPEKTRUMLARI | 53 |
| 8.2. EK 2: FTIR SPEKTRUMLARI..... | 59 |
| 8.3. EK 3: DSC, TGA/DTA TERMOGRAMLARI..... | 61 |
| ÖZGEÇMİŞ | 68 |

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

| | |
|--|----|
| Şekil 2.1. Serbest radikal polimerizasyonu azo başlatıcısı. | 9 |
| Şekil 2.2. Serbest radikal polimerizasyonu benzoil peroksit başlatıcısı. | 9 |
| Şekil 3.1. Kanola yağının kimyasal gösterimi. | 14 |
| Şekil 4.1. Poli(kanola yağ-g-stiren) graft kopolimerinin temsili reaksiyon şeması..... | 18 |
| Şekil 4.2. Poli(kanola yağ-g-metil metakrilat) graft kopolimerinin temsili reaksiyon şeması. | 19 |
| Şekil 5.1. Kanola yağının temsili otoksidasyon şeması..... | 20 |
| Şekil 5.2. (a) Kanola yağı ve (b) otokside kanola yağına ait ¹ H NMR spektrumları. | 22 |
| Şekil 5.3. (a) Kanola yağı ve (b) otokside kanola yağına ait FTIR spektrumları. | 23 |
| Şekil 5.4. (a) Otokside kanola yağı ve (b) kanola yağına ait DSC termogramları. | 24 |
| Şekil 5.5. Kanola yağına ait TGA termogramı. | 25 |
| Şekil 5.6. Otokside kanola yağına ait TGA termogramı..... | 25 |
| Şekil 5.7. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerdeki stiren besleme miktarına karşı molekül ağırlığı (M _n) ve Đ grafiği. | 26 |
| Şekil 5.8. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin GPC diyagramları. | 27 |
| Şekil 5.9. Poli(kanola yağı-g-stiren) (PKanoSt-4) graft kopolimerine ait FTIR spekturumu. | 28 |
| Şekil 5.10. Poli(kanola yağı-g-stiren) (a) PKanoSt-1 ve (b) PKanoSt-1 graft kopolimerlerine ait ¹ H NMR spekturumları..... | 29 |
| Şekil 5.11. Poli(kanola yağı-g-stiren) (a) PKanoSt-3 ve (b) PKanoSt-4 graft kopolimerlerine ait ¹ H NMR spekturumları..... | 30 |
| Şekil 5.12. Poli(kanola yağı-g-stiren) polimerizasyonun zamana göre % Polimer dönüşüm grafiği (Çizelge 5.3)..... | 31 |
| Şekil 5.13. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-1'e ait DSC termogramı. | 32 |
| Şekil 5.14. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-2'e ait DSC termogramı. | 32 |
| Şekil 5.15. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-3'e ait DSC termogramı. | 33 |
| Şekil 5.16. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-4'e ait DSC termogramı. | 33 |
| Şekil 5.17. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-1'e ait TGA/DTA termogramı. | 34 |
| Şekil 5.18. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-2'e ait TGA/DTA termogramı. | 34 |
| Şekil 5.19. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-3'e ait TGA/DTA termogramı. | 34 |
| Şekil 5.20. Poli(kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-4'e ait TGA/DTA termogramı | 35 |
| Şekil 5.21. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerdeki metil metakrilat besleme miktarına karşı molekül ağırlığı (M _n) ve Đ grafiği. | 36 |
| Şekil 5.22. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin GPC diyagramları. | 37 |
| Şekil 5.23. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) (PKanoMMA-2) graft kopolimerine ait FTIR spekturumu. | 38 |
| Şekil 5.24. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) (a) PKanoMMA-2 ve (b) | |

| | |
|--|----|
| PKanoMMA-2 graft kopolimerleriine ait ¹ H NMR spekturumları..... | 39 |
| Şekil 5.25. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) (a) PKanoMMA-3 ve (b) PKanoMMA-4 graft kopolimerleriine ait ¹ H NMR spekturumları..... | 40 |
| Şekil 5.26. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) polimerizasyonun zamana göre | 41 |
| Şekil 5.27. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-1'e ait DSC termogramı. | 42 |
| Şekil 5.28. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-2'e ait DSC termogramı. | 42 |
| Şekil 5.29. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-3'e ait DSC termogramı. | 43 |
| Şekil 5.30. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-4'e ait DSC termogramı. | 43 |
| Şekil 5.31. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-1'e ait TGA/DTA termogramı..... | 44 |
| Şekil 5.32. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-2'e ait TGA/DTA termogramı..... | 44 |
| Şekil 5.33. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-3'e ait TGA/DTA termogramı..... | 45 |
| Şekil 5.34. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-4'e ait TGA/DTA termogramı..... | 45 |
| Şekil 8.1. Kanola yağına ait ¹ H NMR spektrumu..... | 53 |
| Şekil 8.2. Otokside kanola yağına ait ¹ H NMR spektrumu. | 54 |
| Şekil 8.3. PKanoSt-1 graft kopolimerine ait ¹ H NMR spektrumu..... | 54 |
| Şekil 8.4. PKanoSt-2 graft kopolimerine ait ¹ H NMR spektrumu..... | 55 |
| Şekil 8.5. PKanoSt-3 graft kopolimerine ait ¹ H NMR spektrumu..... | 55 |
| Şekil 8.6. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait ¹ H NMR spektrumu..... | 56 |
| Şekil 8.7. PKanoMMA-1 graft kopolimerine ait ¹ H NMR spektrumu..... | 56 |
| Şekil 8.8. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait ¹ H NMR spektrumu..... | 57 |
| Şekil 8.9. Kanola yağına ait FT-IR spektrumu. | 59 |
| Şekil 8.10. Otokside kanola yağına ait FT-IR spektrumu..... | 59 |
| Şekil 8.11. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait FTIR spektrumu. | 60 |
| Şekil 8.12. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait FTIR spektrumu..... | 60 |
| Şekil 8.15. Kanola yağına ait DSC termogramı..... | 61 |
| Şekil 8.16. Otokside kanola yağına ait DSC termogramı. | 61 |
| Şekil 8.17. PKanoSt-1 graft kopolimerine ait DSC termogramı. | 61 |
| Şekil 8.18. PKanoSt-2 graft kopolimerine ait DSC termogramı. | 62 |
| Şekil 8.19. PKanoSt-3 graft kopolimerine ait DSC termogramı. | 62 |
| Şekil 8.20. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait DSC termogramı. | 62 |
| Şekil 8.21. PKanoMMA-1 graft kopolimerine ait DSC termogramı..... | 63 |
| Şekil 8.22. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait DSC termogramı..... | 63 |
| Şekil 8.23. PKanoMMA-3 graft kopolimerine ait DSC termogramı..... | 63 |
| Şekil 8.24. PKanoMMA-4 graft kopolimerine ait DSC termogramı..... | 64 |
| Şekil 8.25. Kanola yağına ait TGA/DTA termogramı..... | 64 |
| Şekil 8.26. Otokside kanola yağına ait TGA/DTA termogramı. | 64 |
| Şekil 8.27. PKanoSt-1 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı..... | 65 |
| Şekil 8.28. PKanoSt-2 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı..... | 65 |
| Şekil 8.29. PKanoSt-3 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı..... | 65 |
| Şekil 8.30. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı..... | 66 |
| Şekil 8.31. PKanoMMA-1 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı. | 66 |
| Şekil 8.32. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Şekil 8.33. PKanoMMA-3 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı..... | 67 |
| Şekil 8.34. PKanoMMA-4 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı..... | 67 |



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

| | |
|--|----|
| Çizelge 3.1. Bazı Doğal Yağların İçerdikleri Yağ Asidi Yüzdeleri, Yapılarındaki Çifte Bağ Sayıları Ve İyot Değerleri [48]. | 13 |
| Çizelge 5.1. Otokside Kanola Yağı'nın Jel Geçirgenlik Kromatografisi, Elementel Analiz, Peroksit Tayini Ve Kanola Yağı'nın Elementel Analiz Sonuçları. ... | 21 |
| Çizelge 5.2. Poli(kanola yağı-g-stiren) Graft Kopolimerlerinin Sentezi İçin Başlangıç Koşulları ve Sonuçları. | 26 |
| Çizelge 5. 3. Poli(kanola yağı-g-stiren) Polimerizasyonun 80 °C'deki Zamana Göre Deneysel Koşulları ve Sonuçları. | 31 |
| Çizelge 5.4. Poli(kanola yağı-g-stiren) Graft Kopolimerlerin DSC ve TGA Verileri.... | 35 |
| Çizelge 5.5. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) Polimerizasyonun 80 °C'deki Deneysel Koşulları ve Sonuçları. | 36 |
| Çizelge 5.6. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) Polimerizasyonun 80 °C'deki Zamana Göre Deneysel Koşulları ve Sonuçları. | 41 |
| Çizelge 5.7. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) Graft Kopolimerlerin DSC ve TGA Verileri. | 45 |

KISALTMALAR

| | |
|--------------------|---|
| DSC | Diferansiyel Tarama Kalorimetri |
| FTIR | Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi |
| GPC | Jel Geçirgenlik Kromatografisi |
| ¹ H NMR | Proton Nükleer Manyetik Rezonans |
| KI | Potasyum İyodür |
| MMA | Metil Metakrilat |
| PKano | Otookside Kanola Yağı |
| PMMA | Poli (Metil Metakrilat) |
| SRP | Serbest Radikal Polimerizasyonu |
| St | Stiren |
| TGA | Termogravimetrik Analiz |
| THF | Tetrahidrofur |



SİMGELER

| | |
|------|-------------------------------------|
| dk | Dakika |
| g | Gram |
| mL | Mililitre |
| Mn | Sayıca Ortalama Molekül Ağırlığı |
| Mw | Ağırlıkça Ortalama Molekül Ağırlığı |
| Đ | Dispersite |
| ppm | Milyonda Bir Kısım |
| Td | Bozunma Sıcaklığı |
| Tg | Camsı Geçiş Sıcaklığı |
| % wt | Kütlece Yüzde |
| °C | Santigrat Derece |



ÖZET

KANOLA YAĞI İÇEREN YENİ BAZI GRAFT KOPOLİMERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hülya AYDIN
Düzce Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sema ALLI
Haziran 2022, 67 sayfa

Bu tez çalışmasında kanola yağı oda sıcaklığında hava oksijeninin etkisiyle makroperoksit oluşumu için 24 ay boyunca otooksidasyona uğratıldı. Otooksidasyona yoluyla otookside kanola yağı elde edildi. Bu otookside kanola yağı hem stirenin hem de metil metakrilat'ın serbest radikal polimerizasyonu ile yeni poli (kanola yağı-g-stiren) ve poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerleri elde etmek için, makroperoksit başlatıcı olarak kullanıldı. Elde edilen poli (kanola yağı-g-stiren) ve poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin monomer konsantrasyonu ve polimerizasyon süresi incelendi. Elde edilen yeni otookside kanola yağı, poli (kanola yağı-g-stiren) ve poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin karakterizasyonu için bazı spektroskopik yöntemler (GPC, ¹H NMR, FTIR, DSC, TGA ve elemental analiz) kullanıldı.

Anahtar kelimeler: Kanola yağı, Metil metakrilat, Otooksidasyon, Serbest radikal polimerizasyon, Stiren

ABSTRACT

SYNTHESIS OF SOME NEW GRAFT COPOLYMERS CONTAINING CANOLA OIL, CHARACTERIZATION AND EXAMINATION OF THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

Hülya AYDIN

Düzce University

Institute of Graduate Studies, Department of Chemistry

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sema ALLI

June 2022, 67 pages

In this thesis, canola oil was autoxidized at room temperature for the formation of macroperoxide under the influence of air oxygen for 24 months. Autooxidized canola oil was obtained by autoxidation. This autooxidized canola oil was used as a macroperoxide initiator to obtain novel poly (canola oil-g-styrene) and poly (canola oil-g-methyl methacrylate) graft copolymers by free radical polymerization of both styrene and methyl methacrylate. The monomer concentration and polymerization time of the obtained poly (canola oil-g-styrene) and poly (canola oil-g-methyl methacrylate) graft copolymers were investigated. Some spectroscopic methods (GPC, ¹H NMR, FTIR, DSC, TGA, and elemental analysis) were used for the characterization of the obtained new autooxidized canola oil, poly (canola oil-g-styrene) and poly (canola oil-g-methyl methacrylate) graft copolymers.

Keywords: Autoxidation, Canola oil, Free radical polymerization, Methyl methacrylate, Styrene

1. GİRİŞ

Yenilebilen doğal kaynaktan oluşturulan polimer bazlı ürünler çevre dostu polimerler olarak kabul edilmektedir. Çevresel problemler ve kısıtlı fosil hammaddeler sebebiyle çevre dostu polimerler üretmek amacıyla yenilebilen kaynakların kullanımı ön plana çıkmaktadır [1]. Bitkisel yağların hem petrol esaslı bazı kaynaklara alternatif yeni malzemeler hazırlamaya uygun bir kaynak olması hem de yenilebilen bir malzeme olması nedeniyle son yıllarda bitkisel yağ esaslı malzemelerin hazırlanmasına ve değerlendirmesine yönelik araştırmalar yoğun ilgi konusu olmaktadır [2].

Bitkisel ve hayvansal yağ yenilenebilen kaynakların en önemli sınıfını oluşturmaktadır. Doymuş yağ asitlerinden hayvansal yağlar, tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinden ise bitkisel yağlar oluşur. Kanola, mısır, ayçiçek, soya, susam, fındık, hint ve keten tohumu yağı çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşan bitkisel içerikli yağlardır. Bunlar arasından özellikle soya ve keten tohumu yağı, petrol esaslı monomerlere alternatif olması ve yenilenebilen bir madde olarak kullanımı dikkat çekicidir [3], [4].

Bitkisel yağ temelli yeni malzemeler son yıllarda oldukça fazla geliştirilmiştir [5]–[7]. Bu yağ temelli malzemeleri sentezlemek için yeni polimerizasyon yöntemleri kullanılmıştır [6], [8]. Bu sebeple yeni monomerler ve polimerler geliştirmek için bitkisel yağlar üzerine yapılan çalışmalar, birçok araştırmacının çalışma konusu olmuştur [9]–[12].

Doymamış yağ asiti ya da çoklu doymamış bitkisel yağın hava oksijeni ile reaksiyonuna otooksidasyon denir. Otooksidasyon, karbon atomu ile radikal oluşumu sürecine devam eden alilik metilen grubundan hidrojen ortaya çıkarma işlemi ile başlar. Doymamış bitkisel yağlar için oksidasyon reaksiyonu, özel reaksiyon şartlarına bağlı olarak peroksit, epoksit ve hidroperoksitlerin türevlerinin oluşturulması ile neticelenir [13]. Oksijenin bu radikallere bağlanmasıyla peroksit ve hidroperoksit grubu oluştururlar ve oluşan bu gruplar indirgeyen bir madde [14], bir çeşit katalizör [15] ya da dietanolamin reaksiyonu aracılığıyla [16] çok yüksek sıcaklık ile [11] hidroksil grubuna dönüşebilir. Doymamış yağ ya da yağ asidinin otooksidasyonu, polimer bazlı yağ veya yağ asidi ortaya çıkar ve herhangi bir katalizör kullanmadan doğrudan vinil monomerleriyle polimerizasyon işlemine tabii tutulabilirler. Doymamış bitkisel yağ ve yağ asitlerinin otooksidasyonu

ilgili çalışmalar uzun sreden beri devam etmektedir. N-isopropilakrilamit, stiren, metil metakrilat n-bütil metakrilat gibi çeşitli vinil monomerlerinin blok/graft kopolimerlerini oluşturmak için polimerik linoleik asit, soya yağı, linolenik asit gibi makro başlatıcılar serbest radikal polimerizasyonunda kullanılmıştır [17], [18]. Otooksidasyona uğrayan yağ ve yağ asitlerinin polimerizasyonu tıbbi uygulamalara öncülük eden yeni polimerlerin sentezinde kullanılmaktadır [18]. Bir makroperoksit başlatıcı olarak soya yağının peroksit türevleri, makroazo başlatıcı [19] ve makroperoksit başlatıcı [20] gibi bir vinil monomerinin polimerizasyonunu başlatabilen fonksiyonel gruplar içeren bir makro moleküldür.

Bu tez çalışmasında, stiren ve metil metakrilat monomerlerinin serbest radikal polimerizasyonunda makro başlatıcı olarak otookside kanola yağının kullanımı araştırılmıştır. Stiren ve metil metakrilat'ın serbest radikal polimerizasyonunda otookside kanola yağını kullanarak yeni kısmen biyouyumlu graft kopolimerler sentezlenmiştir. Otookside kanola yağı ve elde edilen graft kopolimerler bazı spektroskopik yöntemler ile karakterize edilmiştir.

2. POLİMERLER

Hayatın her yerinde tüketilen boyalar, lifler, yapıştırıcılar plastikler, kauçuk türü malzemelerin üretiminde kullanılan en önemli hammaddelerdendir. Son yıllarda polimer kimyasında görülen yeniliklerle birlikte yeni polimerler sentezlenmiş ve bu polimerler kullanılarak oluşturulan ürünler; seramik ve metal ürünlerine ikame olarak kullanılmaya başlanmıştır [21].

Baron Jons Jacob Berzelius 1830 yılında Yunancada çok anlamındaki poly sözcüğüyle parça anlamındaki meros sözcüğünü birleştirerek poly-meros veya diğer bir ifadeyle polimer sözcüğünü kullanmıştır [22]. Yüksek mol kütesine sahip polimerler monomer şeklinde tanımlanan daha küçük birimlerin kovalent bağlarla bağlanmasıyla oluşur. Polimerizasyon, monomer birimlerinin kullanılarak polimerlerin oluşturulması esasına dayanan reaksiyonlardır. Monomerler polimerizasyon ile birbirlerine bağlanıp polimer molekülüne dönüşürler [20].

Polimerler; kullanışlılık, kolay şekillendirilebilme, hafiflik, kimyasal etkilere ve atmosferik koşullara karşı dayanıklılık ve düşük maliyetli olma gibi özelliklere sahip malzemelerdir. Polimerleri modifiye ederek polimer malzemelerin sahip olduğu bu üstün mekanik, fiziksel, ısıl ve çözelti özelliklerini çeşitlendirmek mümkündür. Farklı polimer bloklarını esas polimer zincirine bağlayarak kimyasal yapılarını veya morfolojilerini değişikliğe uğratarak başka özellikler de elde edilebilir [19]. Elde edilen yapının dikkat çeken özelliklerinden dolayı polimerler, yalnız kimya disiplininde değil tekstil ve endüstri alanlarında da kayda değer katkı sağlayan materyallerdir [23].

Polimer atıklarının doğada uzun sürede bozulması ve buna bağlı olarak çevre kirliliğinin artmasına neden olması günümüzün önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Bu sebeple çevreye herhangi bir zararı olmayan biyobozunur ve biyoyumlu malzemeye duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Biyobozunur malzemeler birçok farklı kaynaktan elde edilebilmektedir [24]. Sürekli güncellenen polimer sentez yöntemleri ile tespit edilen çok sayıda polimere gün geçtikçe yenileri eklenmektedir. Yaşamın neredeyse her alanında kullanılan polimerden yapılan malzemeler, yaşamımızın vazgeçilmez bir ögesi olmuştur. Polimerden üretilen malzemelerin yaygın şekilde

kullanılmasındaki asıl etkenler, temel yapı özelliklerinin dilediğimiz gibi değiştirilebilir, hammadde temininin ucuz ve ulaşılabilir olmasındandır. Monomerlerin aynı tür veya farklı tür monomerlerle oluşturdukları bağlar, bağ yapıları ve bağlanma sayısının fazlalığını yapısal özelliklerinin istenildiği gibi değiştirilebilir olmasını sağlar. Bununla birlikte aranılan özellikleri bulunduran polimerler de mevcut fonksiyonel gruplu monomerler aracılığıyla basitçe oluşturulabilir [23].

Biyopolimer elde etmek için daha düşük maliyetli olması bakımından uygun yenilebilir kaynaklar; doğal bitkilerden elde edilen keten tohumu yağı, soya yağı, kanola yağı, hint yağı ve ayçiçeği yağı gibi yağlar tercih edilebilir [25]. Bu yağların içinde en çok trigliseritler bulunur. Trigliserit yağların çok çeşitli uygulama alanları olduğu için modifikasyonla fiziksel ve kimyasal özelliklerini dolayısıyla termal mekanik özelliklerini değiştirerek yeni polimerler elde edilir [26].

2.1. POLİMERLERİN SINIFLANDIRILMASI

Polimerler, molekül ağırlıklarına göre polimer ve oligomer, kimyasal bileşimine göre organik ve anorganik, doğada bulunma durumuna göre sentetik ve doğal, zincirin kimyasal ve fiziksel yapısına göre düz, çapraz bağlı, dallanmış, ısıya karşı gösterdikleri davranışa göre termoplastik ve termoset, monomer yapısına göre kopolimer ve homopolimer sentezlenme çeşidine göre basamaklı ve katılma olarak sınıflandırılmaktadır [27].

2.1.1. Molekül Ağırlıklarına Göre Polimerler

Polimerizasyon reaksiyonu sırasında monomerlerin, farklı monomerlerle ya da öncesinde tepkimeye girmiş ve belirli bir molekül ağırlığına ulaşmış moleküllerle uzun zincirli yapılar oluşturduğu görülmektedir. Elde edilen büyük zincirlerin oluşması, monomerlerin molekül yapısından, tepkimeye girme yöntemine ve sentez çeşidine kadar birçok değişkene bağlıdır. Bu büyük moleküller doğal hayatın vazgeçilmez unsurlarındandır. Yaygın olarak tanınan doğal büyük moleküllerin bazıları: selüloz, protein, keratin gibi polimerlerdir. Eğer bu polimer zinciri yeterli büyüklükte değil ise oligomer şeklinde isimlendirilir [23].

2.1.2. Doğada Bulunma Durumuna Göre Polimerler

Polimer çeşitleri, doğal ve yapay şekilde oluşturulabilir. Doğal polimerler basit şekilde

birbirini tekrar eden birimlerden oluşur [28]. Selüloz, kauçuk ve protein benzeri bazı polimerler doğada kendiliğinden bulunmaktadır. Çok kullanılan doğal polimerlerin biride doğal kauçuktur. Bitkilerin ve ağaçların ana yapısını temellendiren selüloz, doğada fazlasıyla bulunan önemli diğer bir polimerdir. Doğal polimerler yapısal değişikliğe uğratarak farklı özelliklere sahip sentetik polimerler oluşturulur. Fenol ve formaldehitten sentezlenen bakalit basit moleküller kullanılarak oluşturulan ilk sentetik polimerdir. Sentetik polimerler: fenol formaldehit reçineleri, polistiren, sentetik kauçuk, polivinil klorür (PVC), neopren, naylon, polipropilen, polietilen, poliakril nitril, vb gibi [29].

2.1.3. Kimyasal Bileşimlerine Göre Polimerler

Karbon temelli olan zincir yapılar organik olmayan polimerlerde görülmemektedir ve organik polimerlere göre anorganik polimerler genellikle ısıya dayanıklılığı yüksek ve sert bir yapıdadır [23].

2.1.4. Isıya Karşı Gösterdikleri Davranışa Göre Polimerler

Uzun zincir yapısına sahip dallanmış veya lineer zincirler ile oluşmuş polimer sistemleri termoplastik olarak bilinmektedir. Çapraz bağları yüksek oranda ihtiva eden sistemler termoset sistemler şeklinde tanımlanır. Termoplastik malzemeler sıcaklığın artmasıyla erir ve şekli değişir. Bu şekilde kalıba aktarılması kolaylaşır. Hâlbuki yüksek miktarda çapraz bağı bulunan yapıda sıcaklığın artması ile bu gibi değişiklik olması, zincirlerin sabit olması sebebiyle kolay değildir. Bununla birlikte sıcaklık artması bu tarz malzemelerde parçalanmaya sebep olur [23].

2.1.5. Zincirin Kimyasal ve Fiziksel Yapısına Göre Polimerler

Polimer çeşitleri dallanmış, düz ve ağ yapılı şekilde ayrılabilir. Düz polimer için dallanma hiçbir şekilde oluşmaz. Graft kopolimerlerde dallanmış polimerler için bir örnektir. Difonksiyonlu monomer yerine, polifonksiyonlu monomerler kullanıldığı zaman ağ yapısında polimerler ortaya çıkar. Ağ polimerleri bununla birlikte çapraz bağlı olan polimerler çeşitlerini de içinde alır. Burada çapraz bağlanmasıyla polimer zincirlerinin hareketlilik özellikleri azalır bu yüzden erime ve akma olmayacağı için kalıplarla şekil verilemez. Bu tarz polimer çeşitleri termoset polimer şeklinde belirlenir [23].

2.1.6. Monomer Yapısına Göre Polimerler

Polimerler yapı itibariyle, monomer birimlerindeki çeşitlilik sebebiyle değişiklik arz eder. Homopolimer benzer yapıdaki monomerlerden elde edilen basit bir polimer çeşididir. Homopolimer dallanmış, doğrusal veya ağ yapısında bulunabilir. İki veya daha çok tip monomer ile oluşturulan polimerde kopolimer ile ifade edilir. Kopolimer çeşitleri kendi kendini meydana getiren monomer birimleri ile dizilişi şekline bakılırsa blok, graft (aşı) ve rastgele (random) kopolimer şeklinde bulunabilir [27]. Blok kopolimerler, değişik homopolimerler de uzun segmentler ihtiva eder. Graft kopolimer ve bilinen adıyla aş kopolimer burada temelde bulunan polimer zincir yapısında dallanma şeklinde ikinci monomeri oluşturur.

2.1.7. Sentezlenme Şekillerine Göre Polimerler

Polimerlerde sentezleme işleminde değişik kimyasal tepkimeler kullanılır. Tepkimelerde rutin işleme mekanizması açısından katılma polimerizasyonu ve basamaklı polimerizasyon olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Basamaklı polimerizasyon ile polimerizasyon sırasında mevcut monomer birimleri tepkime oluşturur. Tepkime sırasında polimerlerin zinciri sırasıyla ve yavaşça büyüyerek yüksek molekül zinciri olan polimerler, polimerizasyon işleminin sonunda oluşturulur. Katılma polimerizasyonu ile monomer yapıları aktif merkezlere de teker teker katılır ve polimer zincirleri büyür, polimerizasyon sırasında zincirin büyüklüğünü daha da çok değiştirmez [23].

2.2. POLİMERİZASYON YÖNTEMLERİ

Polimerizasyon tepkimeleri genel olarak basamaklı polimerizasyon (kondenzasyon) ve katılma (zincir) polimerizasyonu olmak üzere iki şekilde incelenir. Katılma polimerizasyonu; kendi içinde serbest radikalik, iyonik, katyonik, anyonik ve koordinasyon polimerizasyonu olmak üzere altı ayrı alt başlıkta incelenir [23].

2.2.1. Kondenzasyon (Basamaklı) Polimerizasyon

Kondenzasyon tepkimeleri, fonksiyonel grubu içeren çift molekül içinden daha ufak tek molekül ayrıştırılarak tekrar birleştirilmesi biçiminde gerçekleşir. Fonksiyonel grup, bir molekül çeşidinin kimyasal tepkimeye giren bölümüdür. Kondenzasyon tepkimesine giren molekülde genellikle –OH, –COOH, –NH₂ türünde fonksiyonel grup çeşitleri vardır ve kondenzasyon anında H₂O, HCl, NH₃ benzeri ilave

ürün çeşitleri oluşturulur. Örnek verilirse, etanol ve asetik asit reaksiyon işlem sonucunda etil asetat oluşumu gözlenirken yanında su da oluşur. Basamaklı polimerizasyon için polimer zincirinin, fonksiyonel grup çeşitleri üzerinde hareket eden tepkimeler ile yavaş yavaş büyüdüğü görülür [23].

Polimerizasyon işleminin başlamasıyla birlikte belirli bir aşaması sırasında monomer, dimer çeşidinde küçük molekül çeşitleri bulunmaz. Daha yüksek mol kütlelerine sahip polimerlerse yalnız polimerizasyon işleminin sonunda oluşturulur. Kondenzasyon polimerizasyon basamaklı tek yönde sırasıyla işleme devam ederken polimerde molekülün ağırlığı devamlı yükselir [30].

Tepkime reaktanlardan bir tanesi bitince işlem sonra erer. Yüksek mol kütlelerine sahip kondenzasyon polimerleri, oldukça saf monomer çeşitleri kullanıp ve eşdeğerdeki molar fonksiyonel grupları alınıp oluşturulabilir. Yalnız böyle koşulların kontrol edilmesi güçtür. Bununla birlikte genellikle daha düşük molar kütlede polimer çeşitleri oluşturulur. Monomer çeşitlerinin saf halde bulunmaması, fonksiyonel grubun stokiyometrisi özelliğine zarar verir, zincir sonunda artan fonksiyonel grup çeşitlerinin de kapalı olmasına sebep olur ve zincirin gelişimini durdurur [30].

Basamaklı polimerizasyon işleminde kayda değer sonuca ulaşmak amacıyla, monomer çeşitleri katkı olmadan denk miktarlarda bulundurulmalı bununla birlikte oluşturulan kondenzasyon ürünü çeşitleri ortamdan olabildiğince uzaklaştırılması gerekmektedir [29]. Kondenzasyon polimerizasyon işleminde monomerler glikol çeşitleri, çok fonksiyonlu asit çeşitleri, asit anhidritler, dikarboksili asit çeşitleri ve lakton kullanılır [31]. Poliüretanlar, polimitler, poliesterler, poliamitler, amino grup reçineler, fenolik reçineleri, basamaklı polimerizasyon ile sentezlenir [23].

2.2.2. Katılma (Zincir) Polimerizasyonu

Katılma polimerizasyonu işleminde monomer çeşitleri aktif merkeze teker teker girerek polimer zincirlerini büyütür, polimerizasyon süresi içerisinde zincirin büyüklük oranı çok değişim göstermez. Basamaklı polimerizasyon üzerinde oluşturulan polimere basamaklı polimer; katılma polimerizasyonu yöntemiyle oluşturulan polimere katılma polimeri denilir. Katılma polimerizasyon reaksiyonunda monomer çeşitleri direkt kendi kendilerine bağlanarak makro molekül zincir yapısını oluştur [32].

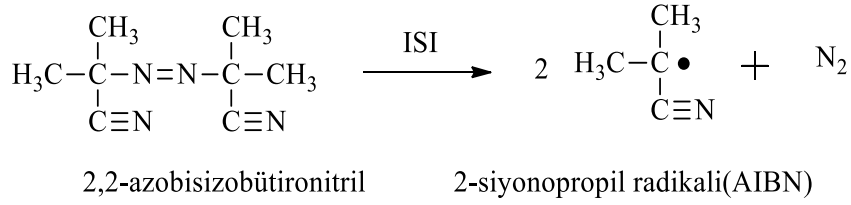
Katılma polimerizasyonunu iki başlık altında inceleyebiliriz. Bunlardan birincisi iyonik katılma polimerizasyonu, diğeri ise radikalik katılma polimerizasyonudur.

Bu ayırım, zincir büyümesinde görev alan aktif merkezlerin karakter yapısına bağlı olarak yapılmaktadır. Doymamış yapıya sahip vinil bileşikleri, katılma polimerizasyonu mekanizmasına en uygun monomer grubunu oluşturur. Bu monomerlerdeki çift bağın bulunduğu pozisyona bağlı süstitüe gruplar, pi bağının farklı karaktere sahip olmasını sağlarlar. Buna bağlı olarak da bu tür monomerler, bazı durumlarda radikalik bazı durumlarda ise iyonik başlatıcılarla etkileşerek, aktif merkezleri oluştururlar. Yani bu merkezler radikalik karakter yapısına sahipse radikalik; iyonik karakter yapısına sahipse de iyonik katılma polimerizasyonu durumu söz konusudur. Aynı zamanda bu karakter yapısı, iyonik katılma polimerizasyonunun da katyonik mi, anyonik mi olduğunu belirleyen başlıca unsurdur. Sözü edilen merkezler anyonik karakterde ise anyonik, katyonik karakterde ise katyonik polimerizasyon mekanizması olarak sınıflandırılırlar [23].

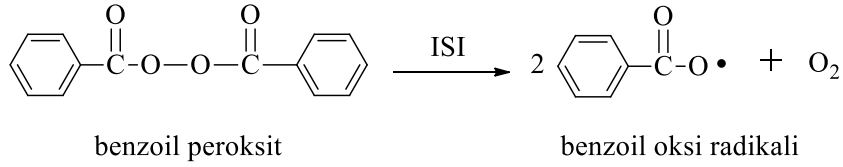
2.2.3. Serbest Radikal Polimerizasyonu

Katılma polimerizasyon işleminde başlatım yönteminden bir tanesi de serbest radikal gruplardan faydalanmaktır. Serbest radikal gruplar kimyasal madde kullanımıyla ya da ışık, ısı benzeri fiziksel etkileri kullanarak polimerizasyon yoluyla oluşturulabilir. Polimerizasyon başlatıcı tarafından oluşturulan radikallerin monomere eklenmesiyle başlar ve bu aktif zincir üzerine monomerlerin katılmaya devam etmesiyle de büyüme devam eder. Ardından ya birleşme ya da disproporisionlanma ile sonlanma meydana gelir [33]. Benzoil peroksiti bir çeşit hızlı başlatıcı özelliğindedir. Toluene, benzen benzeri çözücü çeşitleriyle hazırlanabilen çözeltiler 70-80 °C kadar sıcaklık seviyesine yükseltildiğinde tepkime ile parçalanıp yeteri kadar benzoiloksil radikali oluşturur. Katılma polimerleşmesi işleminde radikale kaynak olması için çoğu zaman peroksit ve azo başlatıcıları kullanılmaktadır. Katılma polimerizasyonu işleminde, monomer birimi büyüme basamağı sırasında teker teker zincir işlemine katılır. Burada yüksek molekül ağırlığında makro moleküller oluşturulur. Polimerizasyonun zamanını uzun tutmanın sonucu olarak polimerlerin verimleri yükselir. Polimerizasyon sürecinde monomerlerin konsantrasyon özelliğinin gittikçe azaldığı görülür. Bununla birlikte monomer-polimer dönüşüm durumu çoğalır [34].

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de serbest radikal polimerizasyonu başlatıcılarından en çok bilinenler; peroksitler, hidroperoksitler ve bazı azo bileşikleridir [35].



Şekil 2.1. Serbest radikal polimerizasyonu azo başlatıcısı [35].



Şekil 2.2. Serbest radikal polimerizasyonu benzoil peroksit başlatıcısı [35].

2.2.4. İyonik Katılma Polimerizasyonu

İyonik katılma polimerizasyon işlemi, iyonik karakterlerdeki aktif merkezlerin üzerinde uygulanabilir. Tepkime sırasında heterojen inorganik katalizörler ile saf olmayan maddelerin bulunuyor olması, hızlıca ilerleyen iyonik polimerizasyon işleminde devam eden süreci zorlaştırır. Ortaya çıkan aktif merkez yükü pozitif ya da negatif olması durumunda iki çeşit iyonik polimerizasyon bulunur. Bu şekilde oluşturulan polimerizasyon işleminde zincirlerin büyümesine yardımcı olan aktif merkezler, katyonik ya da anyonik katılma polimerizasyonu biçiminde iki konu içinde incelenebilir [35].

Katyonik polimerizasyonda zincir büyümesinden katyonik merkezler sorumludur. Anyonik polimerizasyonda zincir büyümesi anyonik merkezlerin aracılığıyla oluşur [36].

2.2.4.1. Katyonik Polimerizasyon

Artı yüklü aktif merkezlerin üzerinde devam eden iyonik polimerizasyona katyonik polimerizasyon denir. Anyonik ve radikalik polimerizasyon işleminde gözlemlenen başlama, büyüme, zincir transferi ve sonlanma basamakları katyonik polimerizasyon işleminde de geçerlidir [30]. Lewis asitler ve kuvvetli protonik asitleri benzeri başlatıcı kullanılıp başlatılırlar. Burada bütadien, stiren, N-vinil karbazol, α -metil stiren ve izobütilen benzeri elektron verici grupları barındıran monomer çeşitleri bu yolla polimerleştirilirler. Genellikle aktif yararlanılan başlatıcı lewis asitidir [35]. Lewis asitinin katalizör amaçlı kullanımında yanında katalizör etkisini yükselten su, alkol benzeri madde kullanılır. Sistemin katalitik özellikleri yok edileceğinden katalizörlerin fazlasından uzak durulur [37]. Katyonik polimerizasyonu tekniğini kullanarak farklı

blokların kopolimerlerin sentezlemeleri oluşturulmuştur [38].

2.2.4.2. Anyonik Polimerizasyon

Negatif yüke sahip aktif merkezler aracılığıyla devam eden iyonik polimerizasyona anyonik polimerizasyon denir. Anyonik polimerizasyon işleminde büyüme sürecini gerçekleştiren aktif uçlar anyonik özelliktedir. Burada polimerizasyon genellikle karbanyon üzerinde devam eder. Böylece aktif merkezleri oluşturmak üzere polimerizasyon esnasında monomerde elektron geçişi olmak zorundadır [39]. Anyonik polimerizasyon çok düşük sıcaklıkta devam edebilir. Polimerizasyonda zincir transferini gösteremeyen çözücüler kullanılırsa sonlanmasız polimer oluşur. Bu polimer ikinci başka monomerlerin polimerizasyonunu başlatır ve blok kopolimerin sentezi oluşumuna yardımcı olur [32]. Vinilasetat, akrilamit, metakrilamit, stiren, akrilonitril, metil metakrilat, etil akrilat, viniliden klorür, benzeri elektronu çeken grupları taşımakta olan monomer çeşitleri anyonik yollarla polimerleşebilir [39].

3. YAĞLAR

Organik bileşikler olan yağlar hidrojen, karbon ve oksijen moleküllerinden meydana gelir. Kimyasal nitelikleri itibariyle çok çeşitli ve geniş bir heterojen yapıya sahip bileşikler grubunu meydana getirir [40]. Bu bileşiklerin çok az bir kısmı suda çözünebilirler ve çoğunlukla suyla karışmazlar. Apolar özellik gösterirler. Kloroform, hekzan, metanol, benzen, dietil ve eter gibi organik çözücülerde kolaylıkla çözülebilirler. Yağların temel yapısı, yağ asidinin ve gliserolün esterleşmesiyle meydana gelir. Yağın yapısında olan bu bileşenlerden gliserol, yağ içerikli bütün bitki çeşitlerinde benzer yapıda olmasına rağmen yağ asidi çeşitleri farklılık oluşturur [41].

Yağ çeşitleri sıvı halde ise sıvı yağlar, katı halde ise katı yağlar şeklinde ifade edilir. Katı ve sıvı yağ çeşitleri, yağ asidi ve gliserollerden meydana gelen trigliseritler için etkili olan bileşik çeşitleri topluluğudur. Böyle bileşik çeşitleri su ile çözünmezken birçok organik çözücü ile çözünebilir [42].

3.1. YAĞLARIN SINIFLANDIRILMASI

Yağ çeşitleri bazı niteliklerine göre gruplandırılmaktadır. Yağ çeşitleri kaynağına bakılırsa hayvansal ve bitkisel şeklinde gruplandırılır. Hayvansal olan yağların bazıları; tereyağı (yumuşak yağ), iç yağı (katıyağ) ve balık yağı (sıvıyağ) halinde sıralanabilir. Bitkisel olan yağ çeşitlerine göre ise; susam yağı, zeytinyağı, soya yağı, mısır özü, yerfıstığı yağı, ay çiçek yağı, fındık yağı ve pamuk yağı gibi sıvı halde bulunan yağlarla hindistan cevizi yağı gibi katı halde bulunan yağ çeşitleri örneklendirilebilir [43].

Yağ asidi içeriklerine bakılırsa doymamış (oleik, linoleik, linolenik yağ asidi vb) ve doymuş (miristik, stearik, palmitik yağ asidi) yağ asidi şeklinde ayrılabilir. Doymuş yağ asidi çeşitleri kısa ve uzun zincir yapılı yağ asidi olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu yağ asitleri oda sıcaklığında çoğunlukla katı halde bulunurlar ve yüksek erime noktasına sahiptirler. Erime noktasının düşüklüğü nedeniyle doymamış yağ asidi çeşitleri oda ısısında genelde sıvı formdadır [44].

İyot sayısına bakılırsa kuruyabilen, az kuruyabilen ve kuruyamayan şekilde ayrılabilir. Kuruyabilen yağ çeşitleri; İnce katman şeklinde hava ile kuruyunca tabaka oluşan yağ

çeşitleridir. Gliserit yapısının temelindeki yağ asidi çeşitlerinin birçoğunun iki ya da daha da çok çift bağı bulundurması yağın yapısına kuruyabilme imkânı oluşturmaktadır. Havada bekletilince daha uzun sürede kuruyup ince katman oluşturarak katı halini alan yağ çeşitlerine yarı kuruyabilen yağ denilir. Bunun nedeni gliseritte olan yağların asitlerinde büyükçe bir bölümün iki tane çift bağı içermesidir. Diğer taraftan yağ gliserit yapılarının çoğunluğu tek çift bağıysa, bir tabaka meydana getiremeyeceğinden kuruyamayan yağ sınıfına dahil olur. Başka bir ifadeyle, gliserit de yağ asidi çeşitlerinin birçoğu doymuş iken yağ katı halde bulunur, birçoğu doymamış iken yağ sıvı haldedir [43].

Yağ asidi bileşimlerine bakılırsa erusik asit sınıfı, süt yağ sınıfı, laurik asit sınıfı, oleik linoleik asit sınıfı, linolenik asit sınıfı, konjuge asit sınıfı, hayvansal yağ sınıfı, deniz hayvanı yağ sınıfı, hidroksi asit sınıfı şeklinde gruplanabilir [43].

3.2. POLİMERİK YAĞ VE YAĞ ASİDİ POLİMERLERİ

Çevreye duyarlı monomer ve polimer malzemelerin hazırlanması amacıyla doğal yağlar, yağ asitleri ve benzeri hammaddeler son derece cazip hale gelmektedir [10]. Yağlar yapısındaki yağ asitlerine göre genel olarak farklı fiziksel özelliklere sahip olduğu için yağ seçimi polimerin özelliklerinde son derece önemlidir [18]. Çift bağı bulunduran doymamış yağlar kaplama malzemelerinde kullanışlı olmuştur. Fakat yağlardaki bazı hidroksil grubu, karbonil grubu ve epoksi grubu gibi ekstra reaktif olan yapıların bulunmaması nedeniyle yüksek ağırlıklı moleküllere dönüştürülemez [12]. Bundan dolayı yağlara hidroksilleşme ve oksidasyon gibi değişikliklerle işlevsellik ekleyerek akrilik reçineler, poliamitler, epoksi reçineler, poliesterler, poliesteramitler ve poliüretanlar oluşturulabilir. Çoklu doymamış yağlar oksijen, hava ve güneş ışığı ile otoksidasyon yöntemiyle değişikliğe uğratarak polimerik yağ peroksitleri elde edilir [45].

3.3. BİTKİSEL YAĞLARIN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Bitkisel yağlara bitkilerin tohum ya da meyve kısımları işlenerek erişilir. Bitkisel yağ çeşitleri gliserol ve üç yağ asidinden oluşur. Tüm yağ asitleri kaynaklarının ölçüsünde 16, 18, 20 ya da 22 karbon atomu ve sıfır, bir ya da daha da çok karbonlar arasında çift bağı içerir [46]. Bitkisel yağların içeriğinde çoğunlukla doymamış yağ asitleri bulunmaktadır.

Doymamış yağ asitleri oda sıcaklığında genellikle sıvı haldedir. Çoklu doymamış yağ asidi çeşitlerinde tek ya da daha da çok çift bağı ihtiva eden yağ asitleri bulunur. Yenilen yağ çeşitlerinde olan doymamış yağ asidi çeşitlerinden bazıları: linolenik, oleik, linoleik asitleridir [47].

Çizelge 3.1. Bazı Doğal Yağların İçerdikleri Yağ Asidi Yüzdeleri, Yapılarındaki Çifte Bağ Sayıları Ve İyot Değerleri [48].

| Doğal Yağlar | Palmitik Asit (%) | Stearik Asit (%) | Oleik Asit (%) | Linoleik Asit (%) | Linolenik Asit (%) | Çift Bağ Sayısı | İyot değeri (Mg/100g) |
|------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Soya Fasulyesi | 11,0 | 4,0 | 23,40 | 53,30 | 7,80 | 4,6 | 117-143 |
| Palm | 42,8 | 4,2 | 40,50 | 10,10 | - | 1,7 | 44-58 |
| Kanola | 4,1 | 1,8 | 60,90 | 21,00 | 8,80 | 3,9 | 110-126 |
| Ayçiçek | 5,2 | 2,7 | 37,20 | 53,80 | 1,00 | 4,7 | 110-143 |
| Tereyağı | 26,0 | 11,0 | 28,00 | 2,00 | - | - | 29-41 |
| Yerfıstığı | 11,4 | 2,4 | 48,30 | 31,90 | - | 3,4 | 80-106 |
| Pamuk | 21,6 | 2,6 | 18,60 | 54,40 | 0,70 | 3,9 | 90-119 |
| Hindistan Cevizi | 9,8 | 3,0 | 6,9 | 2,2 | - | - | 6-11 |
| Zeytin | 13,7 | 2,5 | 71,1 | 10,0 | 0,6 | 2,8 | 75-94 |
| Mısır | 10,9 | 2,0 | 25,4 | 59,6 | 1,2 | 4,5 | 102-130 |
| Balık | 16 | - | 11,25 | - | - | - | 104-110 |
| Keten Tohumu | 5,5 | 3,5 | 19,1 | 15,3 | 56,6 | 6,6 | 168-204 |
| Susam | 9,0 | 6,0 | 41,0 | 43 | 1,0 | 3,9 | 103-116 |
| Hint | 1,5 | 0,5 | 5,0 | 4,0 | 0,5 | 2,7 | 82-88 |

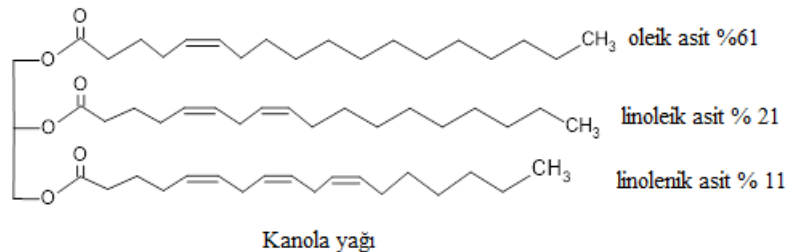
3.4. KOLZA TOHUMU VE KOLZA TOHUMU YAĞI

Kolza tohumu yağı brassica bitkisinden elde edilmektedir. Yüksek erusik ve eikosanoik yağ asiti içermesi nedeniyle besleyici özelliği aktif bir şekilde kullanılamamıştır [49]. İçeriğinde bulunan erusik asit incelendiği zaman zarar verici etkileri ortaya çıkmış bu nedenle erusik asit oranı azaltılmış bunun yanı sıra hiç bulundurmeyen rapeseed

varyasyonlarının elde edilmesine Kanada'da başlanmıştır [50].

Kanada'da ıslah edildiği için İngilizce Canadian Oil Low Acid sözcüklerinin ilk harfleri ile kanola ismi ortaya çıkmıştır. Tüm dünyada üretimi yapılan yağlı tohum bitkisinden ikincisidir. Avustralyalı üreticiler yüksek kalitede olan kanola çeşitlerini cazip bir ürün olarak görmüştür [51]. Devam eden süreçte kanola yağını Kanada, Japonya ve kalan ülkelerde fazlaca tüketmeye başlamıştır [52]. Dünyada başta Batı Kanada, Kuzey Avrupa, Ontario ve Pasifik Okyanusunun kuzeybatısı, Avustralya ve Asya, Güneydoğu Amerika da üretimi yapılmaktadır [53]. Türkiye'de bulunan kolza bitkisi ve bu bitkinin yağı (rapistra) günümüzde kanola yağı olarak bilinir ve tohumu yağlı bitkilerden olan kanola 1960'dan beri Türkiye'de değer kazanmıştır. Ekimi yapılan yerler ve üretimlerinde günümüze kadar kayda değer bir artış görülmüştür [54]. Kanada'da yapılan iyileştirme çalışmalarıyla kolza bitkisinde bulunan erüsik asit ve glukosinolat miktarı azaltılarak kanola ismiyle sunulmuş ve bundan sonra Türkiye'de başta Trakya bölgesi olmak üzere 2001 yılı itibariyle farklı bir seçenek olarak kanola yağlı bitki üretimi desteklenmiştir [55]. Bununla birlikte Akdeniz bölgesi, İç Ege, Güney Marmara, İç Anadolu Bölgeleri ve Karadeniz de diğer üretim yapılan bölgelerdir [56].

Kanolanın kullanıldığı yerlerden birkaçı yemeklik yağ sanayi, kimya sanayi ve biyodizel hammaddesi ve hayvan yemidir. Kanola yağının çok önemli olmasının bir diğer sebebi de dünya çapında biyoyakıtlar, çeşitli araçlar ve makine kimyasal ürünler, hassas ve değerli materyallerin üretimleri gibi sanayinde kullanımları olmasıdır. Şişelerde ve plastik gibi dönüştürülebilen ambalaj sanayinde de kullanılır [57], [58]. Şimdilerde doymuş yağ asiti oranı %7 ile gıdada kullanılan yağlar içinde en düşük bununla birlikte tekli doymamış yağ asiti olan oleik asit oranı %61 ile en yüksektir. Buna karşılık linolenik ve linoleik yağ asitlerinin %32 oranında olmaktadır [59]. Şekil 3.1' de kanola yağının kimyasal yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kanola yağının kimyasal gösterimi.

3.5. OTOKSİDASYON MEKANİZMASI

Otoksidasyon ile havadaki oksijen veya UV radyoaktivitesi etkisiyle peroksit ve hidroperoksit meydana gelir [60]. Başlama, büyüme ve sonlanma basamakları olmak üzere üç aşamada oluşur. Başlama basamağı; alil metil grubunda bulunan hidrojen atomunun doymamış yağ asidi grubundan ayrılmasıyla reaksiyon başlatılır. Büyüme basamağında; oksijen ile serbest radikaller reaksiyona girerek peroksit radikalini oluşturur. Bu tepkime işlemin sonuna kadar devam eder ve iki radikalın birleşmesiyle sonlanma meydana gelir [61].

3.6. YAĞLARIN OTOOKSİDASYON MEKANİZMASI

Çoklu doymamış yağ asitleri ve esterlerinin otooksidasyonu yenilenen araştırmalarla ilgi çekmektedir. Yağ peroksidasyonu çeşitli biyolojik sistemlerde ilginç ve üstün özelliklere sahip peroksit ürünlerinin oluşmasını sağlar [62]. Yağ ve yağ asidi havadaki oksijen ile güneş ışığında propoksidasyon, peroksidasyon ve epoksidasyon işlemleri ile polimerik yağ peroksidi oluşturmak üzere polimerleştirilir [63]. Doymamış yağ asit otooksidasyonu ile çift bağlar arasında metilen grubundaki hidrojen atomunun koparılmasının sonucunda, polimerik yağ asit peroksiti oluşur. Böylece tek bir katalizör kullanılmaksızın doğrudan vinil monomeriyle polimerizasyon işlemine maruz bırakılır [64]. Doymamış yağlar için peroksidasyon ve epoksidasyon işlemi yanında otoksidasyon yöntemi ile polimerizasyon, biyobozunur polimer sentezinde çevreye dost ve ticari olarak iyi bir seçenektir [65].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. KİMYASALLAR VE CİHAZLAR

Kanola yağı yerel bir firmadan temin edildi. Deneysel çalışmada kullanılan stiren ve metil metakrilat Sigma-Aldrich firmasından temin edildi. Stiren ve metil metakrilat alimuna kolondan geçirilip deneylerde kullanıldı. Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan çözücüler tetrahidrofur, kloroform petrol eteri Merc firmasından alındı ve kullanılan bu kimyasallar analitik saflıkta olduğu görüldü. Bu tez çalışmasındaki ¹H NMR analizleri, Giresun Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezinde (GRÜBLAB), DSC, TGA, FTIR ve Elementel Analiz Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DÜBİT), GPC karakterizasyonu ve diğer tüm deneysel çalışmalar Düzce Üniversitesi Kimya Bölümünde bulunan cihazlar kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı cihazlar aşağıda belirtilmiştir.

¹H NMR ölçümü, BrukerAvance III 400 MHz NMR cihazı ile elde edilmiş ve ölçümlerde çözücü olarak CDCl₃ kullanılmıştır. Molekül ağırlığı ölçümü için UV (254 nm) ve RI detektörlü EcoSEC HLC-8320 GPC sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde tetrahidrofur, 40 °C'de 0.6mL/dak'lık bir akış hızında kullanıldı. Element analiz Thermo marka Scientific Flash 2000 analizörü ile, IR spektrumları, Bruker Vertex-80 spektrofotometresi ile 400-4000 cm⁻¹ aralığında yapılmıştır. DSC analizleri *Shimadzu* marka *DTG 60H-DSC 60* model DSC cihazı ile argon gazı altında DSC 60 serisi ile yapılmıştır. TGA ölçümleri *Shimadzu* marka *DTG 60H-DSC 60* model TGA cihazı kullanılmıştır. Numunelerin termal bozunmaları ve kütle kayıpları, 20-800 °C sıcaklık aralığında yapılmıştır.

4.2. DENEYLERİN YAPILIŞI

4.2.1. Kanola Yağının Otooksidasyonu

Otooksidasyon için, 10 g kanola yağı 5 cm çapında cam petri kabına 1,0 mm yağ kalınlığında olacak şekilde yayılmıştır. Cam petri kabındaki yağ 24 ay boyunca güneş ışığına maruz bırakılmıştır. 24 ay boyunca, kanola yağı havanın oksijeniyle oksitlenmiştir. Bu süre sonunda otookside kanola yağı elde edilmiştir. Otooksidasyona uğramış kanola yağı aşırı miktarda kloroform içinde çözünmesi sağlandıktan sonra toz ve kiri uzaklaştırmak için süzgeç kâğıdı kullanarak süzülmüştür. Elde edilen süzüntü evaporatörde uçurulup, vakumlu etüvde çözücü kalmayana kadar kuruması sağlanmıştır. Elde edilen otookside kanola yağı daha sonra kullanılmak üzere buzdolabında saklanmıştır.

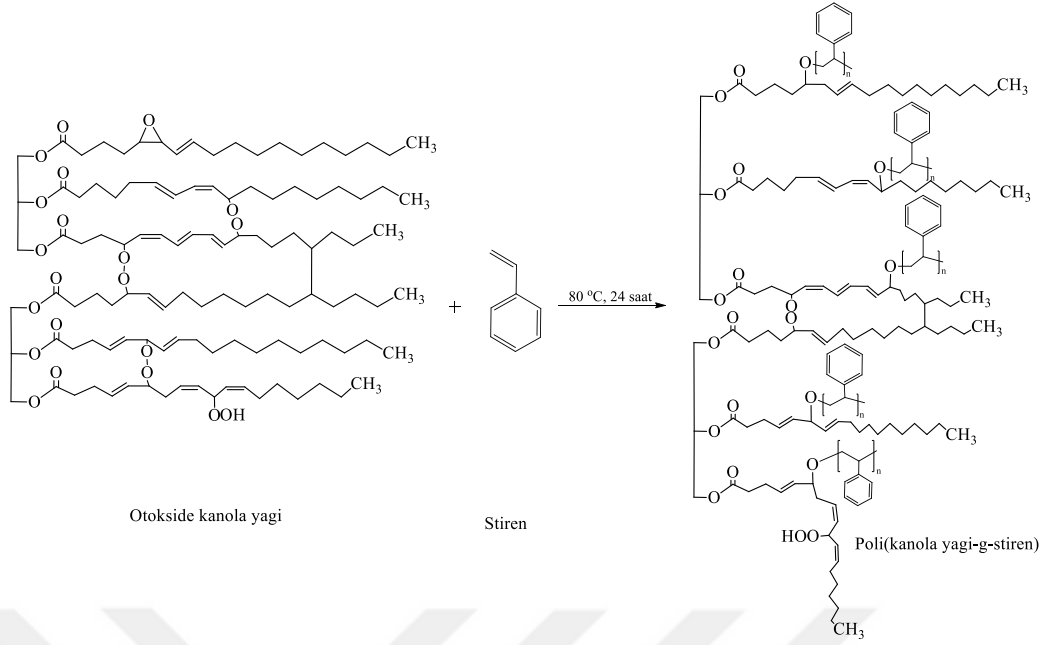
4.2.2. Peroksit Tayini

250 mL şilifli cam balona 0,50 g otookside kanola yağı tartıldı. Üzerine 30 mL izopropil alkol, 5 mL asetik asit ve 1 mL doygun potasyum iyodür çözeltisi eklendikten sonra 10 dk kadar geri soğutucu altında kaynatıldı. Elde edilen örnek içine 1 mL nişasta çözeltisi ilave edilip sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edildi. Otookside kanola yağının peroksit içeriği %0,97 olarak hesaplandı. ($V = V_{\text{çözeltili}} - V_{\text{kör}} = \text{Harcanan tiyosülfat}$, $m = \text{yağın miktarı}$)

$$\text{Peroksit (wt \%)} = [V \times 0.1 \times 16] / [10 \times m] \quad [66]$$

4.2.3. Otookside Kanola Yağının Stiren ile Sentezi

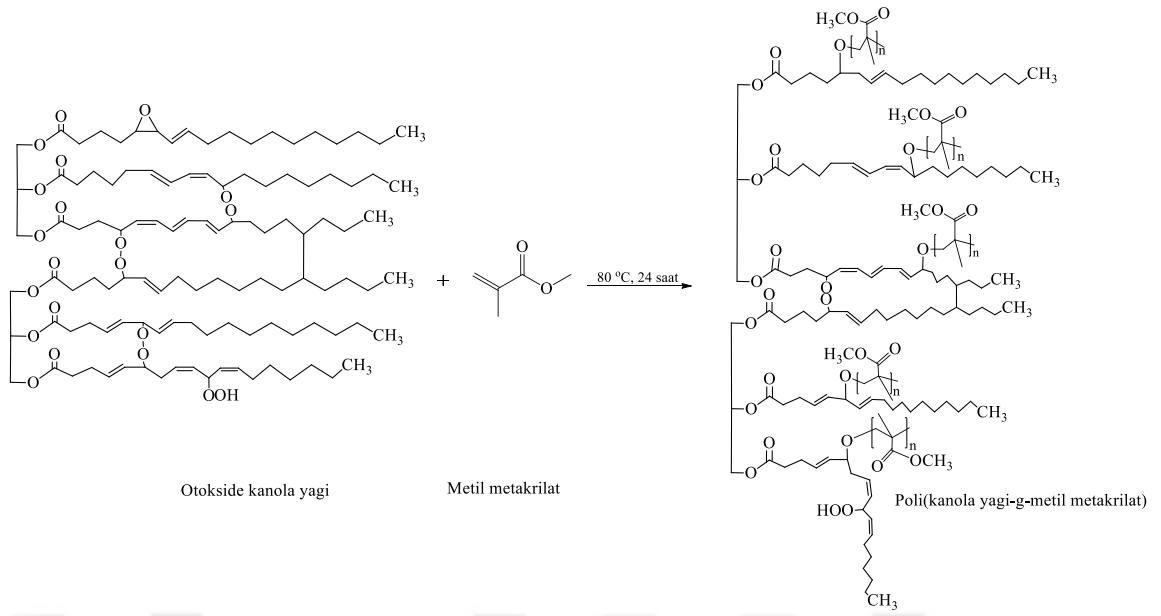
Cam deney tüpüne otookside kanola yağı (0,50 g, 0,038 mmol), stiren (1,00 g, 9,60 mmol) ve manyetik balık konularak manyetik karıştırıcıda monomer içinde yağın çözünmesi gerçekleştirilmiştir. Sonra deney tüpünden 2-3 dk kadar argon gazı geçirilmiştir. Daha sonra deney tüpünün ağzı sıkıca kapatılarak 80 °C'deki bir yağ banyosuna 24 saat boyunca polimerizasyonun gerçekleşmesi için bırakılmıştır. 24 saat sonunda oluşan ürün tetrahidrofur ile çözülüp, petrol eterinde çöktürülmüştür ve sonra 40 °C'deki vakum etüvünde ürünün kuruması sağlanmıştır. Elde edilen ürünlerin yapı karakterizasyonu için ¹H NMR ve FTIR, molekül ağırlığı tayini için GPC, termal analizler içinde DSC ve TGA gibi spektroskopik yöntemler kullanılmıştır. Şekil 4.1'de poli (kanola yağ-g-stiren) graft kopolimerinin temsili reaksiyon şeması verilmiştir.



Şekil 4.1. Poli (kanola yağ-g-stiren) graft kopolimerinin temsili reaksiyon şeması.

4.2.4. Otokside Kanola Yağının Metil Metakrilat ile Sentezi

Cam deney tüpüne otookside kanola yağı (0,50 g, 0,038 mmol), metil metakrilat (1,00 g, 9,99 mmol) ve mağnetik balık konularak mağnetik karıştırıcıda monomer içinde yağın çözünmesi gerçekleştirilmiştir. Sonra deney tüpünden 2-3 dk kadar argon gazı geçirilmiştir. Gazı geçirdikten sonra deney tüpünün ağzı sıkıca kapatılarak 80 °C'deki bir yağ banyosuna 24 saat boyunca polimerizasyonun gerçekleşmesi için bırakılmıştır. 24 saat sonunda oluşan ürün tetrahidrofuranda çözülüp, petrol eterinde çöktürülmüştür ve sonra 40 °C'deki vakum etüvünde ürünün kuruması sağlanmıştır. Elde edilen ürünlerin yapı karakterizasyonu için ^1H NMR ve FTIR, molekül ağırlığı tayini için GPC, termal analizler içinde DSC ve TGA gibi spektroskopik yöntemler kullanılmıştır. Şekil 4.2'de poli (kanola yağ-g-metil metakrilat) graft kopolimerinin temsili reaksiyon şeması verilmiştir.

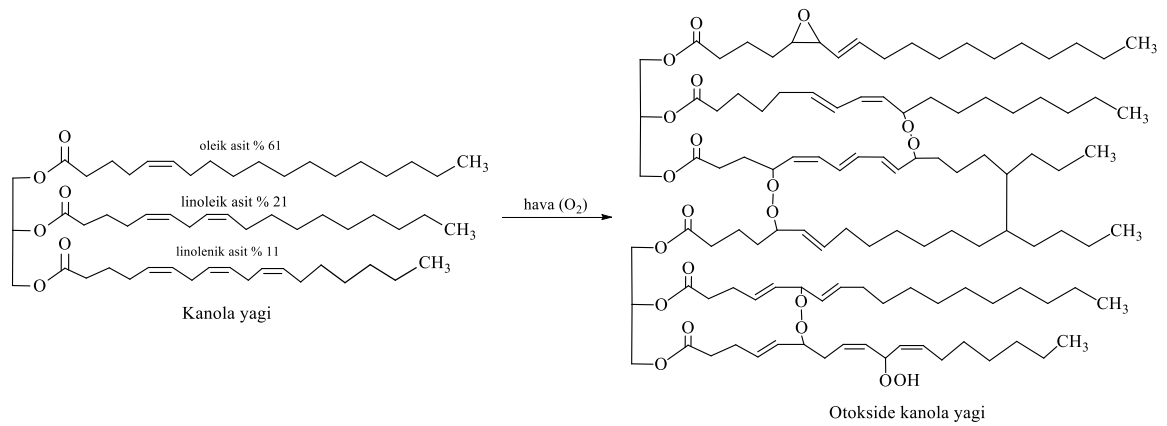


Şekil 4.2. Poli (kanola yağ-g-metil metakrilat) graft kopolimerinin temsili reaksiyon şeması.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. KANOLA YAĞININ OTOOKSİDASYONU

Bu tez çalışmasında kanola yağının 24 ay boyunca güneş ışığı altında hava oksijeni ile otooksidasyonu sonucu otookside kanola yağı elde edildi. Otookside kanola yağının molekül ağırlığı jel geçirgenlik kromatografisi ile belirlenmiştir ve molekül ağırlığı 2085 g/mol dispersite (Đ) 1,09 olarak bulunmuştur. Otookside kanola yağının peroksit içeriği iyodometrik titrasyon ile belirlendi ve %0,97 olarak hesaplandı. Otookside kanola yağının peroksit oluşumunu doğrulamak için elementel analiz yapılmıştır. Kanola yağı ve otookside kanola yağının elementel analiz sonuçlarına göre, kanola yağının oksijen oranı %13,35 iken otookside kanola yağının oksijen oranı %19,65 olarak belirlenmiştir. Oksijen miktarındaki bu artış peroksit oluşumunu doğrulamaktadır. Kanola yağının elementel analiz sonuçları ve otookside kanola yağının molekül ağırlıkları ile birlikte hem elementel analiz hem de iyodometrik titrasyon sonuçları, Çizelge 5.1’de verilmiştir. Otookside kanola yağının yapı analizi için ^1H NMR ve FT-IR, termal analizleri için DSC ve TGA spektroskopik yöntemler kullanılarak karakterize edilmiştir. Kanola yağının otooksidasyona ait temsili reaksiyon şeması Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Çizelge 5.1. Otokside Kanola Yağı'nın Jel Geçirgenlik Kromatografisi, Elementel Analiz, Peroksit Tayini ve Kanola Yağı'nın Elementel Analiz Sonuçları.

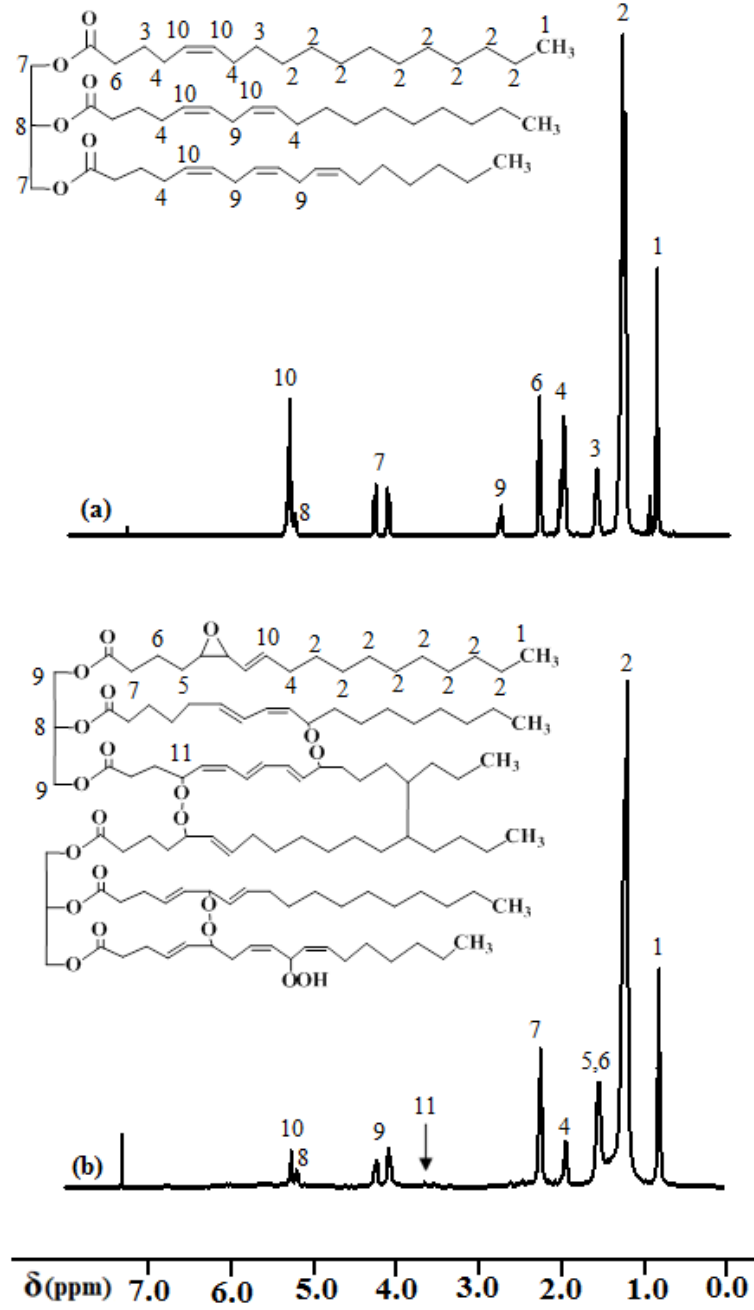
| | Elm. Analiz, (% wt) | | | | Mn, _{SEC} g/mol | Mw, _{SEC} g/mol | Đ | Peroksit ^a (% wt) |
|----------------------|---------------------|-------|-------|------|-----------------------------|-----------------------------|------|---------------------------------|
| | C | H | O | N | | | | |
| Kanola Yağı | 75,04 | 10,79 | 13,35 | 0,80 | - | - | - | - |
| Otokside Kanola Yağı | 69,93 | 9,97 | 19,65 | 0,44 | 2085 | 2284 | 1,09 | 0,97 |

^aİyodometrik analiz ile bulundu.

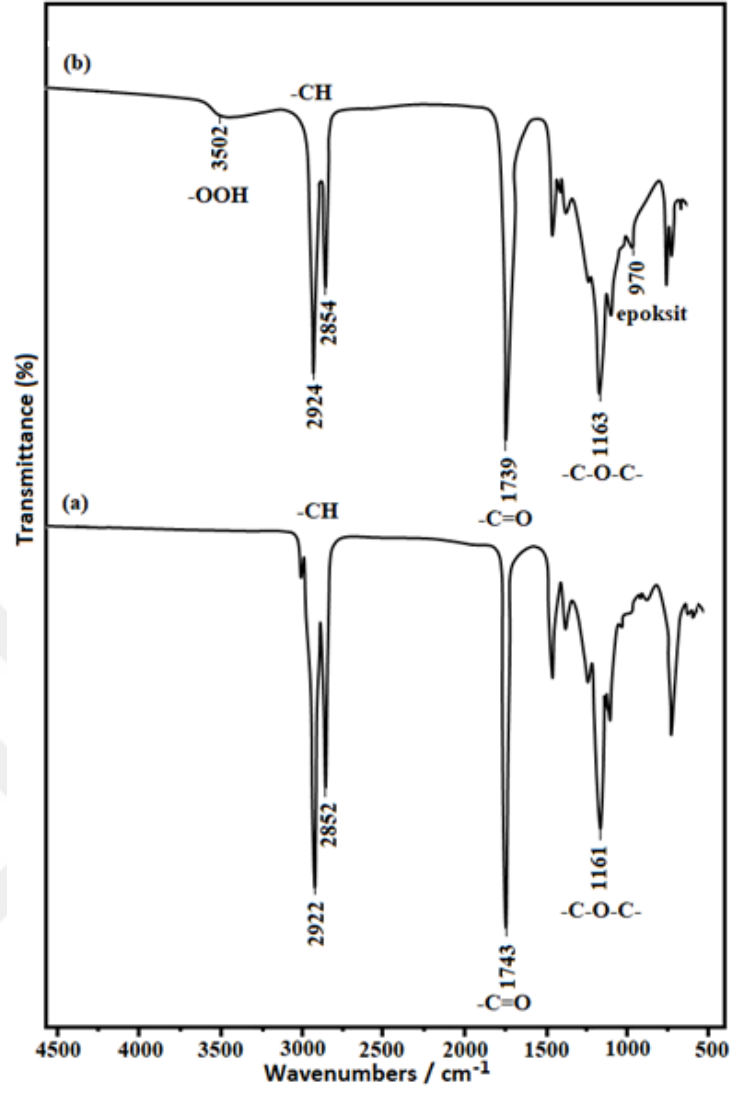
Otokside kanola yağı stiren ve metil metakrilat monomerlerinin serbest radikal polimerizasyonunda makroperoksit başlatıcı olarak kullanılmıştır. Şekil 5.2'de kanola yağı ve otokside kanola yağının ¹H NMR spektrumları verilmiştir Şekil 5.2 (a)'daki kanola yağının ¹H NMR spektrumuna göre metilen (-CH₂) gruplarının protonları 1,28-2,78 ppm aralığında, metil (-CH₃) grupları 0,84-0,95 ppm aralığında, trigliseritlere bağlı olan metilen gruplarının protonları 4,10-4,30 ppm aralığında, -CH=CH- çift bağ gruplarının protonları da 5,22-5,38 ppm de görülmektedir. Şekil 5.2 (b)'deki otokside kanola yağının ¹H NMR spektrumuna göre metilen (-CH₂) gruplarının protonları 1,56-2,21 ppm aralığında, metil (-CH₃) grupları 0,79-0,75 ppm aralığında, trigliseritlere bağlı olan metilen (-CH₂) gruplarının protonları 4,02-4,22 ppm aralığında, -CH=CH- çift bağ gruplarının protonları da 5,19-5,33 ppm aralığında görülmektedir. Kanola yağının otoksidasyonu sonucu -CH-OO- gruplarının protonları 3,49-3,62 ppm de ortaya çıkmaktadır. Saf kanola yağı ve otokside kanola yağının protonları ile karşılaştırıldığında ise, -CH=CH- çift bağ gruplarının protonlarının ve trigliseritlere bağlı olan metilen gruplarının protonlarının sinyallerinin azaldığı görülmüştür.

Şekil 5.3'de kanola yağı ve otokside kanola yağının FTIR spektrumları verilmiştir. Şekil 5.3(a)'da kanola yağının FTIR spektrumu incelendiğinde, 1743 cm⁻¹'deki absorpsiyon bandı ester grubunun karbonil (C=O) gerilme titreşimini, 1161 cm⁻¹'de gözlenen absorpsiyon bandı eter grubunun (C-O-C-) gerilme titreşimini göstermektedir. Şekil 5.3 (b)'deki otokside kanola yağının FTIR spektrumu incelendiğinde ise otoksidasyon sonucu 1739 cm⁻¹'deki absorpsiyon bandı ester grubunun karbonil (C=O) gerilme titreşimini, 1163 cm⁻¹'de gözlenen absorpsiyon bandı eter grubunun (C-O-C-) gerilme

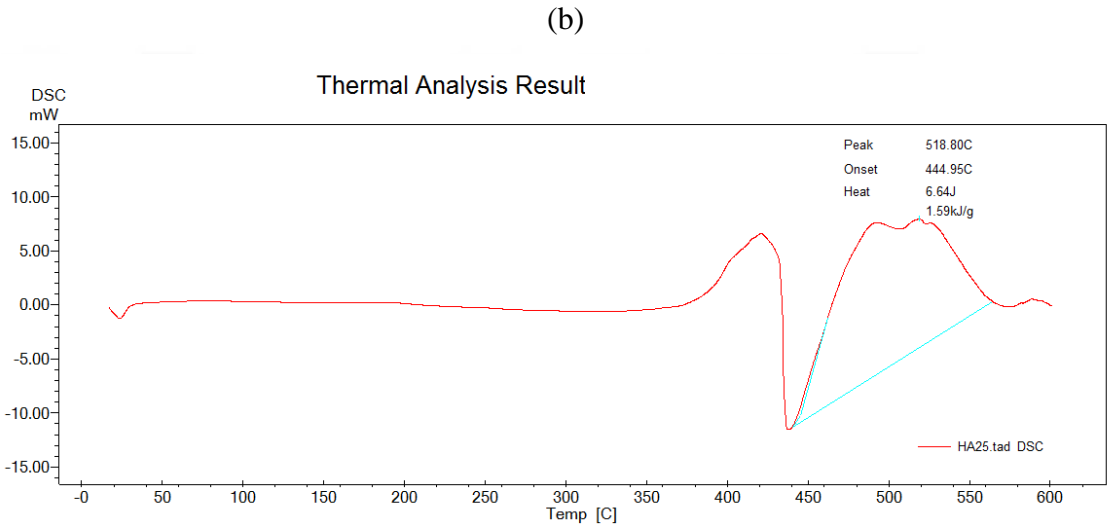
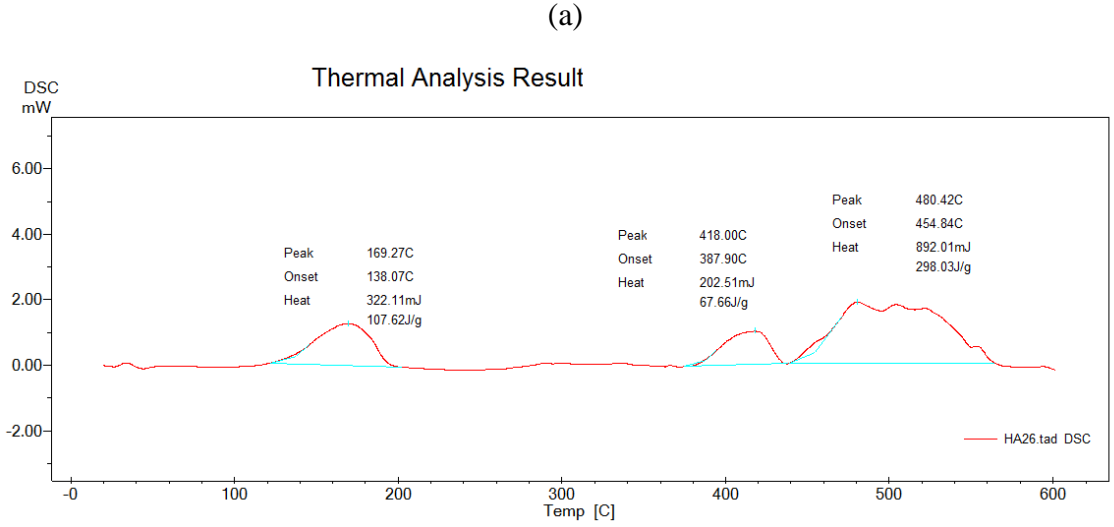
titreşimini, 3502 cm^{-1} 'de görülen geniş absorpsiyon bandı (-OOH) hidroperoksit ve 970 cm^{-1} 'de görülen absorpsiyon bandı da epoksit oluşumuna işaret etmektedir.



Şekil 5.2. (a) Kanola yağı ve (b) otookside kanola yağına ait ^1H NMR spektrumları.



Şekil 5.3. (a) Kanola yağı ve (b) otookside kanola yağına ait FTIR spektrumları.

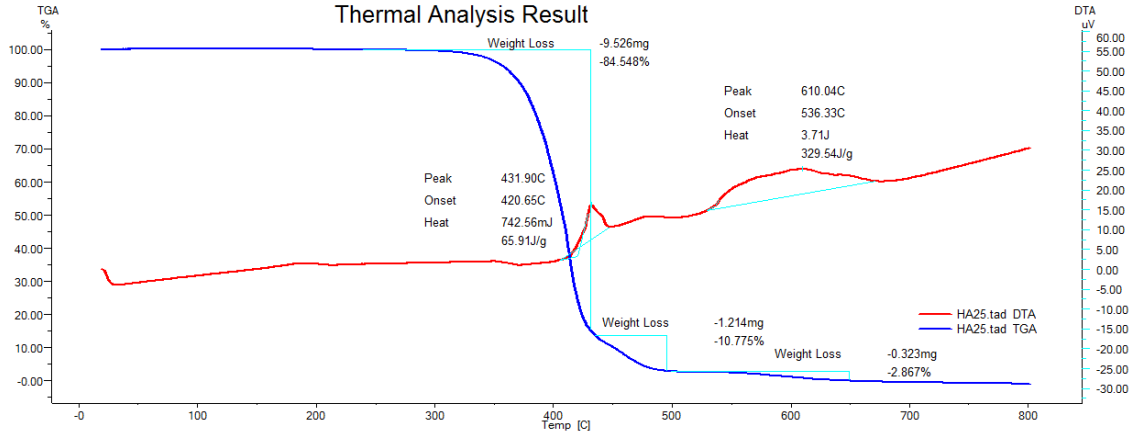


Şekil 5.4. (a) Otookside kanola yağı ve (b) kanola yağına ait DSC termogramları.

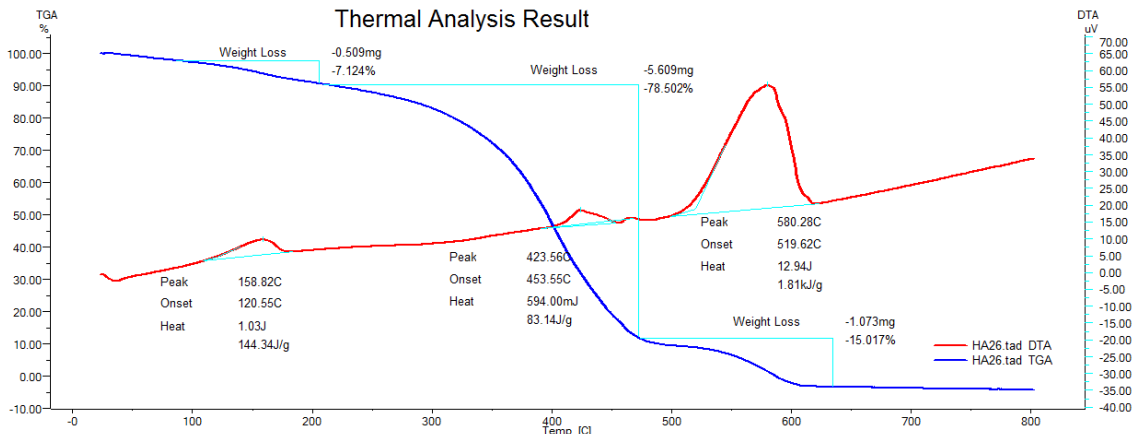
Kanola yağı ve otookside kanola yağının DSC termogramları Şekil 5.4’de görülmektedir. DSC karakterizasyonu yapılarak otookside kanola yağındaki peroksit gruplarının oluşumu doğrulanmaktadır. [67] – [69]. Otookside kanola yağının peroksit ayrışması 110 °C’de başlar ve 169 °C’de maksimum ayrışma sıcaklığına ulaşır.

Kanola yağı ve otookside kanola yağının ısıl kararlılığı 25-800 °C sıcaklık aralığında 10 °C/dk ısıtma hızında, argon gazı altında TGA termogramları kaydedilerek belirlenmiş ve Şekil 5.5 ve Şekil 5.6’da verilmiştir. Kanola yağı ve otookside kanola yağı üç basamaklı ısıl bozunma termogramı vermiştir. Kanola yağı için üç bozunma sıcaklık değerleri: $T_{d1}= 432$ °C, $T_{d2}= 483$ °C, $T_{d3}= 609$ °C, ve otookside kanola yağı için üç bozunma sıcaklık değerleri: $T_{d1}= 177$ °C, $T_{d2}= 478$ °C ve $T_{d3}= 610$ °C bulundu. Otookside kanola yağı için birinci basamak ısıl bozunmanın başladığı sıcaklık yaklaşık 110 °C olup kanola yağı için yaklaşık %7 ağırlık kaybı yaklaşık 180 °C ile son bulmuştur.

Otookside kanola yağının bu ilk basamakta gözlenen ağırlık kaybının peroksit gruplarının ısıl bozunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Saf kanola yağında birinci basamak bozunma DTA eğrisinde gözlenememiştir. Kanola yağı örneğinin yaklaşık 432 °C sıcaklığa ısınması sonucu oluşan ağırlık kaybı yaklaşık %85 gibi bir değerdedir. Kanola yağının ikinci ve üçüncü basamakta gözlenen ağırlık kaybının eter ve ester gruplarının ısıl bozunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.5. Kanola yağına ait TGA termogramı.



Şekil 5.6. Otookside kanola yağına ait TGA termogramı.

5.2. OTOOKSİDE KANOLA YAĞININ STİREN İLE KARAKTERİZASYONU

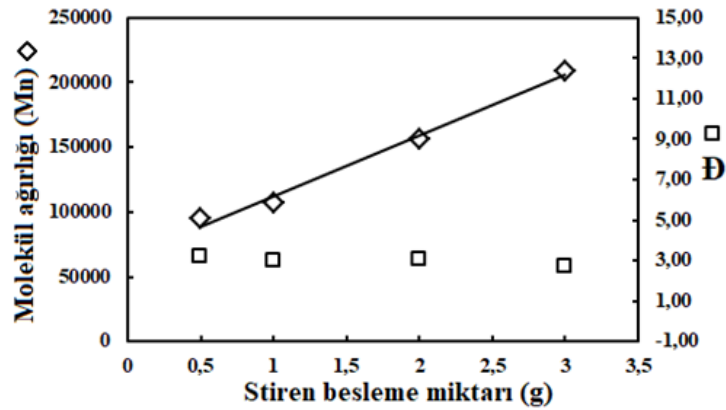
Otookside kanola yağı serbest radikal polimerizasyon yönteminde ilk kez makroperoksit başlatıcı olarak kullanılmıştır. Otookside kanola yağı ve stiren serbest radikal polimerizasyonu ile yeni poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerleri sentezlenmiştir.

Stirenin otookside kanola yağı ile polimerizasyonunun deneysel koşulları ve sonuçları Çizelge 5.2’de listelenmiştir. Stirenin besleme miktarı artıka graft kopolimerlerin dönüşümü ve molekül ağırlığında beklenen bir artışa neden olmuştur. GPC tekniği ile belirlenen graft kopolimerlerin moleküler ağırlıkları Çizelge 5.2’de listelenmiştir. Yeni poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı (Mn) 94891 g/mol ile 208830 g/mol arasında değişmektedir. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerdeki stiren besleme miktarına karşı molekül ağırlığı ve dispersite (Đ) grafiği Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Polimer dönüşüm yüzdesi, stiren besleme oranı 0,50 g iken %68, 3,00 g iken %93 olarak bulunmuştur. Ayrıca poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerinin GPC diyagramları da Şekil 5.8’de gösterilmektedir. Graft kopolimerlerin GPC diyagramları monomodaldır.

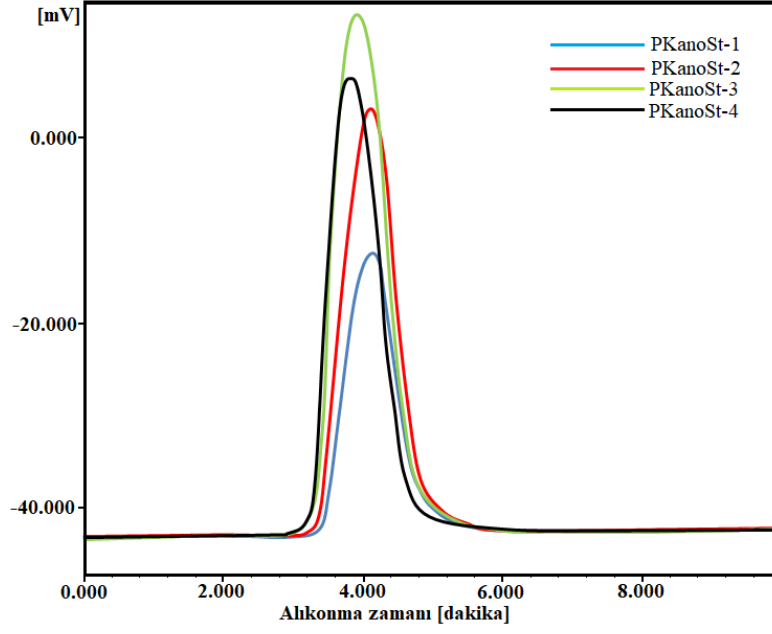
Çizelge 5.2. Poli(kanola yağı-g-stiren) Graft Kopolimerlerinin Sentezi İçin Başlangıç Koşulları ve Sonuçları.

| No | PKano (g) | Stiren (g) | Dönüşüm (wt %) | Mn,SEC (g/mol) | MW,SEC (g/mol) | Đ |
|-----------|--------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| PkanoSt-1 | 0,50 | 0,50 | 68 | 94891 | 299966 | 3,16 |
| PkanoSt-2 | 0,50 | 1,00 | 74 | 106396 | 318239 | 2,99 |
| PkanoSt-3 | 0,50 | 2,00 | 85 | 155682 | 472240 | 3,03 |
| PkanoSt-4 | 0,50 | 3,00 | 93 | 208830 | 563975 | 2,70 |

Polimerizasyon işlemi 80 °C’de çözücüsüz ortamda 24 saatte gerçekleştirilmiştir.

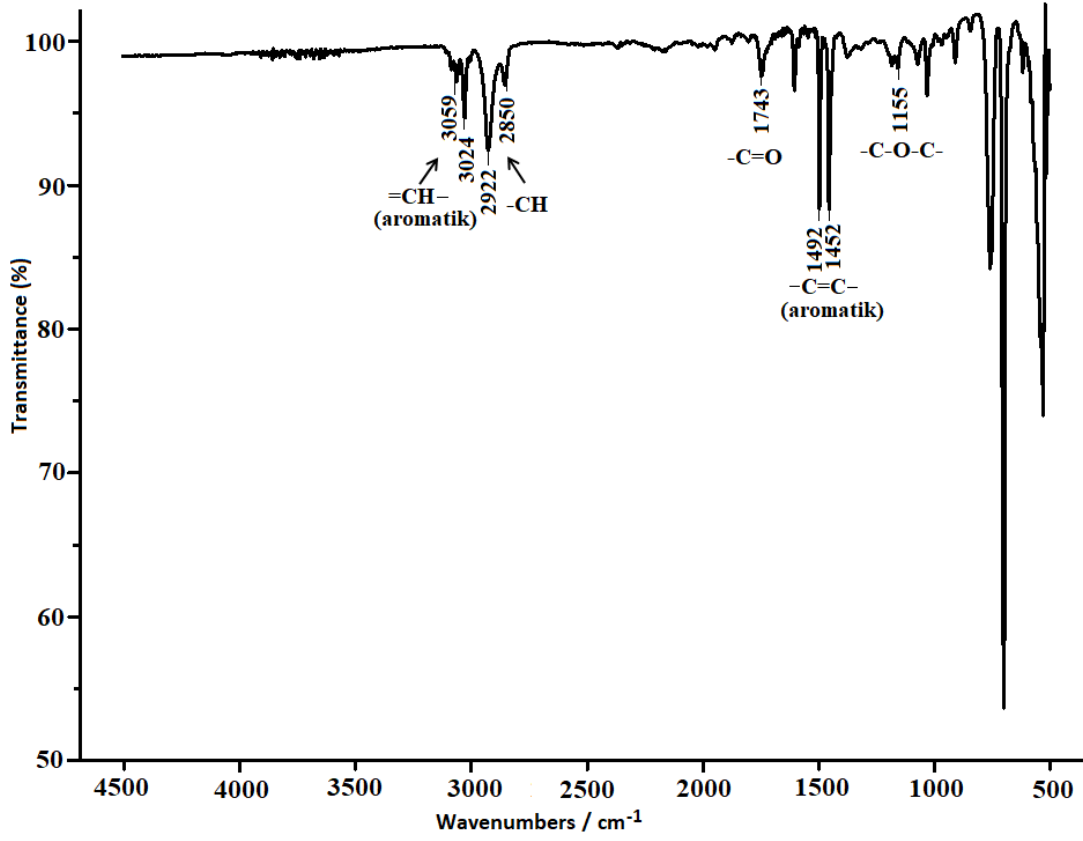


Şekil 5.7. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerdeki stiren besleme miktarına karşı molekül ağırlığı (Mn) ve Đ grafiği.



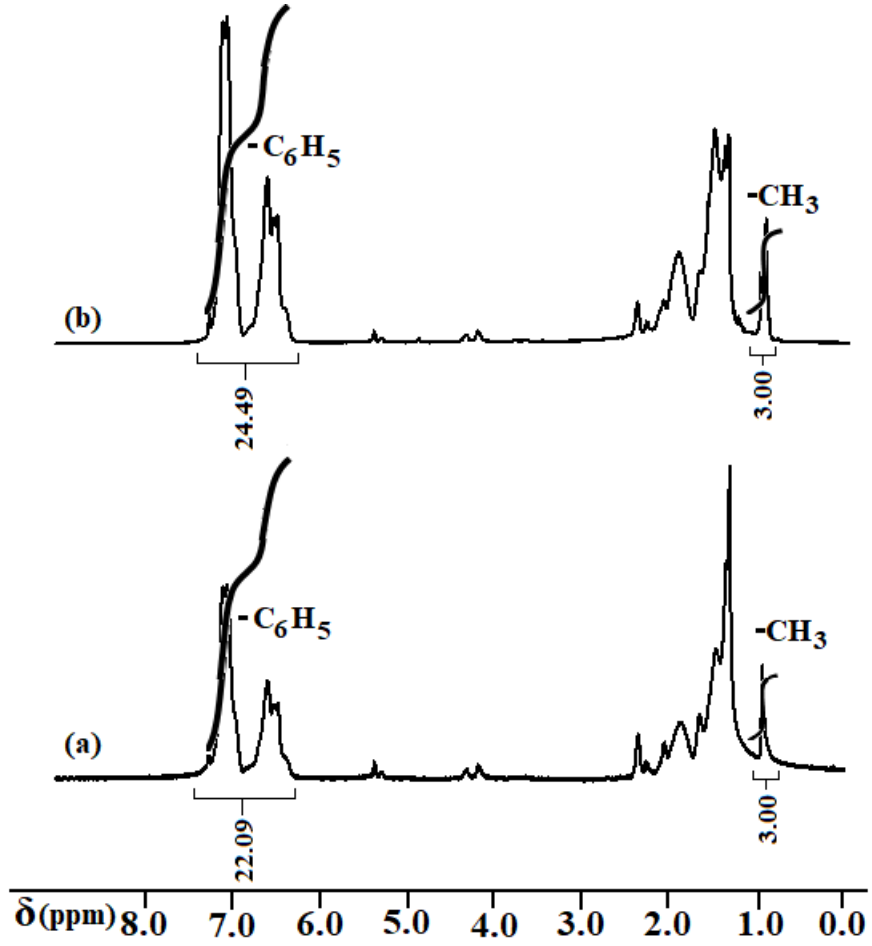
Şekil 5.8. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin GPC diyagramları.

Şekil 5.9'da gösterilen poli(kanola yağı-g-stiren) (PKanoSt-4) graft kopolimerine ait FTIR spektrumu incelendiğinde, 1743 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bandı ester grubunun karbonil (C=O) gerilme titreşimini, 1155 cm^{-1} 'de gözlenen absorpsiyon bandı eter grubunun (C-O-C-) gerilme titreşimini, 1492 ve 1452 cm^{-1} 'de görülen absorpsiyon bantları polistirene ait benzen halkasının -C=C- gerilme titreşimlerini, 3024 ve 3059 cm^{-1} 'de görülen absorpsiyon bantlarında =CH gerilme titreşimlerini göstermektedir ve 3502 cm^{-1} 'deki geniş absorpsiyon bandının kaybolduğu görülmektedir.



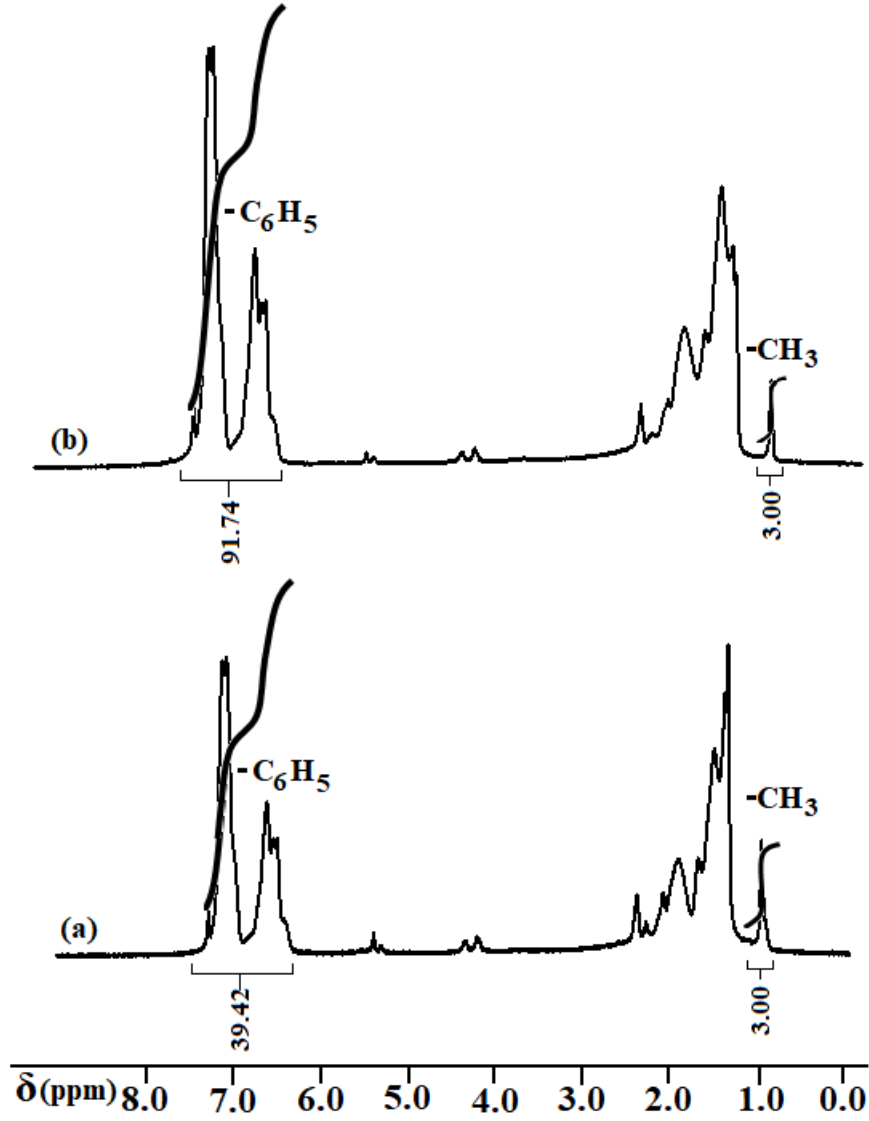
Şekil 5.9. Poli (kanola yağı-g-stiren) (PKanoSt-4) graft kopolimerine ait FTIR spektrumu.

Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de otookside kanola yağı ile stirenin polimerizasyonu sonucu elde edilen poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerinin ^1H NMR spektrumları gösterilmiştir. Kanola yağının metil protonları ($-\text{CH}_3$) sinyalleri 0,88-0,95 ppm’de ve polistirene ait benzen halkası protonları ($-\text{C}_6\text{H}_5$) sinyalleri 6,2-7,3 ppm’de belirgin bir şekilde görülmektedir. Sonuç olarak polimerizasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştiğini söyleyebiliriz.



Şekil 5.10. Poli (kanola yağı-g-stiren) (a) PKanoSt-1 ve (b) PKanoSt-2 graft kopolimerlerine ait ¹H NMR spektrumları.

Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin yapısında bulunan PSt blokların % oranları ¹H NMR'dan belirlenmiştir. PKanoSt-4'de bulunan PSt miktarının PKanoSt-1'den daha fazla olduğu integral değerinden de anlaşılmaktadır. ¹H NMR spektrumlarının integral değerleri kullanılarak PKanoSt-1'de %81, PKanoSt-2'de %84, PKanoSt-3'de %89 ve PKanoSt-4'de ise %92 PSt bulunduğu hesaplanmıştır.



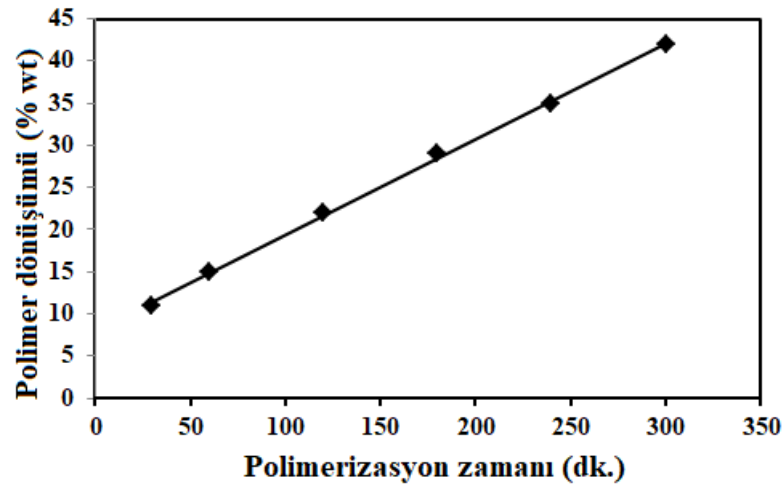
Şekil 5.11. Poli (kanola yağı-g-stiren) (a) PKanoSt-3 ve (b) PKanoSt-4 graft kopolimerlerine ait ¹H NMR spektrumları.

Otookside kanola yağı ve stirenin zamana karşı polimerleşme koşulları incelenmiştir (Çizelge 5.3.). Polimerizasyon süresi arttıkça polimer dönüşümü de artmaktadır. Polimer dönüşümü 30 dakika sonunda %11 iken 300 dakika sonunda %42 olarak elde edilmiştir. Polimerizasyon süresi arttıkça poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı (M_n) 106321 ile 118435 g/mol arasında değişmektedir.

Çizelge 5. 3. Poli(kanola yağı-g-stiren) Polimerizasyonun 80 °C'deki Zamana Göre Deneysel Koşulları ve Sonuçları.

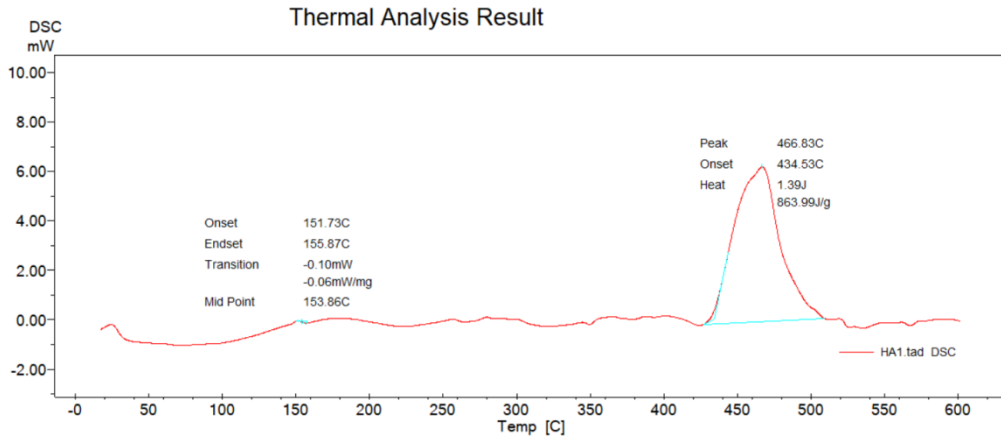
| No | Zaman (dk) | Dönüşüm (wt %) | Mn,SEC (g/mol) | Mw,SEC (g/mol) | Đ |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| PKanoSt-T1 | 30 | 11 | 106321 | 190670 | 1,79 |
| PKanoSt-T2 | 60 | 15 | 118435 | 219280 | 1,85 |
| PKanoSt-T3 | 120 | 22 | 101073 | 240410 | 2,38 |
| PKanoSt-T4 | 180 | 29 | 100144 | 220963 | 2,20 |
| PKanoSt-T5 | 240 | 35 | 113094 | 293490 | 2,59 |
| PKanoSt-T6 | 300 | 42 | 109841 | 282952 | 2,58 |

Polimerizasyon 80 °C'de gerçekleştirilmiştir. PKano: 0,5 g, St: 1,00 g.

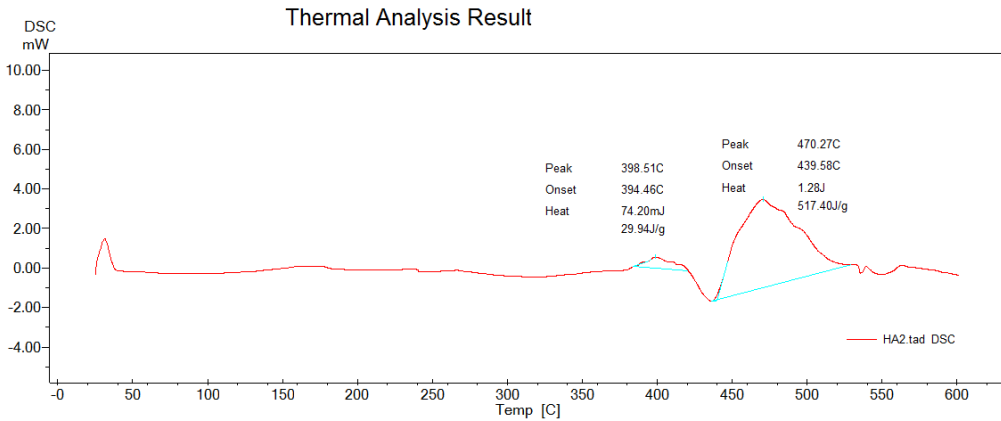


Şekil 5.12. Poli (kanola yağı-g-stiren) polimerizasyonun zamana göre % Polimer dönüşüm grafiği (Çizelge 5.3).

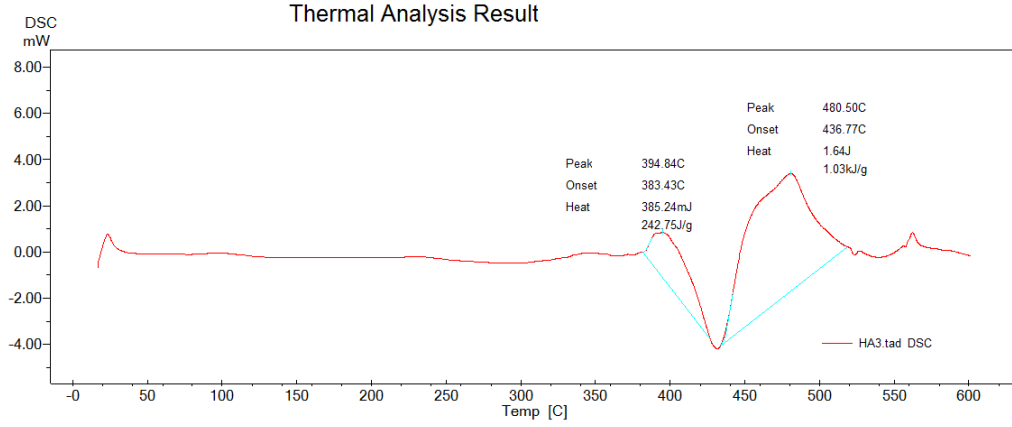
Şekil 5.13 ve Şekil 5.16'da PKanoSt-1, PKanoSt-2, PKanoSt-3 ve PKanoSt-4 graft kopolimerlerin DSC diyagramları verilmiştir. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri graft kopolimer örnekleri için; PKanoSt-1 graft kopolimer için camsı geçiş sıcaklığı ($T_g=155\text{ }^\circ\text{C}$) ve bir bozunma sıcaklığı ($T_d_3=466\text{ }^\circ\text{C}$), PKanoSt-2 graft kopolimeri için bir bozunma sıcaklığı ($T_d_3=470\text{ }^\circ\text{C}$), PKanoSt-3 graft kopolimeri için bir bozunma sıcaklığı ($T_d_3=480\text{ }^\circ\text{C}$) ve PKanoSt-4 graft kopolimeri için iki bozunma sıcaklığı ($T_d_2=400\text{ }^\circ\text{C}$ ve $T_d_3=461\text{ }^\circ\text{C}$) görülmektedir.



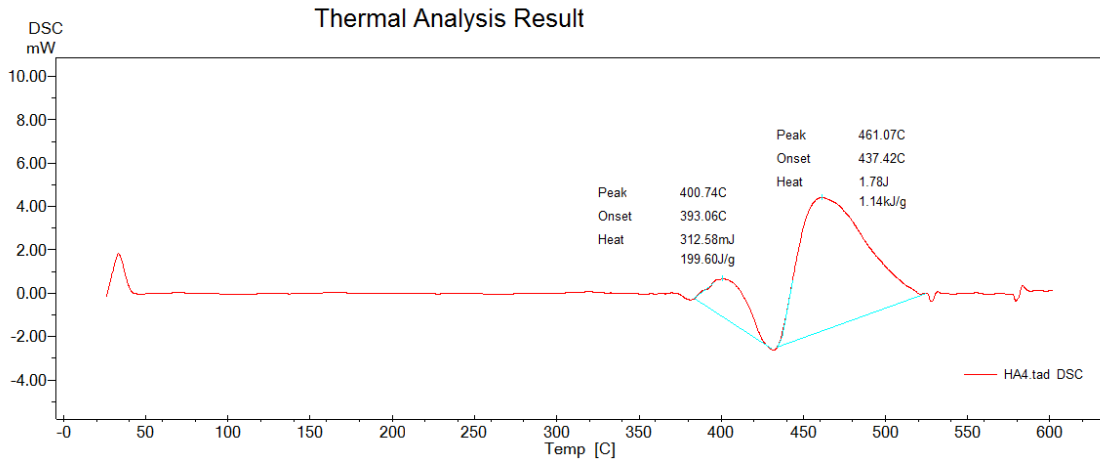
Şekil 5.13. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-1'e ait DSC termogramı.



Şekil 5.14. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-2'e ait DSC termogramı.



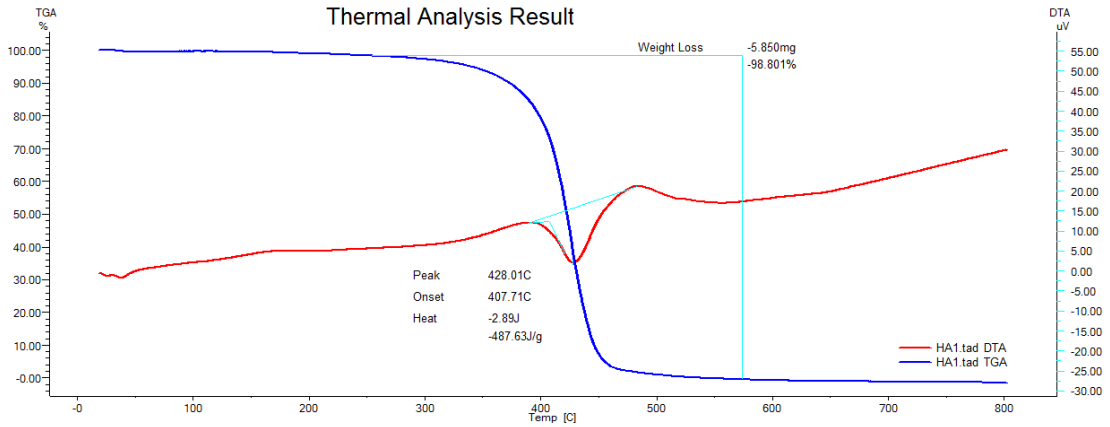
Şekil 5.15. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-3'e ait DSC termogramı.



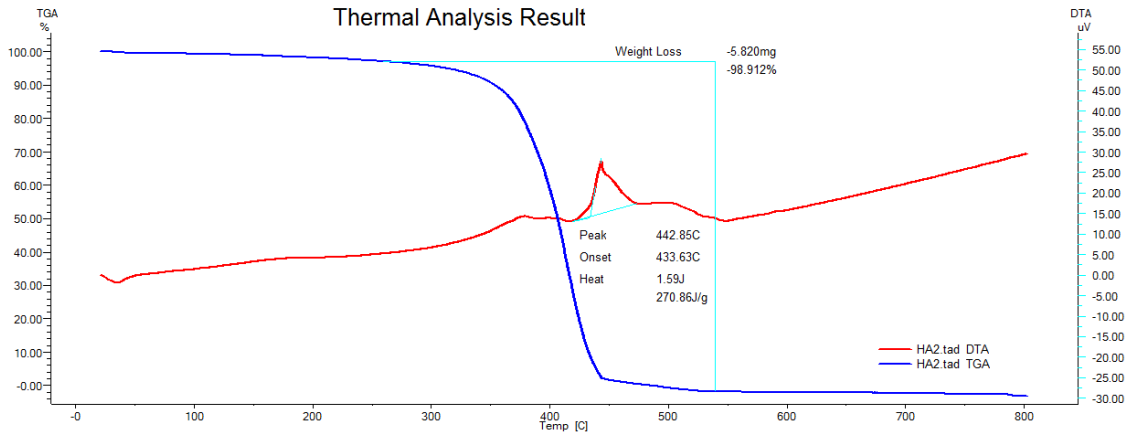
Şekil 5.16. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-4'e ait DSC termogramı.

Şekil 5.17-Şekil 5.20'de PKanoSt-1, PKanoSt-2, PKanoSt-3 ve PKanoSt-4 graft kopolimerlerin TGA/DTA diyagramları verilmiştir. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimer örnekleri için; PKanoSt-1 graft kopolimer için bir bozunma sıcaklığı ($T_{d3}=460$ °C) görülmektedir ve 270 °C - 580 °C sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 98.80'dir. PKanoSt-2 graft kopolimer için bir bozunma sıcaklığı ($T_{d3}=444$ °C) görülmektedir ve 280 °C - 540 °C sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 98.91'dir. PKanoSt-3 graft kopolimer için iki bozunma sıcaklığı ($T_{d1}=245$ °C $T_{d3}=440$ °C) görülmektedir ve 100 °C - 250 °C sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 3.67, 255 °C- 535 °C sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 96.08'dir. PKanoSt-4 graft kopolimer için bir bozunma sıcaklığı ($T_{d2}=450$ °C) görülmektedir ve 340 °C - 500 °C sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 99.23'dir.

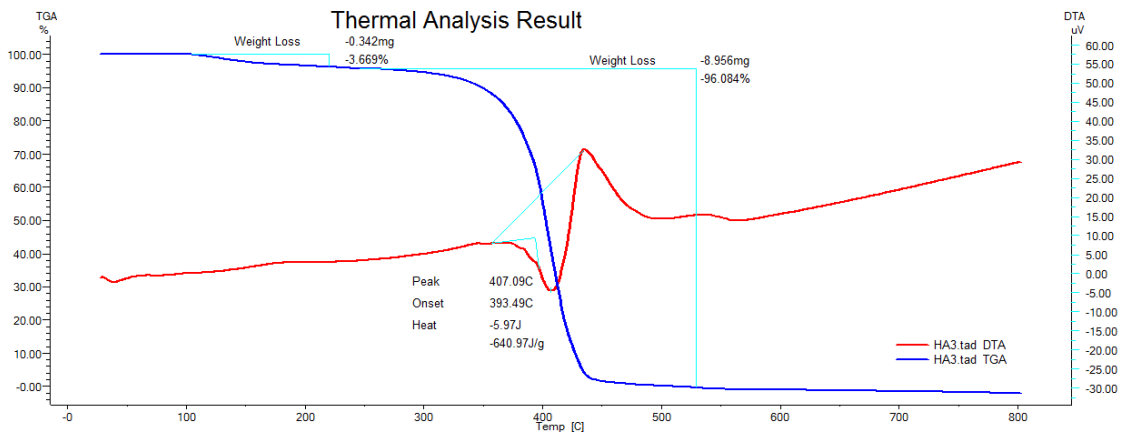
Çizelge 5.4’de otookside kanola yağı, PKanoSt-1, PKanoSt-2, PKanoSt-3 ve PKanoSt-4 graft kopolimerlerinin DSC ve TGA bozunma sıcaklığı değerleri listelenmiştir.



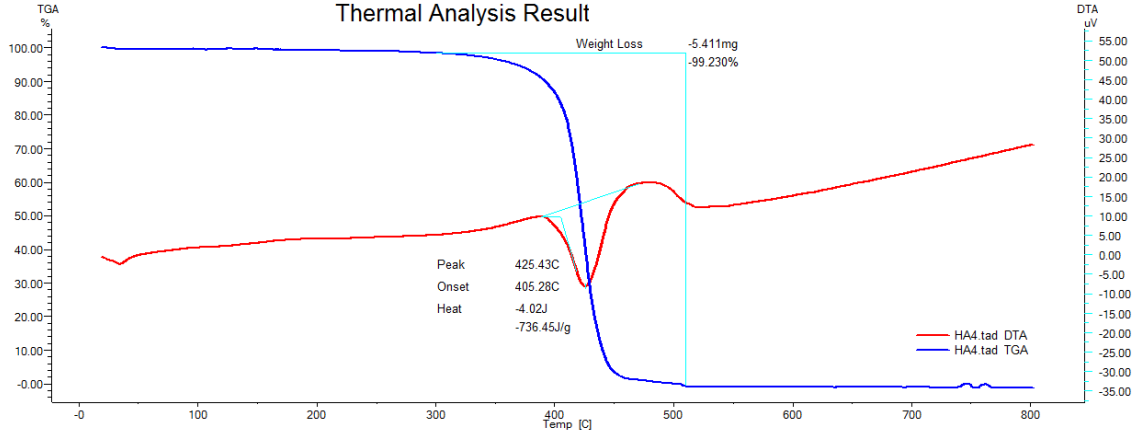
Şekil 5.17. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-1’e ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 5.18. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-2’e ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 5.19. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-3’e ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 5.20. Poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimeri PKanoSt-4'e ait TGA/DTA termogramı

Çizelge 5.4. Poli(kanola yağı-g-stiren) Graft Kopolimerlerin DSC ve TGA Verileri.

| No | DSC (°C) | | | | TGA (°C) | | |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Tg ₁ | Td ₁ | Td ₂ | Td ₃ | Td ₁ | Td ₂ | Td ₃ |
| PKano Yağı | - | 169 | 418 | 480 | 158 | 423 | 580 |
| PKanoSt-1 | 155 | - | - | 466 | - | - | 460 |
| PKanoSt-2 | - | - | - | 470 | - | - | 444 |
| PKanoSt-3 | - | - | - | 480 | 245 | - | 440 |
| PKanoSt-4 | - | - | 400 | 461 | - | - | 450 |

5.3. OTOOKSİDE KANOLA YAĞININ METİL METAKRİLAT İLE KARAKTERİZASYONU

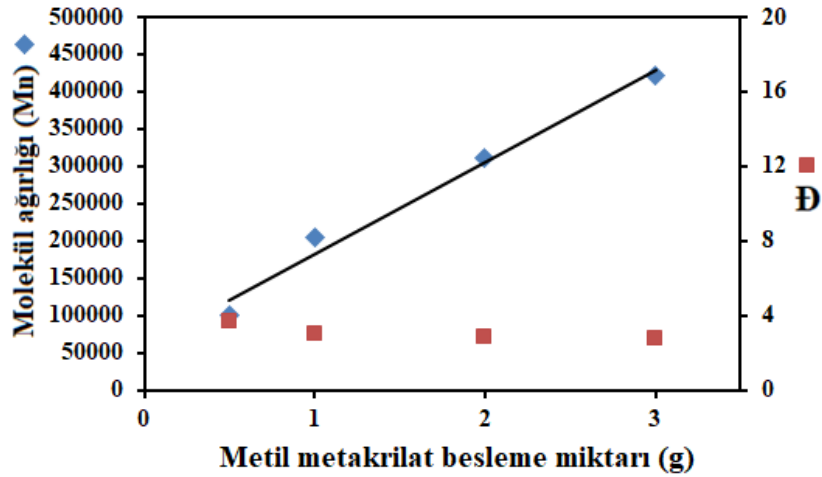
Otookside kanola yağı serbest radikal polimerizasyon yönteminde ilk kez makroperoksit başlatıcı olarak kullanılmıştır. Otookside kanola yağı ve metil metakrilat serbest radikal polimerizasyonu ile yeni poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerleri sentezlenmiştir. Metil metakrilat'ın otookside kanola yağı ile polimerizasyonunun deneysel koşulları ve sonuçları Çizelge 5.5'de listelenmiştir. Metil metakrilat besleme miktarı arttıkça graft kopolimerlerin dönüşümünde ve molekül ağırlığında beklenen bir artışa neden olmuştur. GPC tekniği ile belirlenen graft kopolimerlerin moleküler ağırlıkları Çizelge 5.5'de listelenmiştir. Yeni poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı (M_n) 100801 g/mol ile 422457 g/mol arasında

değişmektedir. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerdeki metil metakrilat besleme miktarına karşı molekül ağırlığı ve dispersite (\bar{D}) grafiği Şekil 5.21’de gösterilmiştir. Polimer dönüşüm yüzdesi, metil metakrilat besleme oranı 0,50 g iken %56, 3,00 g iken %91 olarak bulunmuştur. Ayrıca poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerinin GPC diyagramları da Şekil 5.22’de gösterilmektedir. Graft kopolimerlerin GPC diyagramları monomodaldır.

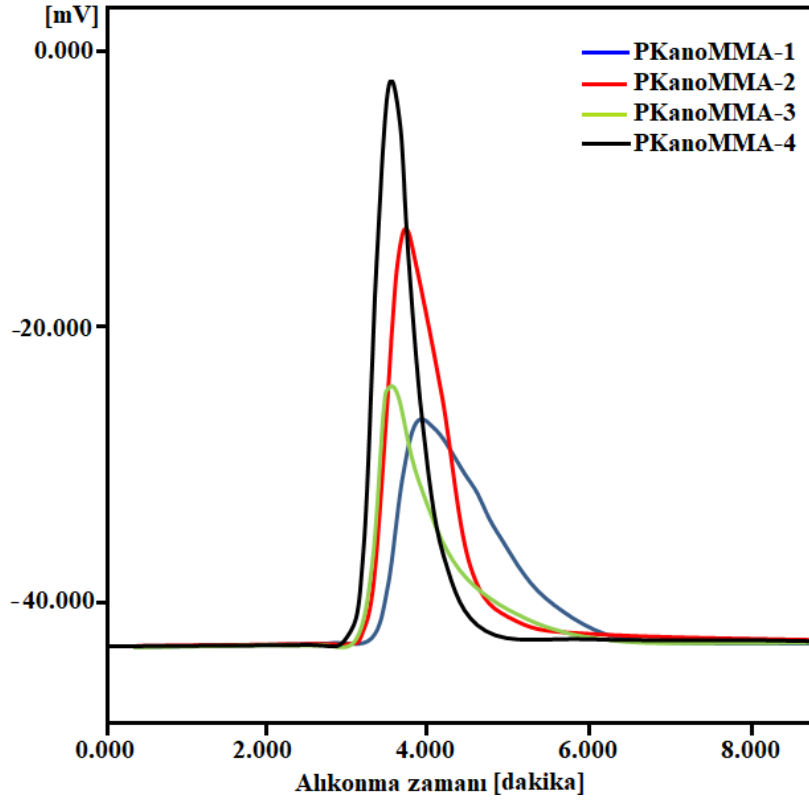
Çizelge 5.5. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) Polimerizasyonun 80 °C’deki Deneysel Koşulları ve Sonuçları.

| No | PKano (g) | MMA (g) | Dönüşüm (wt %) | Mn,SEC (g/mol) | MW,SEC (g/mol) | \bar{D} |
|------------|--------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| PKanoMMA-1 | 0,50 | 0,50 | 56 | 100801 | 398743 | 3,66 |
| PKanoMMA-2 | 0,50 | 1,00 | 68 | 205840 | 629554 | 3,06 |
| PKanoMMA-3 | 0,50 | 2,00 | 82 | 310578 | 893469 | 2,88 |
| PKanoMMA-4 | 0,50 | 3,00 | 91 | 422457 | 1167751 | 2,76 |

Polimerizasyon 80 °C’de çözücüsüz ortamda 24 saatte gerçekleştirilmiştir.

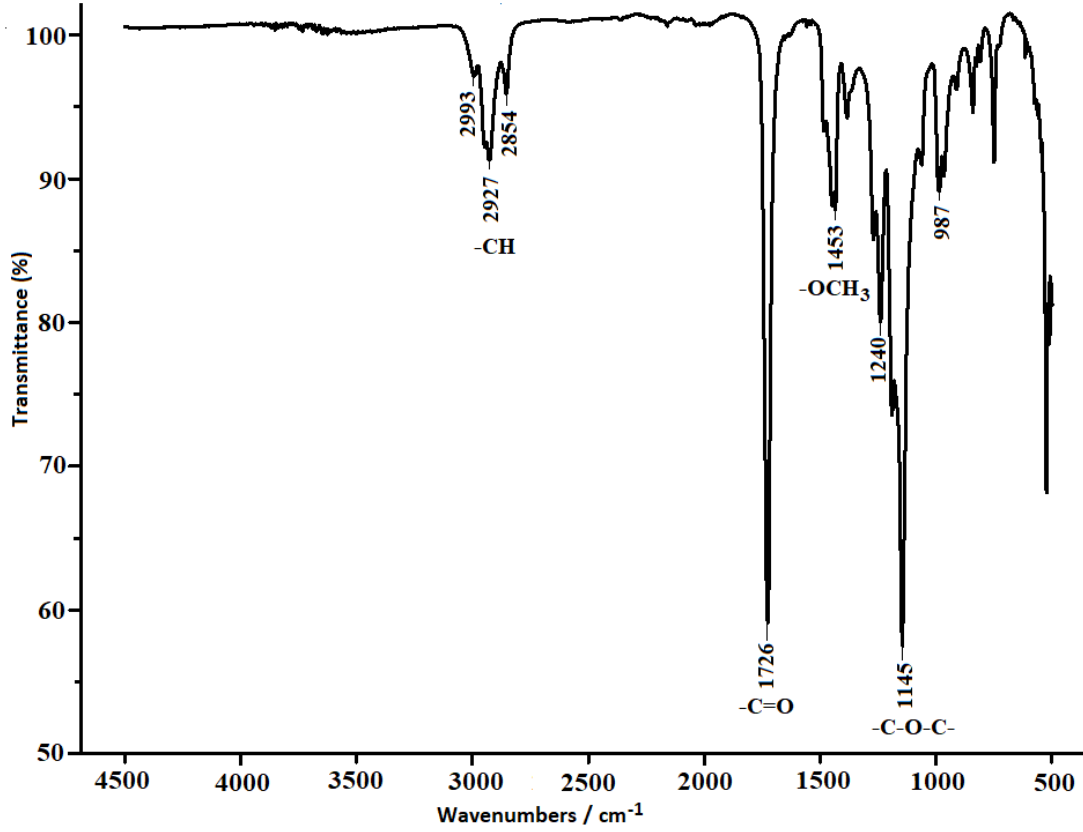


Şekil 5.21. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerdeki metil metakrilat besleme miktarına karşı molekül ağırlığı (Mn) ve \bar{D} grafiği.



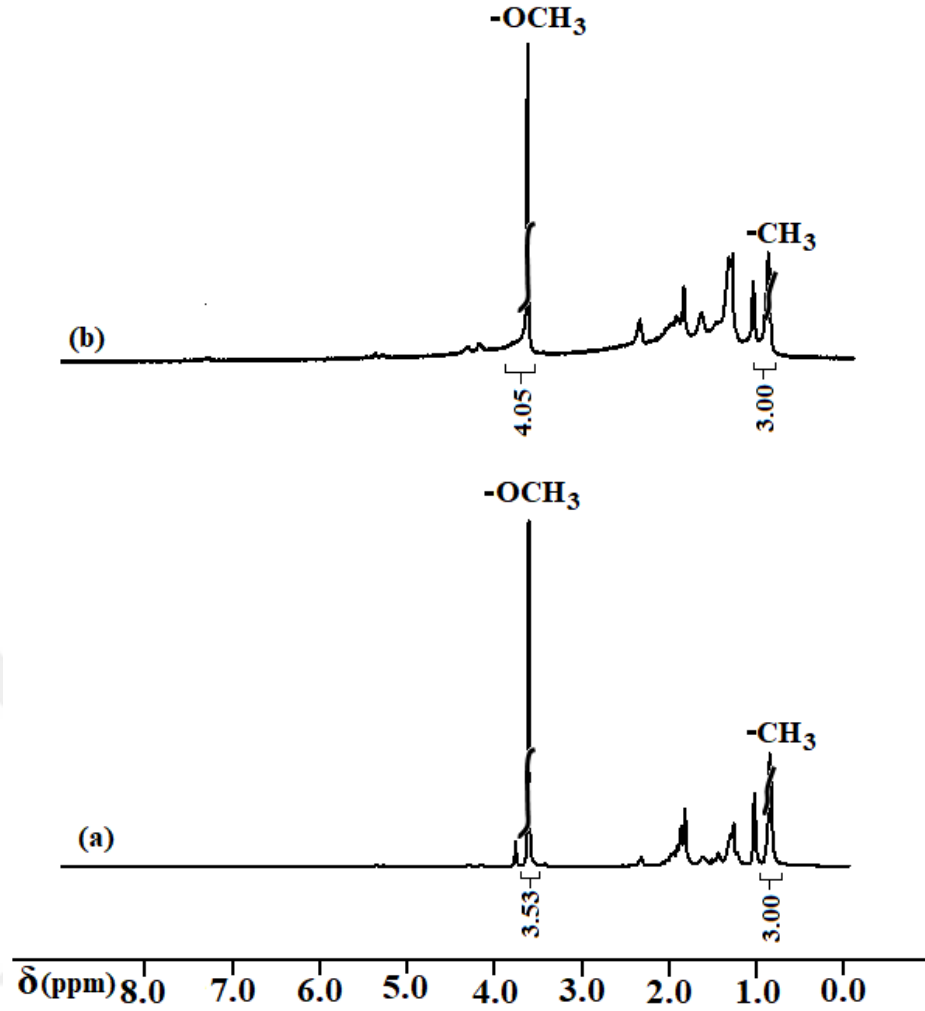
Şekil 5.22. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin GPC diyagramları.

Şekil 5.23’de gösterilen poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) (PKanoMMA-2) graft kopolimerine ait FTIR spektrumu incelendiğinde, 1726 cm^{-1} ’deki absorpsiyon bandı ester grubunun karbonil (C=O) gerilme titreşimini, 1145 cm^{-1} ’de gözlenen absorpsiyon bandı eter grubunun (C-O-C-) gerilme titreşimini, 1453 cm^{-1} ’de görülen absorpsiyon bantları poli(metil metakrilat)’a ait metoksi grubunun $-\text{OCH}_3$ gerilme titreşimlerini, 2993 , 2927 ve 2854 cm^{-1} ’de görülen absorpsiyon bantlarında $-\text{CH}$ gerilme titreşimlerini göstermektedir ve 3502 cm^{-1} ’deki geniş absorpsiyon bandının kaybolduğu görülmektedir. Sonuç olarak polimerizasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştiğini söyleyebiliriz.



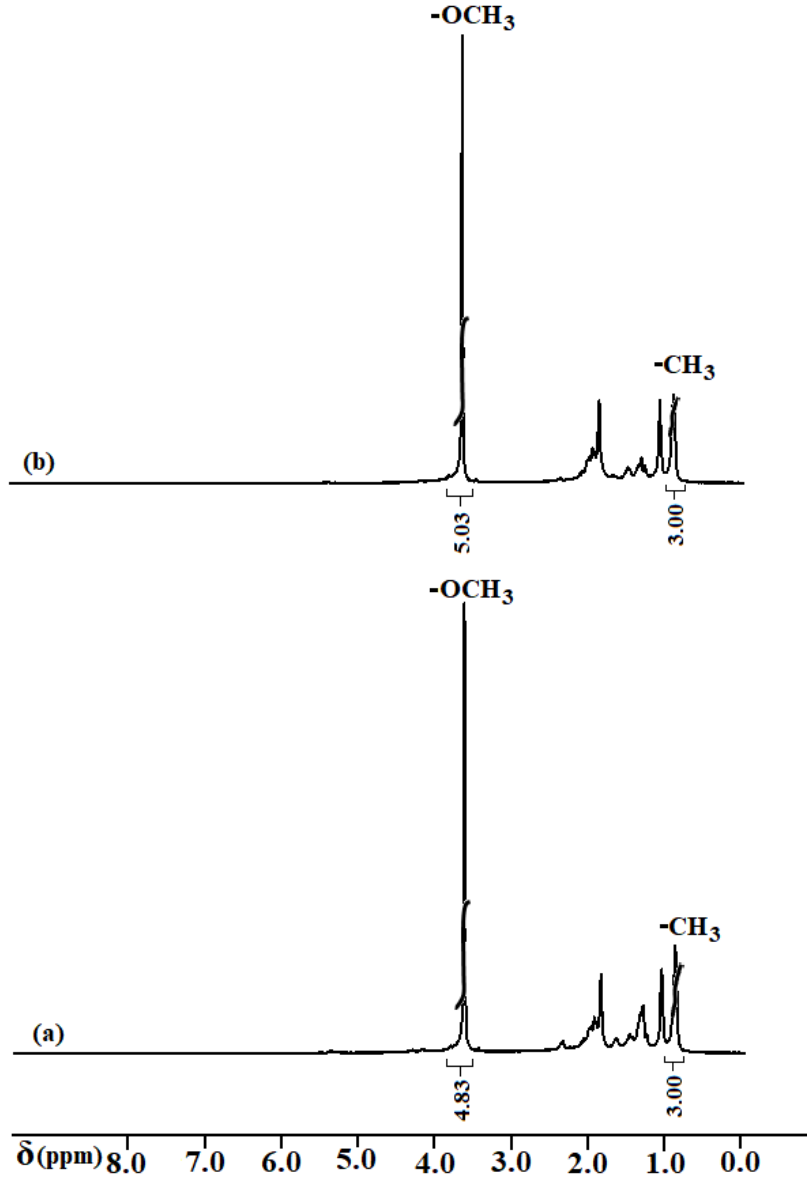
Şekil 5.23. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) (PKanoMMA-2) graft kopolimerine ait FTIR spektrumu.

Şekil 5.24-Şekil 5.25’de otookside kanola yağı ile metil metakrilat polimerizasyonu sonucu elde edilen poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerinin ¹H-NMR spektrumları gösterilmiştir. Kanola yağının metil protonlarının (-CH₃) sinyalleri 0,88-0,95 ppm ‘de ve poli (metil metakrilat) (PMMA)’ya ait metoksi grubunun protonlarının (-OCH₃) sinyalleri 3.60 ppm ‘de belirgin bir şekilde görülmektedir.



Şekil 5.24. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) (a) PKanoMMA-1 ve (b) PKanoMMA-2 graft kopolimerlerine ait ^1H NMR spektrumları.

Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin yapısında bulunan PMMA blokların % oranları ^1H NMR'dan belirlenmiştir. PKanoMMA-4'de bulunan PMMA miktarının PKanoMMA-1'den daha fazla olduğu integral değerinden de anlaşılmaktadır. ^1H NMR spektrumlarının integral değerleri kullanılarak PKanoMMA-1'de %54, PKanoMMA-2'de %57, PKanoMMA-3'de %61 ve PKanoMMA-4'de ise %62 PMMA bulunduğu hesaplanmıştır.



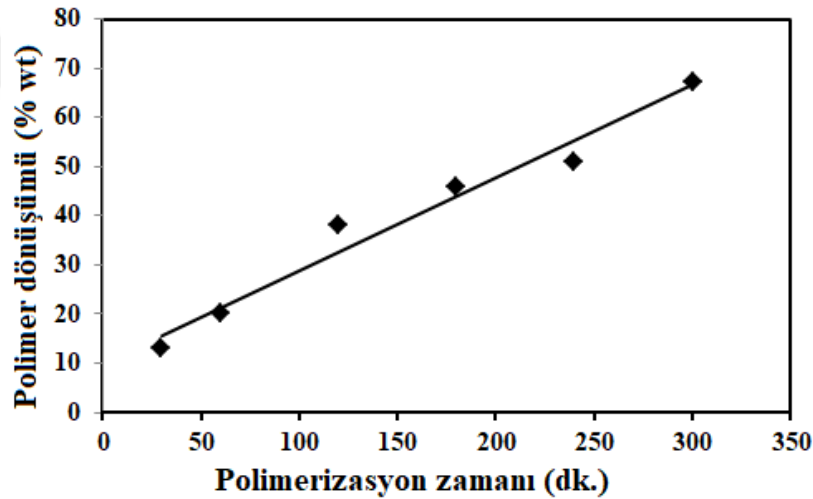
Şekil 5.25. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) (a) PKanoMMA-3 ve (b) PKanoMMA-4 graft kopolimerlerine ait ¹H NMR spektrumları.

Otookside kanola yağı ve metil metakrilat'ın zamana karşı polimerleşme koşulları incelenmiştir (Çizelge 5.6). Polimerizasyon süresi arttıkça polimer dönüşümü de artmaktadır. Polimerleşme dönüşümü 30 dakika sonunda %13 iken 300 dakika sonunda %67 olarak elde edilmiştir (Şekil 5.26). Polimerizasyon süresi arttıkça poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı 305537 ile 356241 g/mol aralığındadır.

Çizelge 5.6. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) Polimerizasyonunun 80 °C'deki Zamana Göre Deneysel Koşulları ve Sonuçları.

| No | Zaman (dk) | Dönüşüm (wt %) | Mn,SEC (g/mol) | Mw,SEC (g/mol) | Đ |
|-------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| PKanoMMA-T1 | 30 | 13 | 350389 | 720120 | 2,05 |
| PKanoMMA-T2 | 60 | 20 | 305537 | 635415 | 2,08 |
| PKanoMMA-T3 | 120 | 38 | 353902 | 834021 | 2,36 |
| PKanoMMA-T4 | 180 | 46 | 325380 | 958098 | 2,94 |
| PKanoMMA-T5 | 240 | 51 | 356241 | 986990 | 2,77 |
| PKanoMMA-T6 | 300 | 67 | 345665 | 988773 | 2,86 |

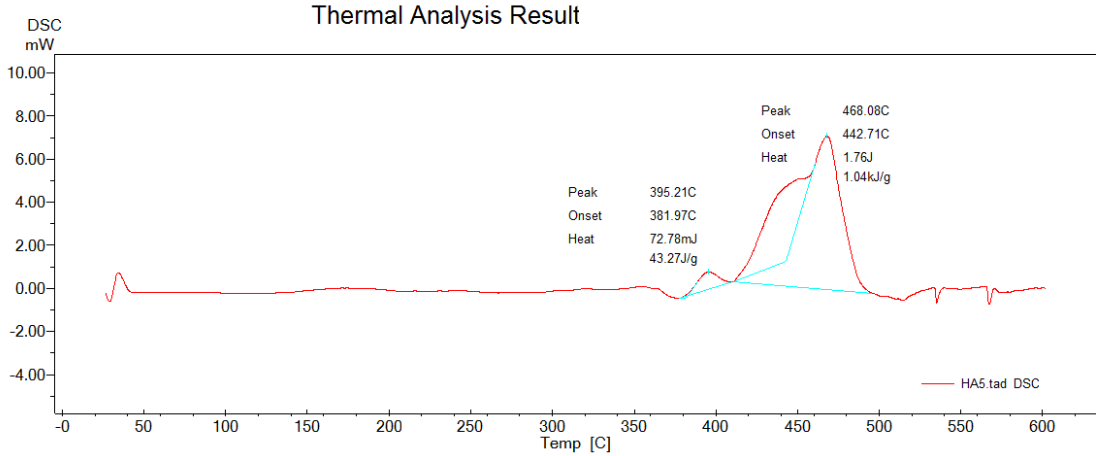
Polimerizasyon 80 °C'de gerçekleştirilmiştir. PKano: 0,5 g, MMA: 2,00 g.



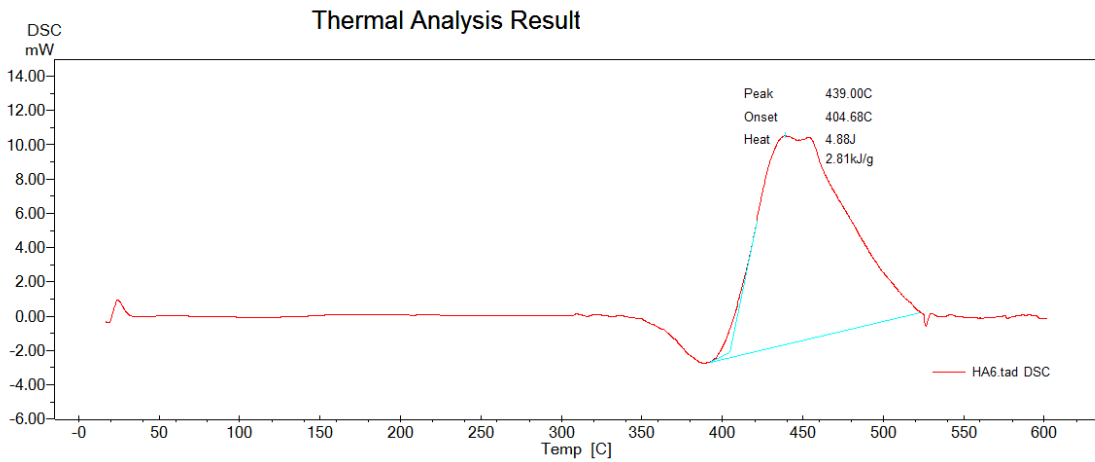
Şekil 5.26. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) polimerizasyonunun zamana göre % Polimer dönüşüm grafiği (Çizelge 5.6).

Şekil 5.27-Şekil 5.30'da PKanoMMA-1, PKanoMMA-2 PKanoMMA-3 ve PKanoMMA-4 graft kopolimerlerinin DSC diyagramları verilmiştir. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimer örnekleri için; PKanoMMA-1 graft kopolimer için iki bozunma sıcaklığı ($T_{d2}=395$ °C ve $T_{d3}=468$ °C), PKanoMMA-2 graft kopolimer için bir bozunma sıcaklığı ($T_{d3}=439$ °C), PKanoMMA-3 graft kopolimer için bir bozunma

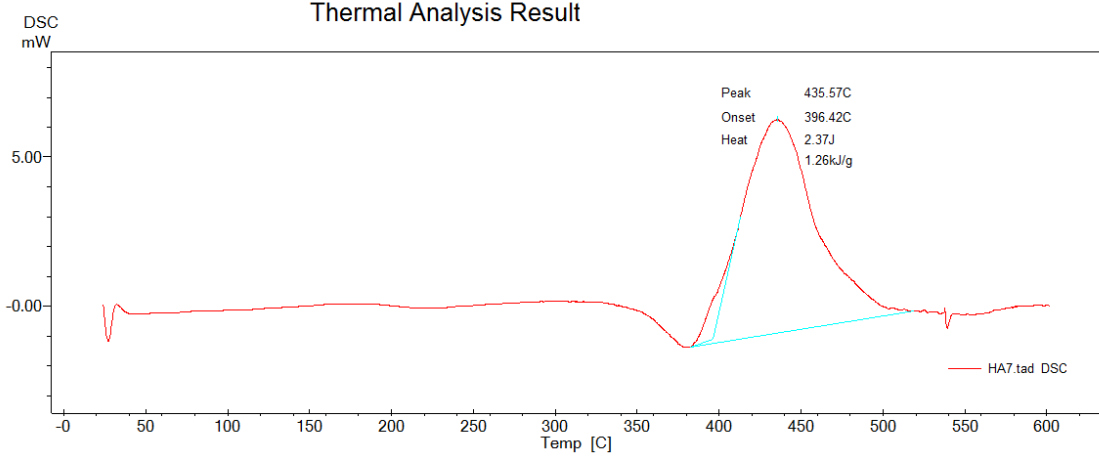
sıcaklığı ($T_d3=435$ °C) ve PKanoMMA-4 graft kopolimer için camı geçiş sıcaklığı ($T_g=126$ °C) ve üç bozunma sıcaklığı ($T_d1=214$ °C, $T_d2=378$ °C ve $T_d3=418$ °C) görülmektedir.



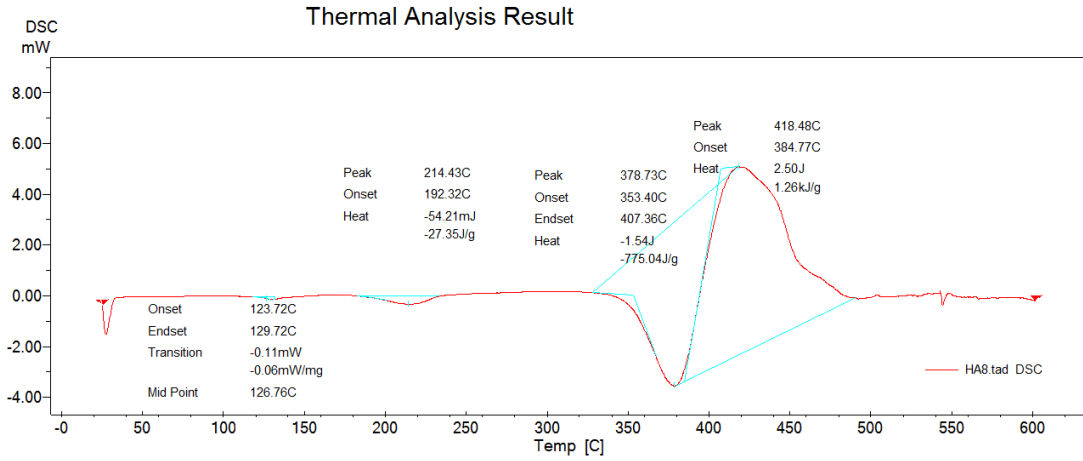
Şekil 5.27. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-1'e ait DSC termogramı.



Şekil 5.28. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-2'e ait DSC termogramı.



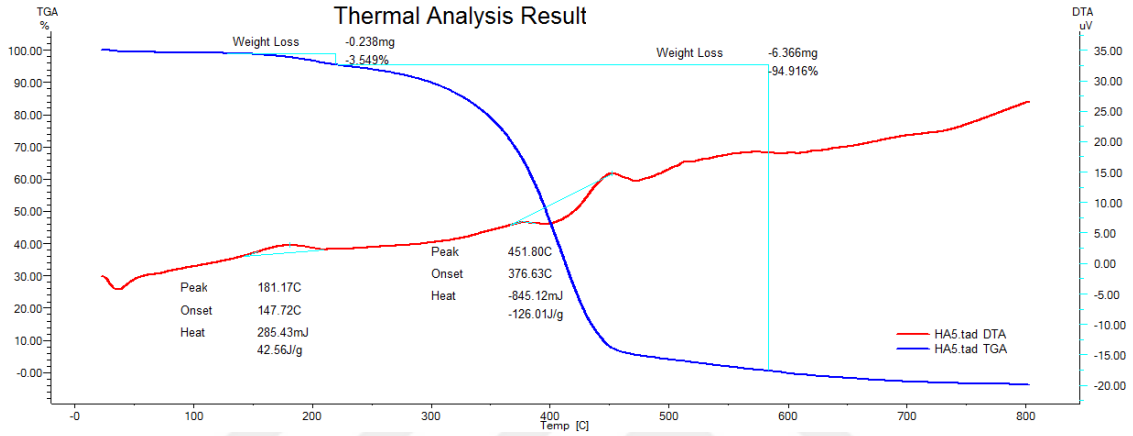
Şekil 5.29. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-3'e ait DSC termogramı.



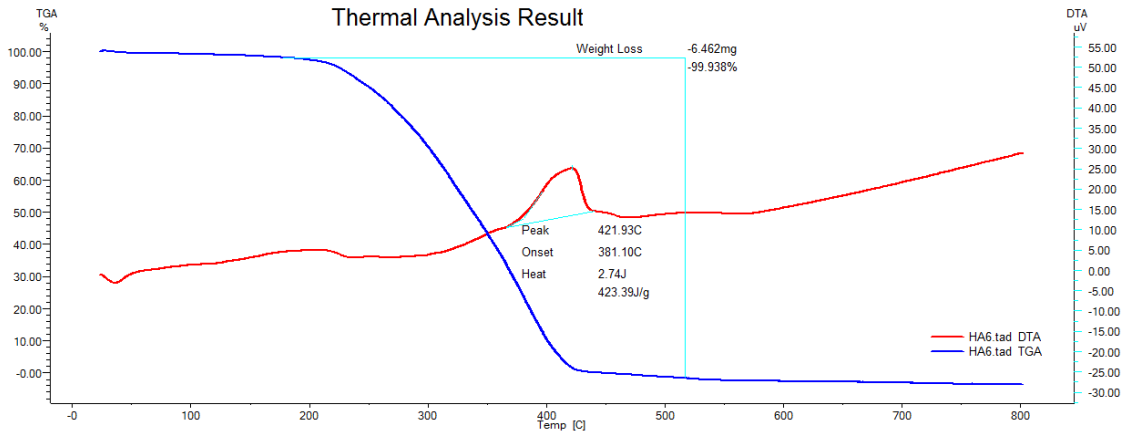
Şekil 5.30. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-4'e ait DSC termogramı.

Şekil 5.31-Şekil 5.34'de PKanoMMA-1, PKanoMMA-2 PKanoMMA-3 ve PKanoMMA-4 graft kopolimerlerinin TGA/DTA diyagramları verilmiştir. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimer örnekleri için; PKanoMMA-1 graft kopolimer için iki bozunma sıcaklığı ($T_{d1}=240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $T_{d2}=421\text{ }^{\circ}\text{C}$) görülmektedir ve $147\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 3,55, $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 94,92'dir. PKanoMMA-2 graft kopolimeri için bir bozunma sıcaklığı $T_{d2}=421\text{ }^{\circ}\text{C}$) görülmektedir ve $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $520\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 99,94'dür. PKanoMMA-3 graft kopolimer için iki bozunma sıcaklığı ($T_{d1}=240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $T_{d2}=427\text{ }^{\circ}\text{C}$) görülmektedir ve $147\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 9,29, $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 89,35'dir. PKanoMMA-4 graft kopolimer için

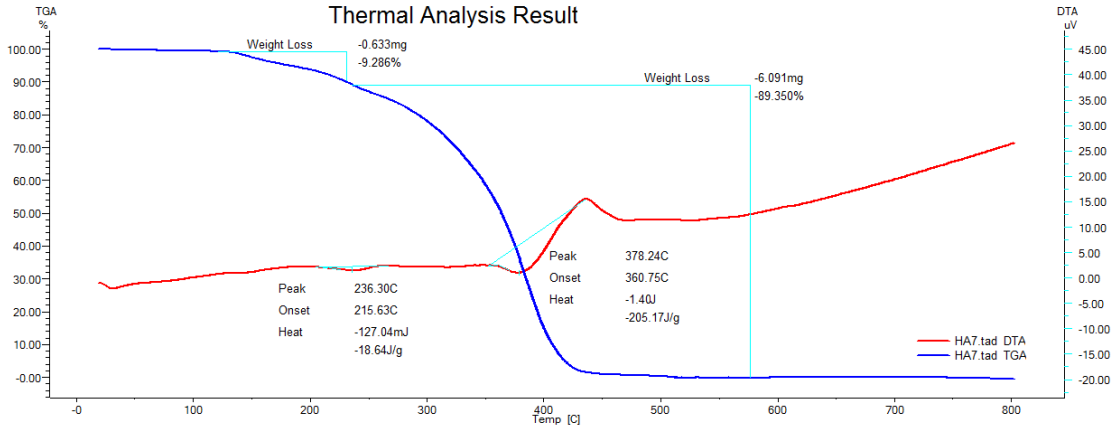
iki bozunma sıcaklığı ($Td_1=246\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $Td_2=427\text{ }^{\circ}\text{C}$) görülmektedir ve $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 7,31, $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $520\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasındaki % kütle kaybı 93,51'dir. Ayrıca Çizelge 5.7'de otookside kanola yağı, PKanoMMA-1, PKanoMMA-2 PKanoMMA-3 ve PKanoMMA-4 graft kopolimerlerinin DSC ve TGA bozunma sıcaklığı değerleri listelenmiştir.



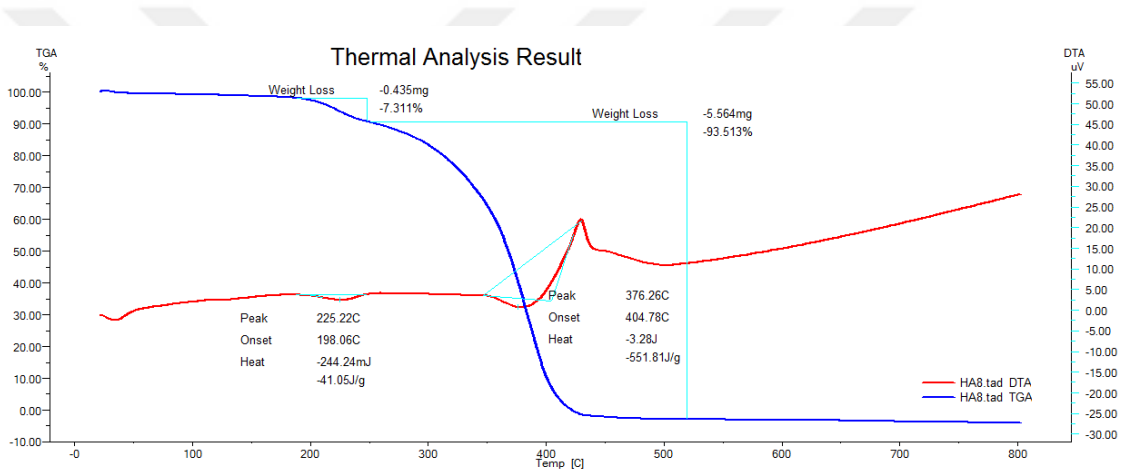
Şekil 5.31. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-1'e ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 5.32. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-2'e ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 5.33. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-3'e ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 5.34. Poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimeri PKanoMMA-4'e ait TGA/DTA termogramı.

Çizelge 5.7. Poli(kanola yağı-g-metil metakrilat) Graft Kopolimerlerin DSC ve TGA Verileri.

| No | DSC (°C) | | | | TGA (°C) | | |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Tg ₁ | Td ₁ | Td ₂ | Td ₃ | Td ₁ | Td ₂ | Td ₃ |
| PKano Yağı | - | 169 | 418 | 480 | 158 | 423 | 580 |
| PKanoMMA-1 | - | - | 395 | 468 | 240 | 421 | - |
| PKanoMMA-2 | - | - | - | 439 | 254 | 424 | - |
| PKanoMMA-3 | - | - | - | 435 | 240 | 427 | - |
| PKanoMMA-4 | 126 | 214 | 378 | 418 | 246 | 427 | - |

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında kanola yağı 24 ay boyunca güneş ışığı altında hava oksijeni ile otooksidasyonu sonucu otookside kanola yağı elde edilmiştir. Otookside kanola yağının molekül ağırlığı jel geçirgenlik kromatografisi ile belirlenmiştir ve molekül ağırlığı 2085 g/mol dispersite (Đ) 1,09 olarak bulunmuştur. Otookside kanola yağının peroksit içeriği iyodometrik titrasyon ile belirlenmiştir ve %0,97 olarak bulunmuştur. Otookside kanola yağının peroksit oluşumunu doğrulamak için elementel analiz yapılmıştır. Kanola yağı ve otookside kanola yağının elementel analiz sonuçlarına göre, kanola yağının oksijen yüzdesi 13,35 iken otookside kanola yağının oksijen yüzdesi 19,65 olarak belirlenmiştir. Oksijen miktarındaki bu artış peroksit oluşumunu doğrulamaktadır. Termal analiz sonuçları da otookside kanola yağındaki peroksit gruplarının oluşumunu doğrulamaktadır. Otookside kanola yağının peroksit ayrışması 110 °C'de başladığı ve 169 °C'de maksimum ayrışma sıcaklığına ulaştığı bulunmuştur.

Otookside kanola yağı serbest radikal polimerizasyon yönteminde ilk defa makroperoksit başlatıcı olarak kullanılmıştır. Otookside kanola yağı ve stiren serbest radikal polimerizasyonu ile yeni poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerleri sentezlenmiştir. Stirenin besleme miktarı arttıkça graft kopolimerlerin dönüşümü ve molekül ağırlığında beklenen bir artışa neden olmuştur. Yeni poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı jel geçirgenlik kromatografisi (GPC) ile belirlenmiştir. Yeni poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı (M_n) 94891 g/mol ile 208830 g/mol arasında bulunmuştur. Polimer dönüşüm yüzdesi, stiren besleme oranı 0,50 g iken %68, 3,00 g iken %93 olarak bulunmuştur. Yeni poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin yapı tayini 1H NMR ve FTIR ile karakterize edilmiştir. Termal analizler içinde DSC ve TGA ile karakterize edilmiştir. Otookside kanola yağı ve stirenin zamana karşı polimerleşme koşulları incelenmiştir. Polimerizasyon süresi arttıkça polimer dönüşümü de artmaktadır. Polimer dönüşümü 30 dakika sonunda %11 iken 300 dakika sonunda %42 olarak elde edilmiştir. Polimerizasyon süresi arttıkça poli (kanola yağı-g-stiren) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı (M_n) 106321 ile 118435 g/mol arasında bulunmuştur.

Otookside kanola yağı ve metil metakrilat serbest radikal polimerizasyonuyla yeni poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerleri sentezlenmiştir. Metil metakrilat besleme miktarı artıkça graft kopolimerlerin dönüşümünde ve molekül ağırlığında beklenen bir artışa neden olmuştur. Yeni poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı (M_n) 100801 g/mol ile 422457 g/mol arasında bulunmuştur. Polimer dönüşüm yüzdesi, metil metakrilat besleme oranı 0,50 g iken %56, 3,00 g iken %91 olarak bulunmuştur. Yeni poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin yapı tayini 1H NMR ve FTIR ile karakterize edildi. Termal analizler içinde DSC ve TGA ile karakterize edildi. Otookside kanola yağı ve metil metakrilat'ın zamana karşı polimerleşme koşulları incelenmiştir. Polimerizasyon süresi artıkça polimer dönüşümü de artmaktadır. Polimerleşme dönüşümü 30 dakika sonunda %13 iken 300 dakika sonunda %67 olarak elde edilmiştir. Polimerizasyon süresi artıkça poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerlerin molekül ağırlığı 305537 ile 356241 g/mol aralığında bulunmuştur.

Bu tez çalışmasında önerilen yöntem, graft kopolimerlerin hazırlanması için basit ve etkilidir. Bu çalışmada sentezlenen yeni poli (kanola yağı-g-stiren) ve poli (kanola yağı-g-metil metakrilat) graft kopolimerler endüstri, biyomühendislik ve tıp gibi geniş teknolojik uygulama potansiyeline sahip alanlarda kullanılabilir.

7. KAYNAKLAR

- [1] M. M. Reddy, S. Vivekanandhan, M. Misra, S. K. Bhatia, ve A. K. Mohanty, “Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities”, *Progres in Polymer Science*, c. 38, sayı 10-11, ss. 1653-1689, 2013
- [2] E. Can, R. P. Wool, ve S. Küsefoğlu, “Soybean and castor oil based monomers: Synthesis and copolymerization with styrene”, *Journal of Applied Polymer Science*, c. 102, sayı 3, ss. 2433-2447, 2006.
- [3] R. L. Shogren, Z. Petrovic, Z. Liu, ve S. Z. Erhan, “Biodegradation behavior of some vegetable oil-based polymers”, *Journal of Polymers and the Environment*, c. 12, sayı 3, ss. 173-178, 2004.
- [4] V. Mittal, “Polymers from renewable resources”, *Renewable Polymer Synthesis Process Technology*, ss. 1-22, 2011.
- [5] M. Galià, L. M. de Espinosa, J. C. Ronda, G. Lligadas, ve V. Cádiz, “Vegetable oil-based thermosetting polymers”, *European Journal of Lipid Science and Technology*, c. 112, sayı 1, ss. 87-96, 2010.
- [6] Y. Xia, Y. Lu, ve R. C. Larock, “Ring-opening metathesis polymerization (ROMP) of norbornenyl-functionalized fatty alcohols”, *Polymer*, c. 51, sayı 1, ss. 53-61, 2010.
- [7] S. Miao, P. Wang, Z. Su, ve S. Zhang, “Vegetable-oil-based polymers as future polymeric biomaterials”, *Acta Biomater*, c. 10, sayı 4, ss. 1692-1704, 2014.
- [8] P. H. Henna ve R. C. Larock, “Rubbery thermosets by ring-opening metathesis polymerization of a functionalized castor oil and cyclooctene”, *Macromolecular Materials and Engineering*, c. 292, sayı 12, ss. 1201-1209, 2007.
- [9] F. S. Güner, Y. Yağcı, ve A. T. Erciyes, “Polymers from triglyceride oils”, *Progres in Polymer Science*, c. 31, sayı 7, ss. 633-670, 2006.
- [10] M. A. Meier, J. O. Metzger, ve U. S. Schubert, “Plant oil renewable resources as green alternatives in polymer science”, *Chemical Society Reviews*, c. 36, sayı 11, ss. 1788-1802, 2007.
- [11] A. Köckritz ve A. Martin, “Oxidation of unsaturated fatty acid derivatives and vegetable oils”, *European Journal of Lipid Science and Technology*, c. 110, sayı 9, ss. 812-824, 2008.
- [12] G. Lligadas, J. C. Ronda, M. Galia, ve V. Cádiz, “Novel silicon-containing polyurethanes from vegetable oils as renewable resources. Synthesis and properties”, *Biomacromolecules*, c. 7, sayı 8, ss. 2420-2426, 2006.
- [13] H. Weenen ve N. A. Porter, “Autoxidation of model membrane systems: cooxidation of polyunsaturated lecithins with steroids, fatty acids, and. alpha.-tocopherol”, *Journal of the American Chemical Society*, c. 104, sayı 19, ss. 5216-5221, 1982.

- [14] M. Ionescu, Z. S. Petrović, ve X. Wan, “Ethoxylated soybean polyols for polyurethanes”, *Journal of Polymers and the Environment*, c. 15, sayı 4, ss. 237-243, 2007.
- [15] A. R. Fornof vd., “Synthesis and characterization of triglyceride-based polyols and tack-free coatings via the air oxidation of soy oil”, *Journal of Applied Polymer Science*, c. 102, sayı 1, ss. 690-697, 2006.
- [16] M. Acar, S. Çoban, ve B. Hazer, “Novel water soluble soya oil polymer from oxidized soya oil polymer and diethanol amine”, *Journal of Macromolecular Science, Part A*, c. 50, sayı 3, ss. 287-296, 2013.
- [17] A. Allı ve B. Hazer, “Poly (N-isopropylacrylamide) thermoresponsive cross-linked conjugates containing polymeric soybean oil and/or polypropylene glycol”, *European Polymer Journal*, c. 44, sayı 6, ss. 1701-1713, 2008.
- [18] B. Çakmaklı, B. Hazer, İ. Ö. Tekin, ve F. B. Cömert, “Synthesis and characterization of polymeric soybean oil-g-methyl methacrylate (and n-butyl methacrylate) graft copolymers: biocompatibility and bacterial adhesion”, *Biomacromolecules*, c. 6, sayı 3, ss. 1750-1758, 2005.
- [19] U. Yildiz, B. Hazer, ve K. Tauer, “Tailoring polymer architectures with macromonomer azoinitiators”, *Polymer Chemistry*, c. 3, sayı 5, ss. 1107-1118, 2012.
- [20] B. Hazer, “Cationic polymerization of tetrahydrofuran initiated by difunctional initiators. Synthesis of block copolymers”, *European Polymer Journal*, c. 26, sayı 11, ss. 1167-1170, 1990.
- [21] B. Hazer, E. Ayyıldız, ve F. Bahadır, “Synthesis of PNIPAM–PEG double hydrophilic polymers using oleic acid macro peroxide initiator”, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, c. 94, sayı 9, ss. 1141-1151, 2017.
- [22] T. Öztürk, “Yeni bir başlatıcı sistemi ile metil metakrilatin atom transfer radikal polimerizasyonu,” Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2006.
- [23] M. Saçak, “Lif Teknolojisi,” *Polimer Teknolojisi*, 3. baskı, Ankara, Türkiye: Gazi Kitabevi, 2014, böl. 11, ss. 309-315.
- [24] B. Hazer, “Poly (β -hydroxynonanoate) and polystyrene or poly (methyl methacrylate) graft copolymers: microstructure characteristics and mechanical and thermal behavior”, *Macromolecular Chemistry and Physics*, c. 197, sayı 2, ss. 431-441, 1996.
- [25] F. Li ve R. C. Larock, “New soybean oil–styrene–divinylbenzene thermosetting copolymers. II. Dynamic mechanical properties”, *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, c. 38, sayı 21, ss. 2721-2738, 2000.
- [26] E. Cam ve S. Kuseföglü, “Thermosetting liquid molding resins from renewable resources. I. Synthesis and polymerization of soy oil monoglyceride maleates”, *Journal of Applied Polymer Science*, c. 81, ss. 69-77, 2001.
- [27] M. Gezgin, “Vinilen karbonat homo ve kopolimerlerinin kontrollü polimerleşme teknikleri ile elde edilmesi,” Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2012.
- [28] M. Saçak, “Giriş,” *Polimer Teknolojisi*, 3. baskı, Ankara, Türkiye: Gazi Kitabevi, 2014, böl. 1, ss. 2-7.

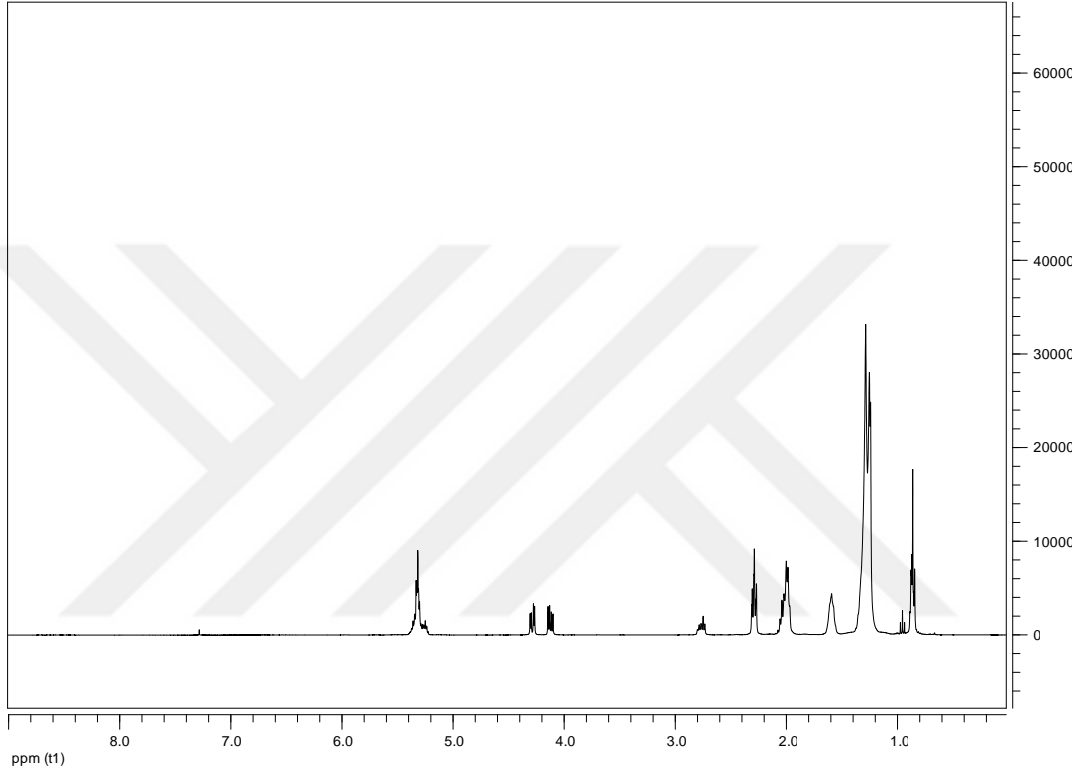
- [29] M. Saçak, "Giriş," *Polimer Teknolojisi*, 3. baskı, Ankara, Türkiye: Gazi Kitabevi, 2014, böl. 1, ss. 24-29.
- [30] M. Saçak, "Basamaklı Polimerizasyonu," *Polimer Kimyası*, 1. baskı, Ankara, Türkiye: Gazi Kitabevi, 1998, böl. 3, ss. 61-72.
- [31] T. Öztürk, "Polietilen glikol ihtiva eden makrofotobaşlatıcılar ile poli (stiren-blok-etilen glikol-blok-stiren) ve poli (metil metakrilat-blok-etilen glikol-blok-metil metakrilat) triblok kopolimerlerinin sentez," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye, 2002.
- [32] T. Öztürk, M. N. Atalar, M. Göktaş, ve B. Hazer, "One-step synthesis of block-graft copolymers via simultaneous reversible-addition fragmentation chain transfer and ring-opening polymerization using a novel macroinitiator", *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, c. 51, sayı 12, ss. 2651-2659, 2013.
- [33] K. Ohno, Y. Tsujii, ve T. Fukuda, "Mechanism and kinetics of nitroxide-controlled free radical polymerization. Thermal decomposition of 2, 2, 6, 6-tetramethyl-1-polystyroxypiperidines", *Macromolecules*, c. 30, sayı 8, ss. 2503-2506, 1997.
- [34] G. S. Misra ve U. D. N. Bajpai, "Redox polymerization", *Progress in Polymer Science*, c. 8, sayı 1-2, ss. 61-131, 1982.
- [35] M. Saçak, "Radikalik Katılma Polimerizasyonu," *Polimer Kimyası*, 1. baskı, Ankara, Türkiye: Gazi Kitabevi, 1998, böl. 4, ss. 74-77.
- [36] M. Saçak, "İyonik Katılma Polimerizasyonu," *Polimer Kimyası*, 1. baskı, Ankara, Türkiye: Gazi Kitabevi, 1998, böl. 5, ss. 68-113.
- [37] A. Kumar ve R. K. Gupta, "Chain-growth polymerization," *Fundamentals of Polymer Engineering*, Third Edition, Florida, Amerika Birleşik Devletleri: CRC Press, 2018, böl. 5, ss. 200-201.
- [38] X. Xu ve J. Huang, "Synthesis and characterization of amphiphilic copolymer of linear poly (ethylene oxide) linked with [poly (styrene-co-2-hydroxyethyl methacrylate)-graft-poly (ϵ -caprolactone)] using sequential controlled polymerization", *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, c. 44, sayı 1, ss. 467-476, 2006.
- [39] G. Odian, *Principles of Polymerization*. Washington: John Wiley & Sons, 2004.
- [40] H. Yılmaz, "Beymelek Lagünü'ne giren bazı migrator balıkların yağ asidi bileşiminin araştırılması," Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2008.
- [41] H. Baydar, "Bitkilerde yağ sentezi, kalitesi ve kaliteyi artırmada ıslahın önemi", *Ekin Dergisi*, c. 11, ss. 50-57, 2000.
- [42] Z. Aksoy ve M. Dığrak, "Bingöl yöresinde toplanan bal ve propolisin antimikrobiyal etkisi üzerinde in vitro araştırmalar", *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 18, sayı 4, ss. 471-478, 2006.
- [43] B. GÖR, "Yeni keten tohumu yağı graft kopolimerlerin sentezi ve karakterizasyonu," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2021.
- [44] D. Rousseau ve A. G. Marangoni, "Chemical interesterification of food lipids: theory and practice", *Food Science and Technology*, c. 8, ss. 301-334, 2002.

- [45] M. Acar, "Polistiren-g-soya polimerlerden gözenekli polistiren mikrokürelerin sentezi ve karakterizasyonu," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2011.
- [46] A. Gupta ve N. B. Bowden, "Separation of cis-fatty acids from saturated and trans-fatty acids by nanoporous polydicyclopentadiene membranes", *ACS Applied Materials and Interfaces*, c. 5, sayı 3, ss. 924-933, 2013.
- [47] A. A. Christy ve P. K. Egeberg, "Quantitative determination of saturated and unsaturated fatty acids in edible oils by infrared spectroscopy and chemometrics", *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, c. 82, sayı 1-2, ss. 130-136, 2006
- [48] A. Cumurcu ve A. T. Erciyes, "Synthesis and properties of alkoxy silane-functionalized urethane oil/titania hybrid films", *Progress in Organic Coatings*, c. 67, sayı 3, ss. 317-323, 2010.
- [49] C. Council, "Facts About Canola Erişim: <http://www.canola-council.org/about/Facts.htm>", 2022.
- [50] J. P. D. Wanasundara, "Proteins of brassicaceae oilseeds and their potential as a plant protein source", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, c. 51 sayı 7, ss. 635-677, 2011
- [51] L. Hermann, R. Mailer, ve K. Robards, "Sedimentation in canola oil: a review", *Australian Journal of Experimental Agriculture*, c. 39, sayı 1, ss. 103-113, 1999.
- [52] J. Stanton, "Canola in the United States," *Cereal Foods World*, 19-28, 1993.
- [53] D. J. Hume, "Development of winter canola in Ontario", *Canadian Journal of Plant Science*, c. 68, sayı 2, ss. 581-582, 1988.
- [54] M. TIRAŞ, "Türkiye'de kanola tarımı", *Doğu Coğrafya Dergisi*, c. 21, ss. 159-172, 2009.
- [55] N. Ö. Aybal, "Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) yavrularının yemlerinde protein kaynağı olarak kanola (*Brassica* spp.) kuspesi kullanma olanakları," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2007.
- [56] M. Özgüven, "Kolza (*Brassica napus* L., *Brassica campestris* L.) ve yetiştiriciliği," *Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları*, Adana, 2000.
- [57] N. Arslan, "Dünyada üretimi hızla artarken bizde unutulmuş bitki kolza", *Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi*, ss. 18-20, 1986.
- [58] Devlet Pılanlama Teşkilatı, "Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Çalışmalar ve Komisyonu Raporu," Ankara, 1993.
- [59] R. G. Ackman, "Canola fatty acids—an ideal mixture for health, nutrition, and food use", *Canola and Rapeseed*, c. 9, sayı 7, ss. 81-98, 1990.
- [60] J. N. Coupland, Z. Zhu, H. Wan, D. J. McClements, W. W. Nawar, ve P. Chinachoti, "Droplet composition affects the rate of oxidation of emulsified ethyl linoleate", *Journal of the American Oil Chemists' Society*, c. 73, sayı 6, ss. 795-901, 1996.
- [61] W. W. Nawar, "Chemistry of thermal oxidation of lipids", *Flavor Chemistry of Fats and Oils*, c. 5, sayı 6, ss. 39-60, 1985.

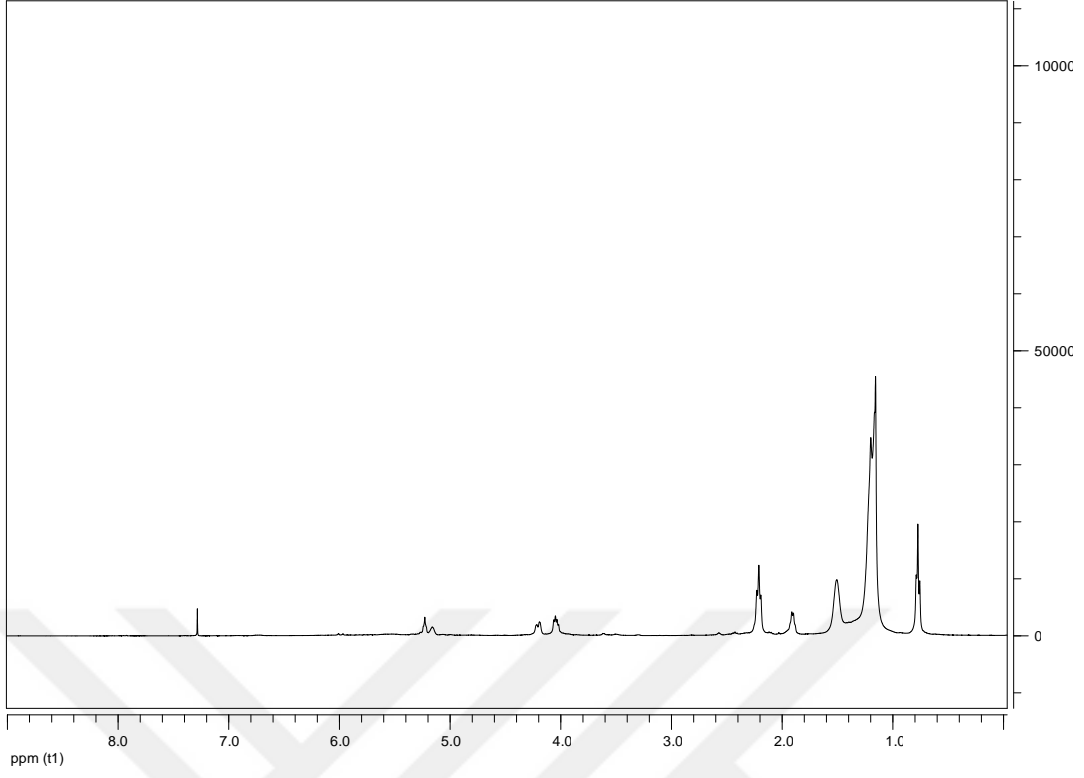
- [62] N. A. Porter, "A perspective on free radical autoxidation: the physical organic chemistry of polyunsaturated fatty acid and sterol peroxidation", *The Journal of Organic Chemistry*, c. 78, sayı 8, ss. 3511-3524, 2013.
- [63] J. Hong, Q. Wang, ve Z. Fan, "Synthesis of multiblock polymer containing narrow polydispersity blocks", *Macromolecular Rapid Communications*, c. 27, sayı 1, ss. 57-62, 2006.
- [64] B. Hazer, "Chemical modification of synthetic and biosynthetic polyesters", *Biopolymers Biology, Chemistry and Biotechnology Applications*, c. 10, ss 15-21, 2005.
- [65] J. A. Howard ve K. U. Ingold, "Absolute rate constants for hydrocarbon autoxidation. V. The hydroperoxy radical in chain propagation and termination", *Canadian Journal of Chemistry*, c. 45, sayı 8, ss. 785-792, 1967.
- [66] B. Hazer ve M. Eren, "Ecofriendly autoxidation of castor oil/ricinoleic acid. multifunctional macroperoxide initiators for multi block/graft copolymers", *Journal of the American Oil Chemists' Society*, c. 96, sayı 4, ss. 421-432, 2019.
- [67] B. Hazer ve Ö. A. Kalaycı, "High fluorescence emission silver nano particles coated with poly (styrene-g-soybean oil) graft copolymers: Antibacterial activity and polymerization kinetics", *Materials Science and Engineering: C- Journals*, c. 74, ss. 259-269, 2017.
- [68] K. Shanmugananda Murthy, K. Kishore, ve V. Krishna Mohan, "Vinyl monomer based polyperoxides", *Macromolecules*, c. 27, sayı 2, ss. 7109-7114, 1994.
- [69] M. Ulkowski, M. Musialik, ve G. Litwinienko, "Use of differential scanning calorimetry to study lipid oxidation. 1. Oxidative stability of lecithin and linolenic acid", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, c. 53, sayı 23, ss. 9073-9077, 2005.

8. EKLER

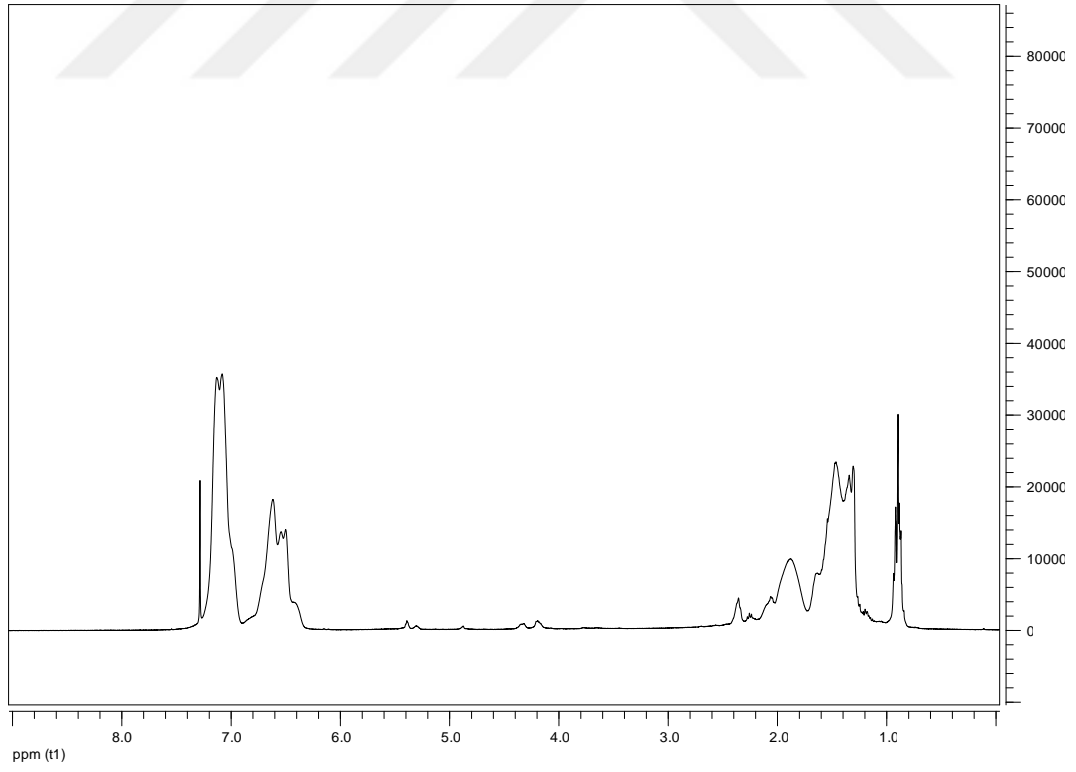
8.1. EK 1: ^1H NMR SPEKTRUMLARI



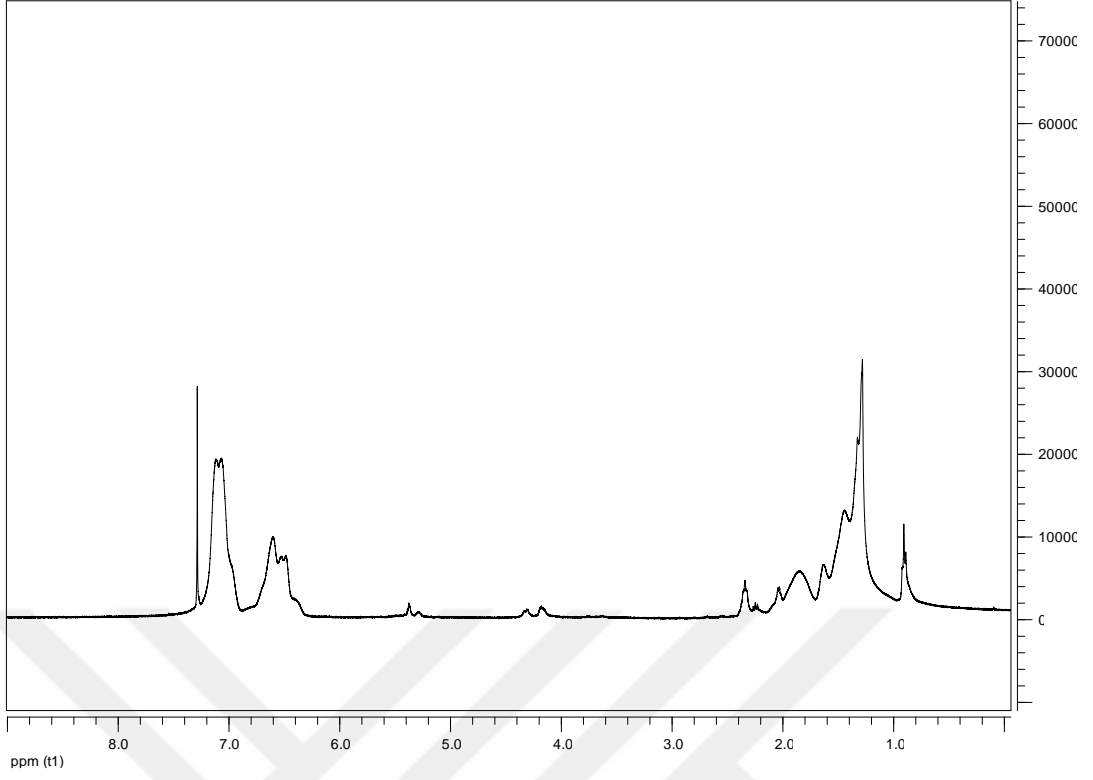
Şekil 8.1. Kanola yağına ait ^1H NMR spektrumu.



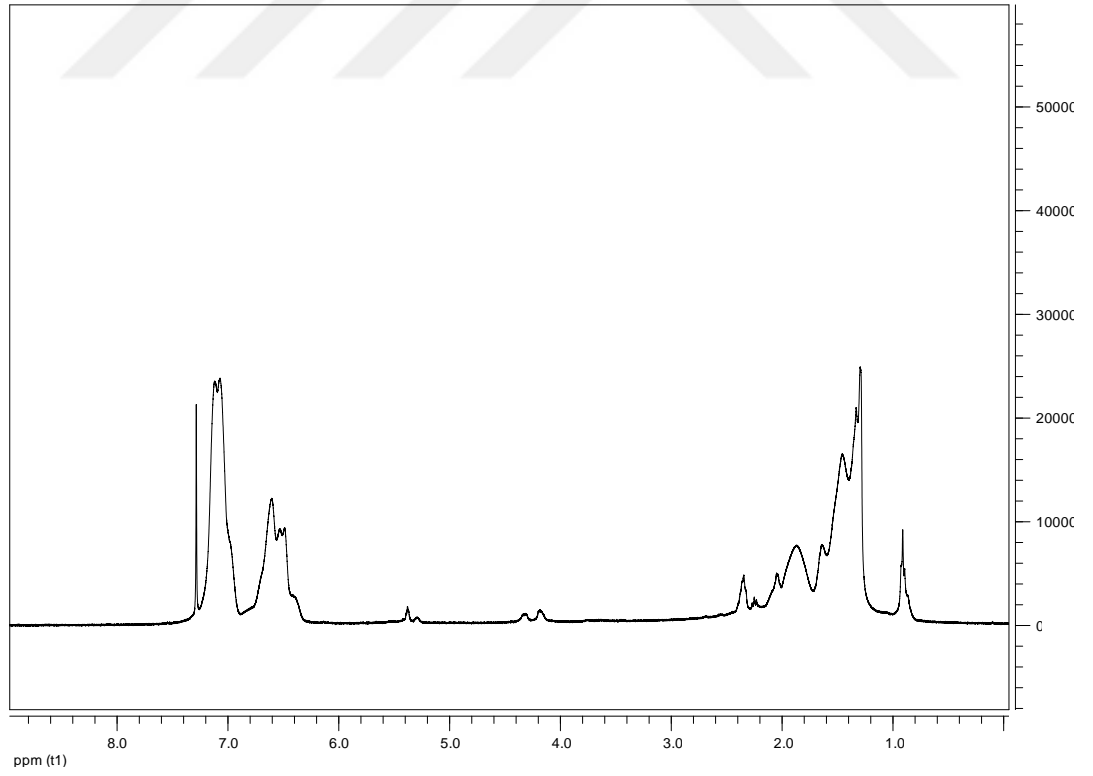
Şekil 8.2. Ootokside kanola yağına ait ¹H NMR spektrumu.



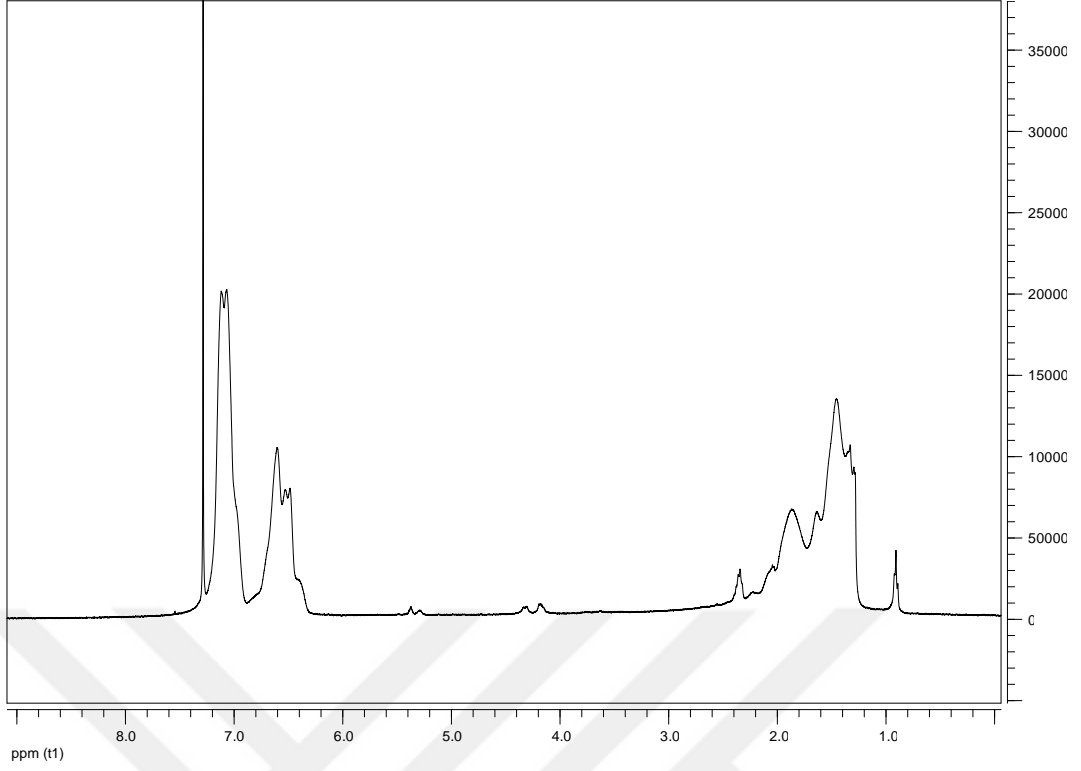
Şekil 8.3. PKanoSt-1 grafit kopolimerine ait ¹H NMR spektrumu.



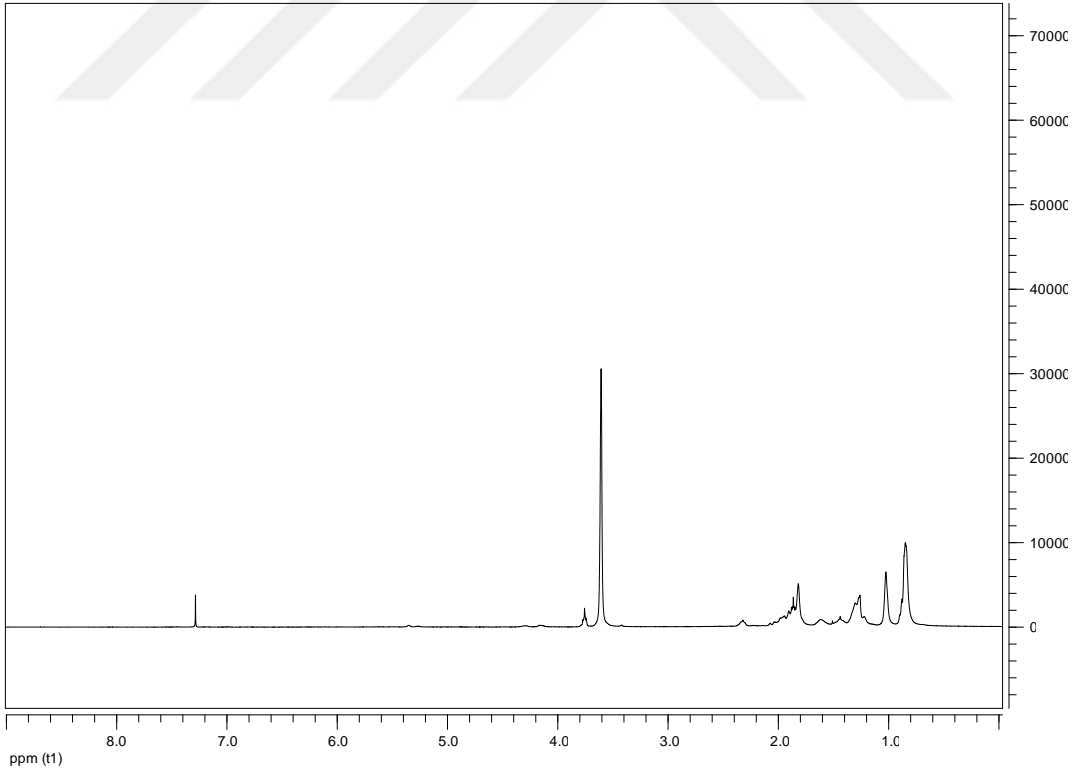
Şekil 8.4. PKanoSt-2 graft kopolimerine ait ^1H NMR spektrumu.



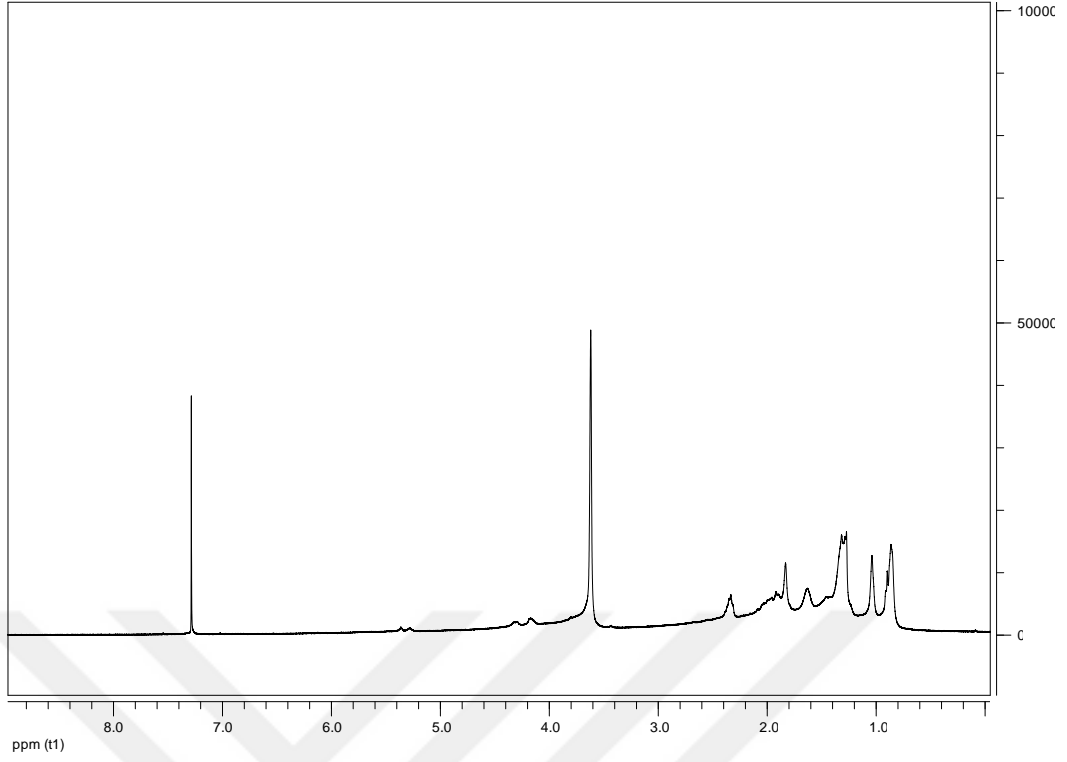
Şekil 8.5. PKanoSt-3 graft kopolimerine ait ^1H NMR spektrumu.



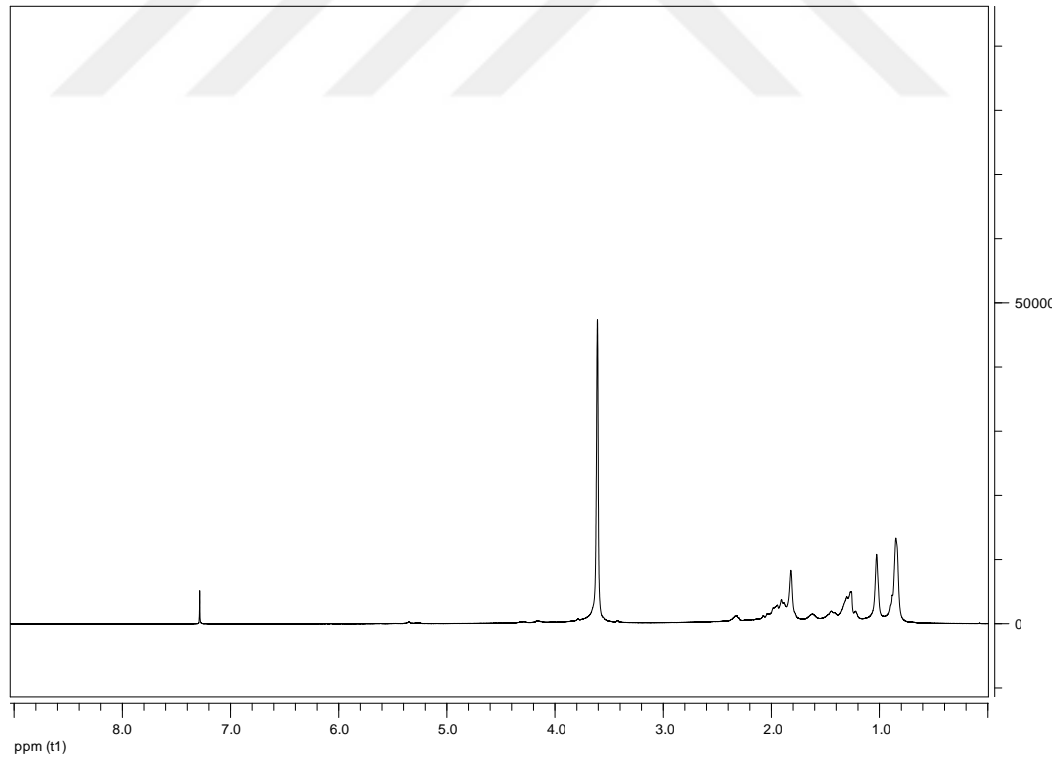
Şekil 8.6. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait ^1H NMR spektrumu.



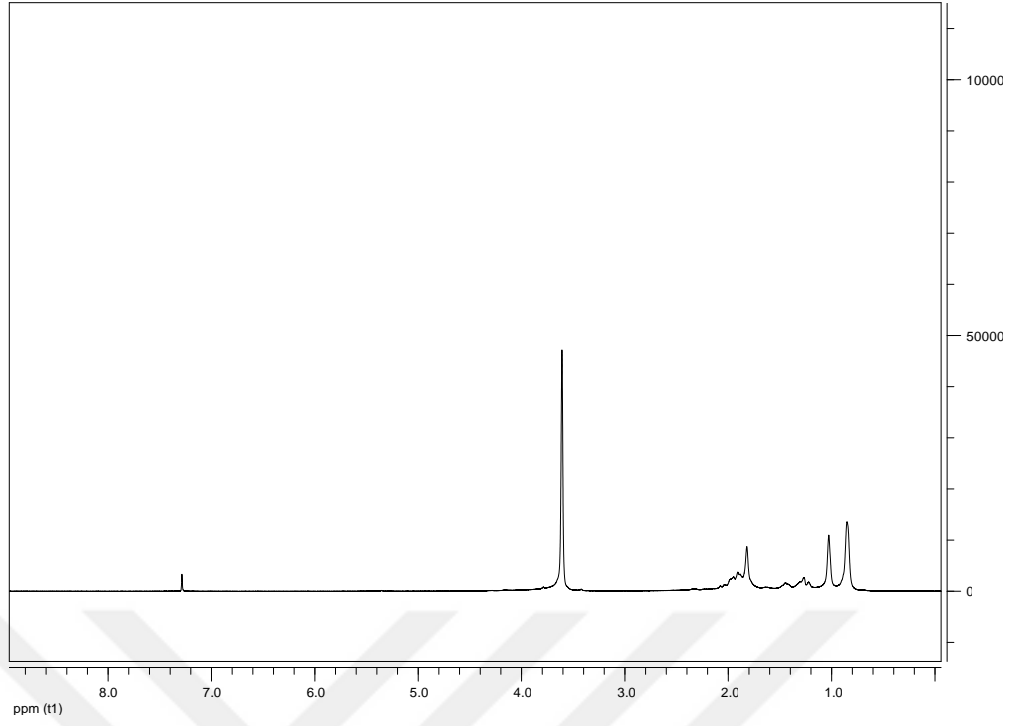
Şekil 8.7. PKanoMMA-1 graft kopolimerine ait ^1H NMR spektrumu.



Şekil 8.8. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait ^1H NMR spektrumu.

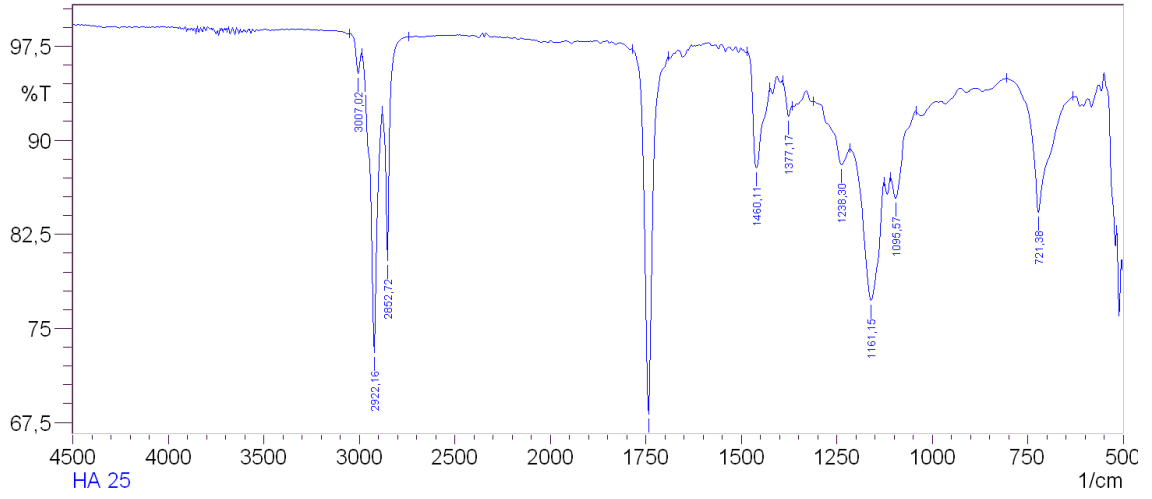


Şekil 8.9. PKanoMMA-3 graft kopolimerine ait ^1H NMR spektrumu.

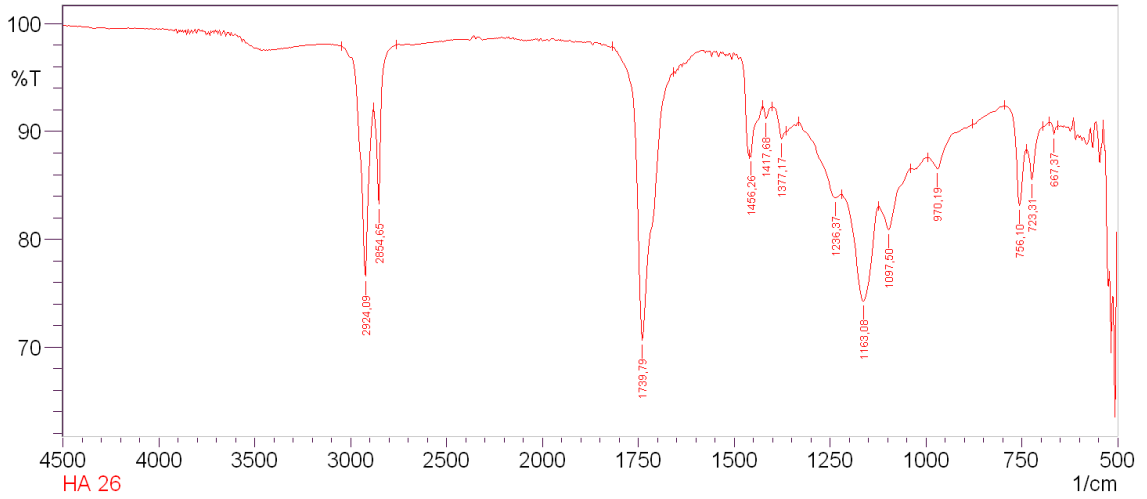


Şekil 8.10. PKanoMMA-4 graft kopolimerine ait ^1H NMR spektrumu.

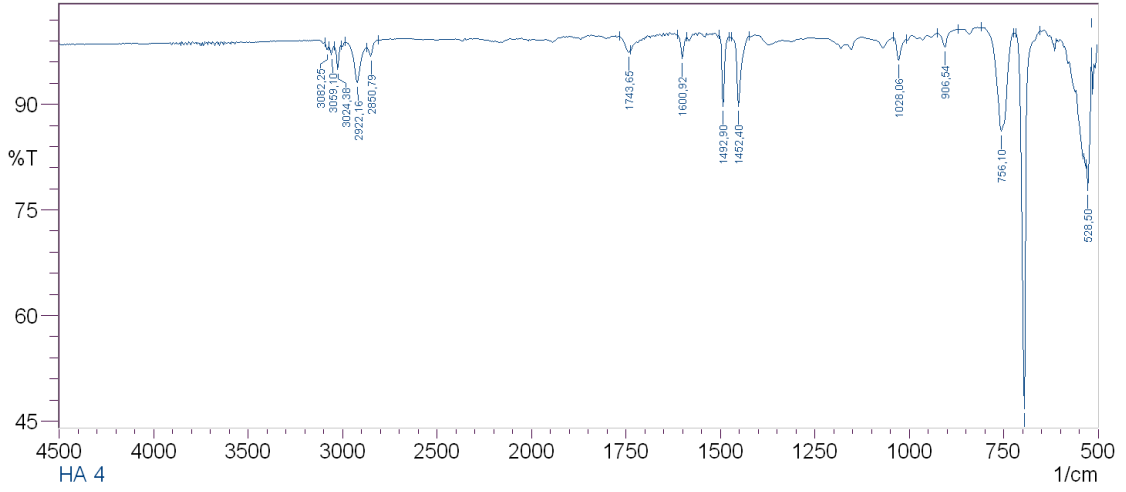
8.2. EK 2: FTIR SPEKTRUMLARI



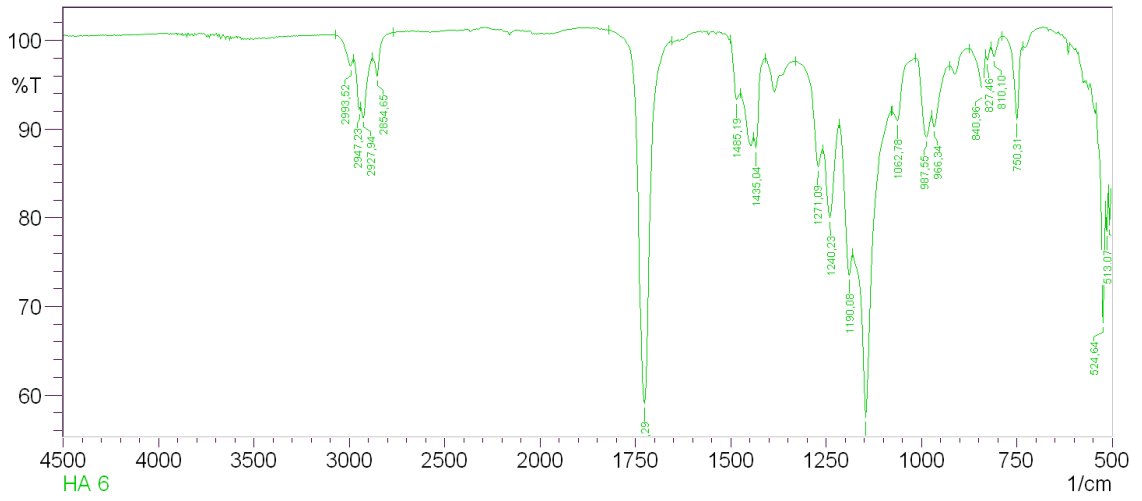
Şekil 8.9. Kanola yağına ait FT-IR spektrumu.



Şekil 8.10. Otokside kanola yağına ait FT-IR spektrumu

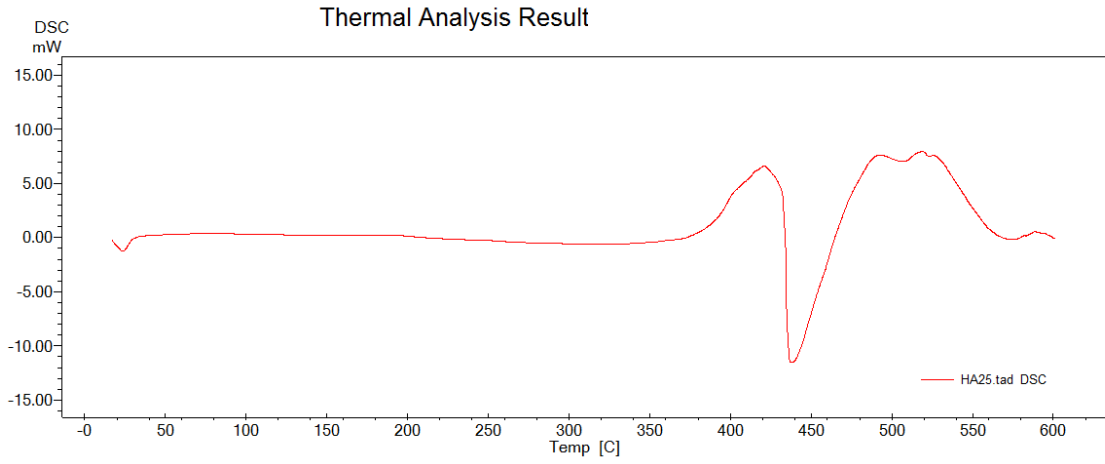


Şekil 8.11. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait FTIR spektrumu.

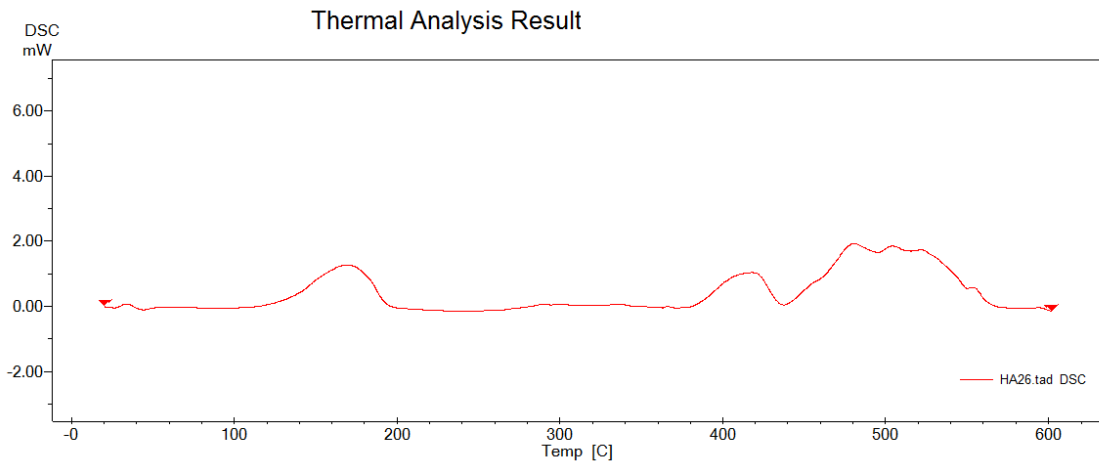


Şekil 8.12. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait FTIR spektrumu.

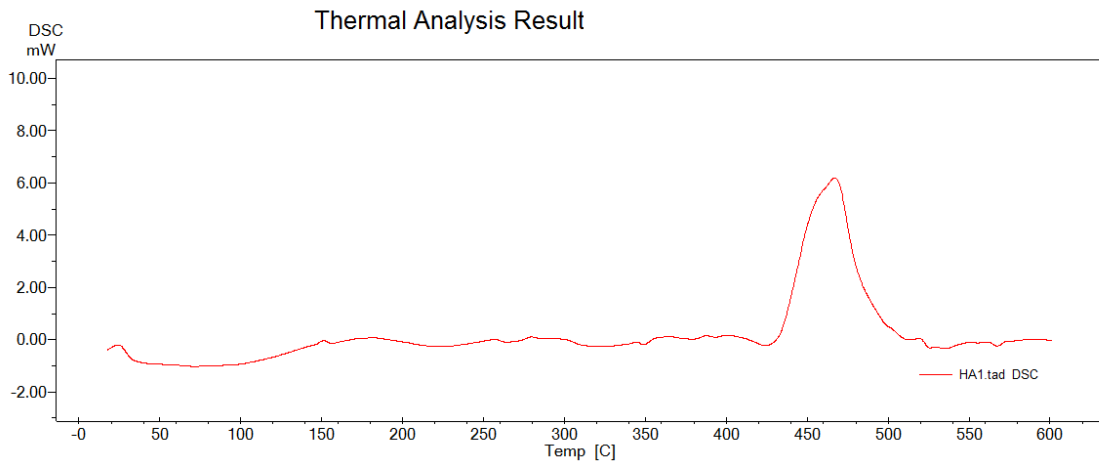
8.3. EK 3: DSC, TGA/DTA TERMOGRAMLARI



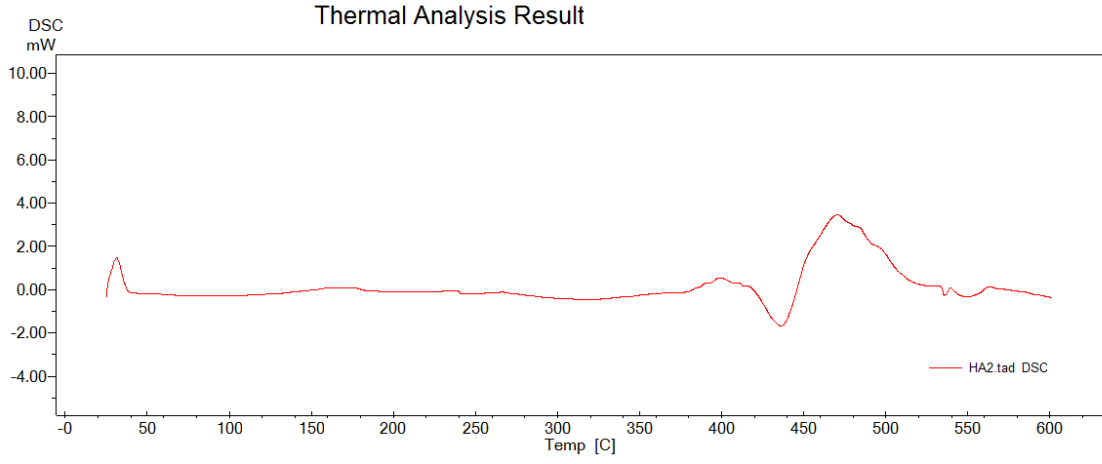
Şekil 8.13. Kanola yağına ait DSC termogramı.



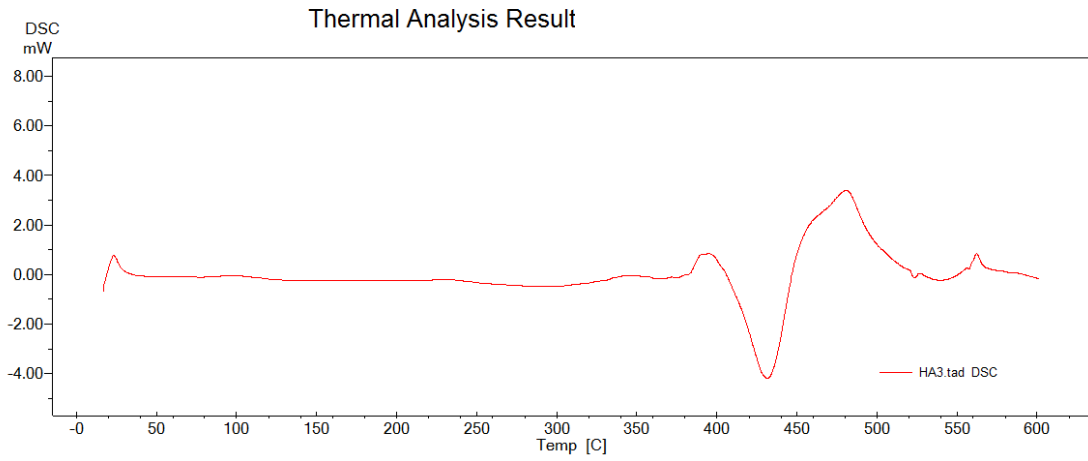
Şekil 8.14. Otookside kanola yağına ait DSC termogramı.



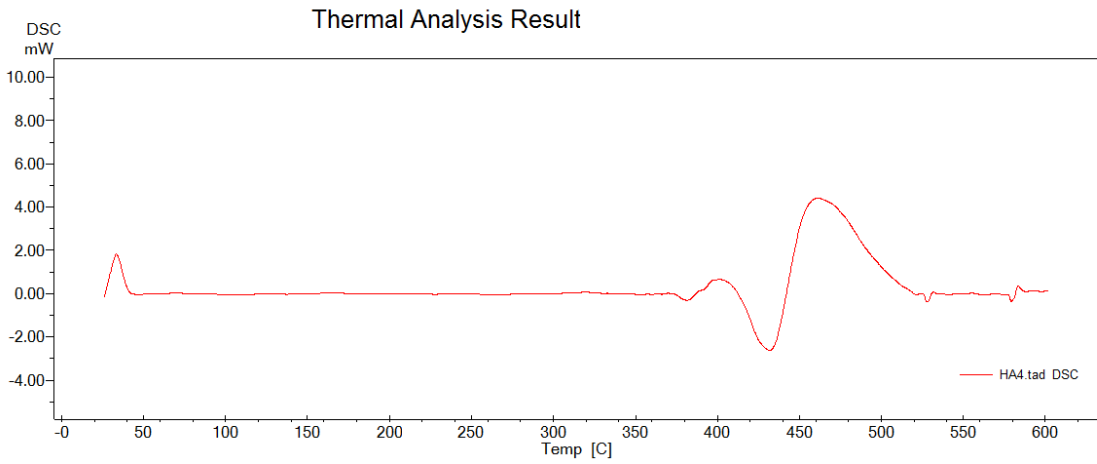
Şekil 8.15. PKanoSt-1 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



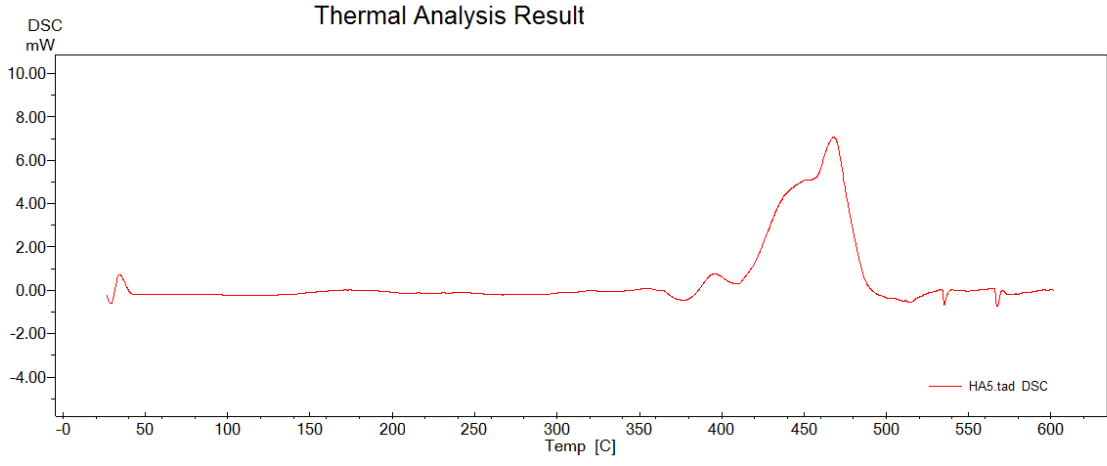
Şekil 8.16. PKanoSt-2 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



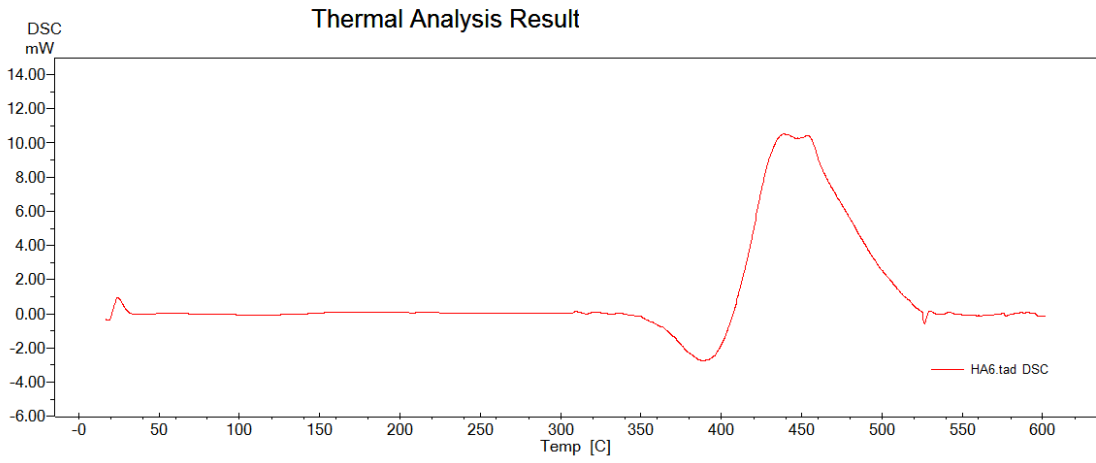
Şekil 8.17. PKanoSt-3 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



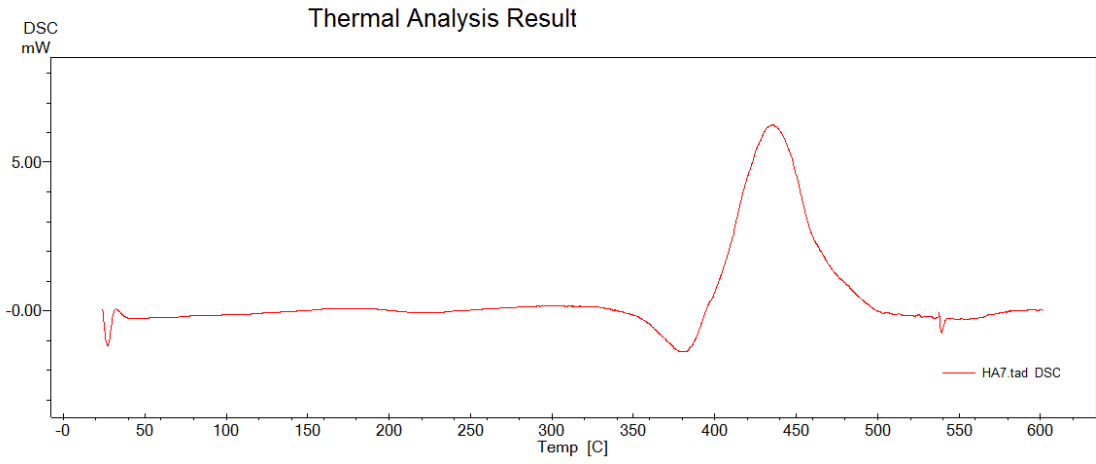
Şekil 8.18. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



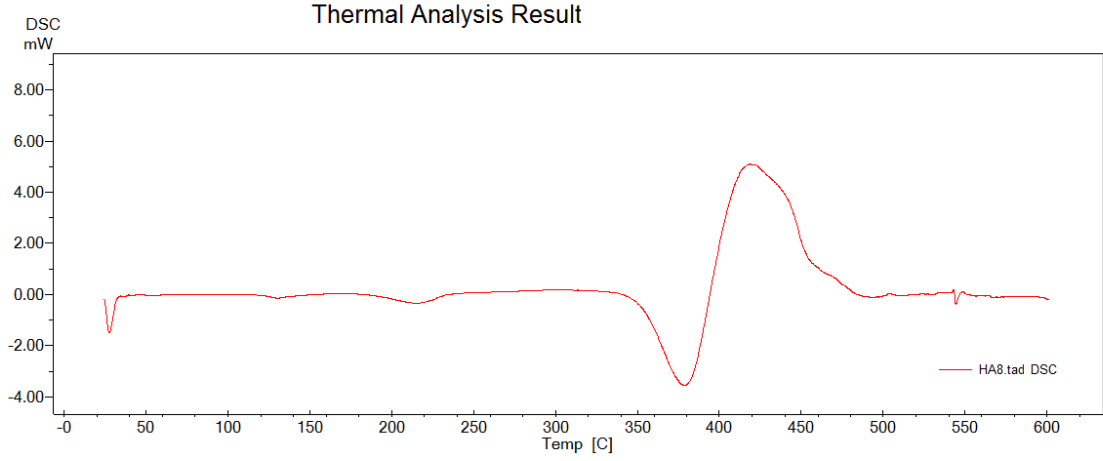
Şekil 8.19. PKanoMMA-1 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



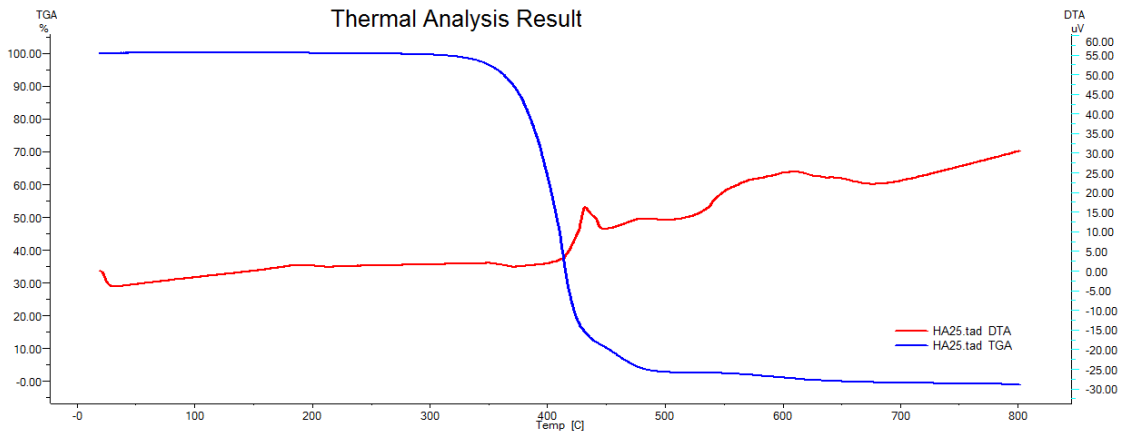
Şekil 8.20. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



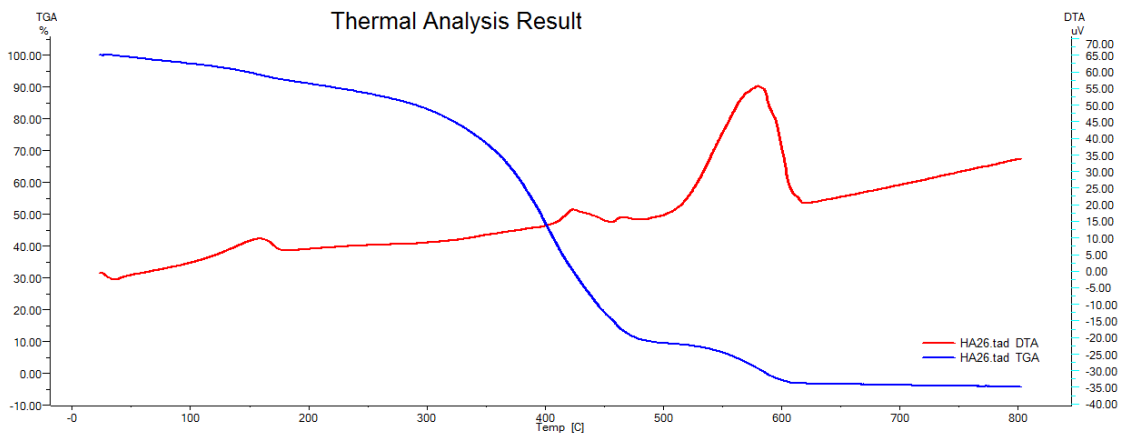
Şekil 8.21. PKanoMMA-3 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



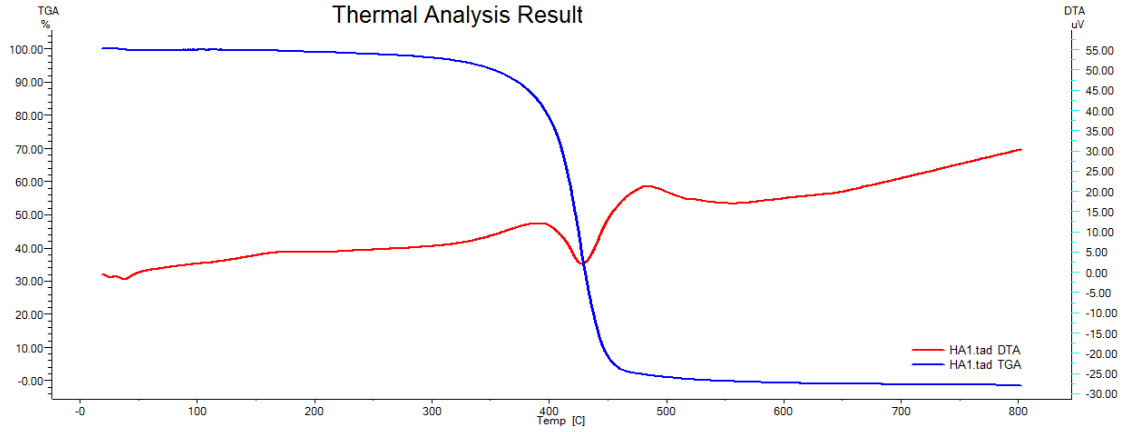
Şekil 8.22. PKanoMMA-4 graft kopolimerine ait DSC termogramı.



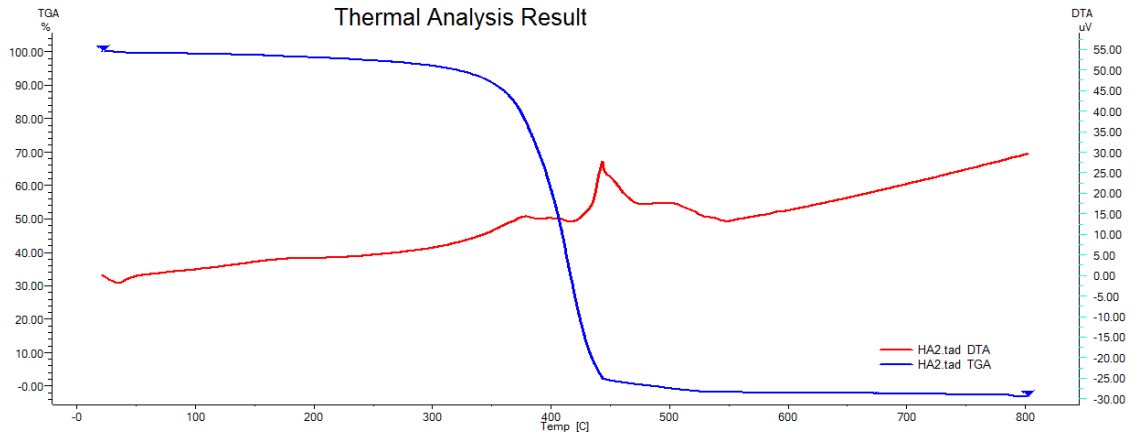
Şekil 8.23. Kanola yağına ait TGA/DTA termogramı.



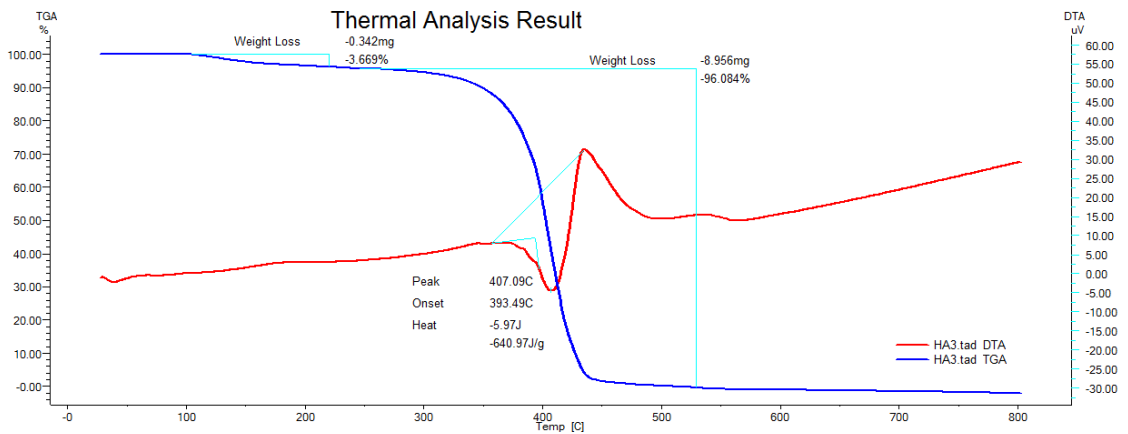
Şekil 8.24. Otookside kanola yağına ait TGA/DTA termogramı.



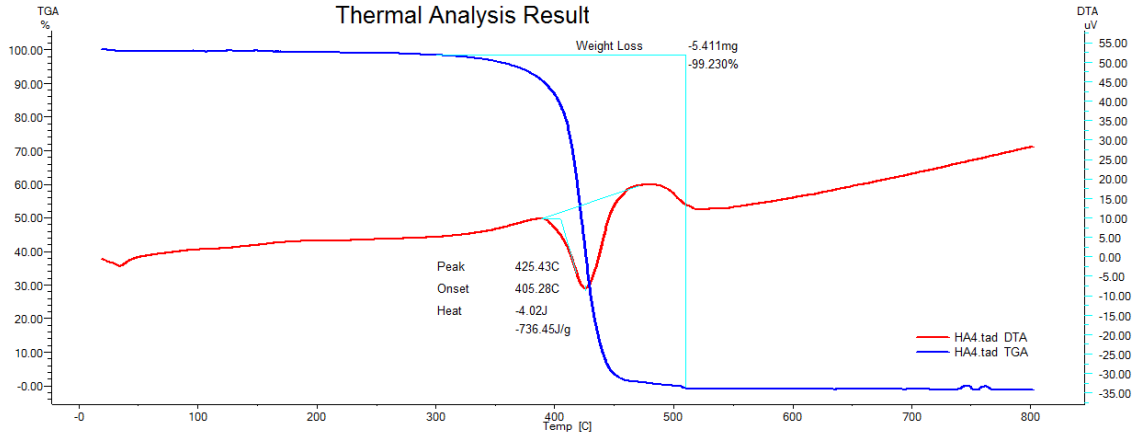
Şekil 8.25. PKanoSt-1 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.



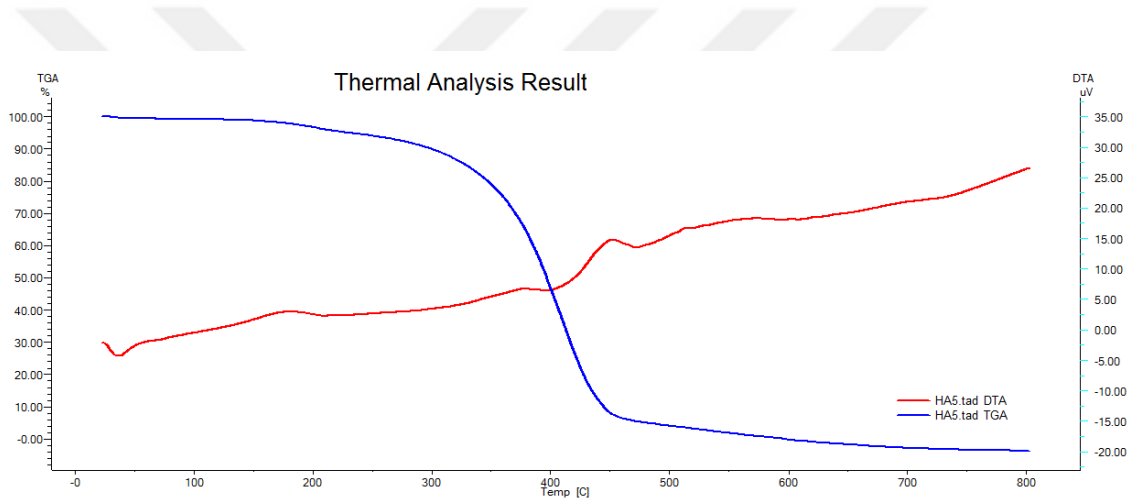
Şekil 8.26. PKanoSt-2 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.



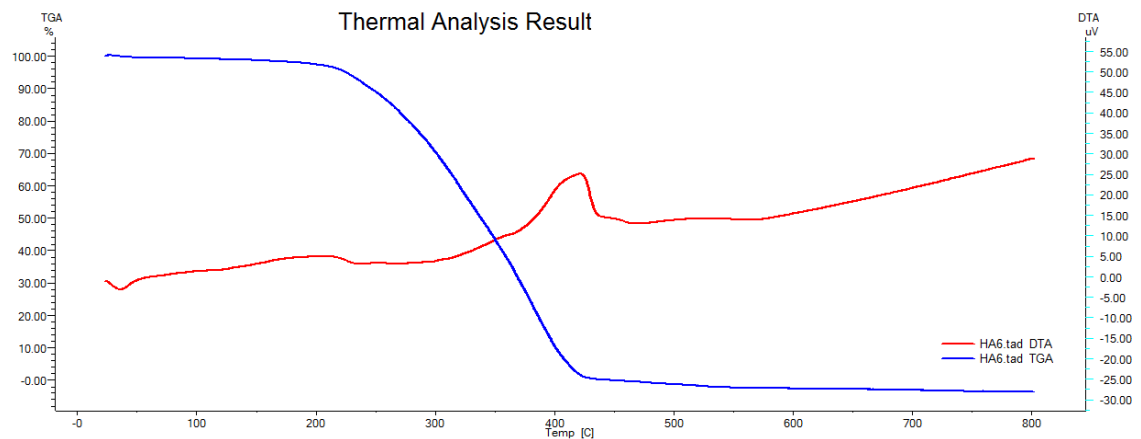
Şekil 8.27. PKanoSt-3 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.



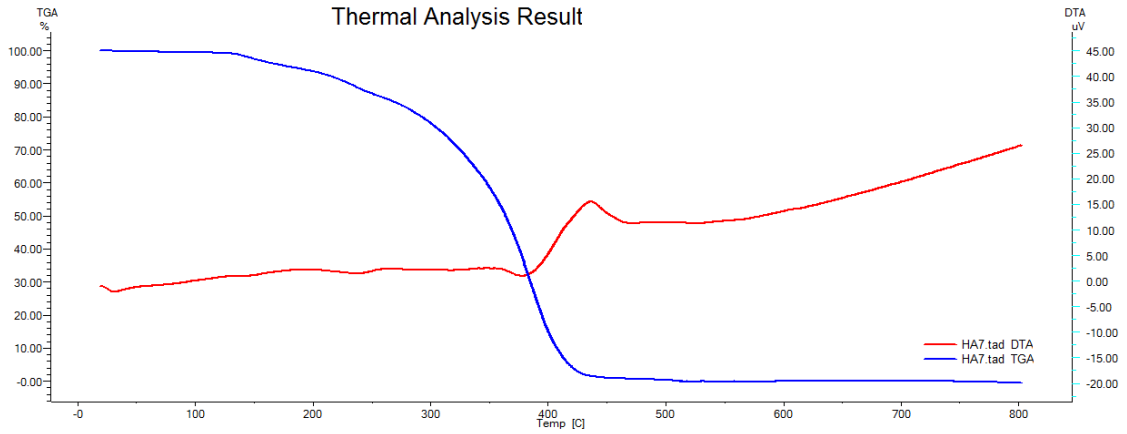
Şekil 8.28. PKanoSt-4 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.



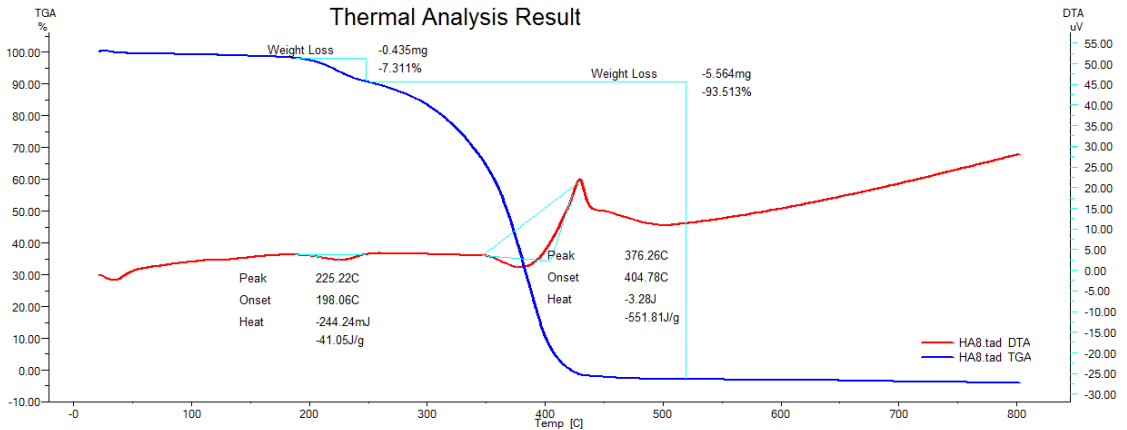
Şekil 8.29. PKanoMMA-1 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 8.30. PKanoMMA-2 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 8.31. PKanoMMA-3 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.



Şekil 8.32. PKanoMMA-4 graft kopolimerine ait TGA/DTA termogramı.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hülya AYDIN

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan | Okul/Üniversite | Mezuniyet Yılı |
|-----------|---------------|----------------------------|----------------|
| Y. Lisans | Kimya | Düzce Üniversitesi | 2019-devam |
| Lisans | Kimya | Bülent Ecevit Üniversitesi | 2012 |
| Lise | Fen Bilimleri | Düzce Süper Lisesi | 2008 |

YAYINLAR

S. Allı ve H. Aydın, Yeni Poli (kanola yağı-g-stiren) “Graft Kopolimerlerinin Sentezi ve Karakterizasyonu”, 8. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi (UBCAK), Çevrimiçi, 2022, ss. 143-151.