



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**“Poli (N-izopropil akrilamit-ko-2hidroksietil metakrilat) Termotropik
Kopolimerlerin Üretimi ve Tanımlanması” ve**

**“N-Oktadekan@Melamin Borik Asit Formaldehit Isıl Enerji Depolama
Mikrokapsüllerinin Üretimi”**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnci Azra EGELİ TALİ

Danışman: Prof. Dr Cemil ALKAN

TOKAT-2024

JÜRİ KABUL VE ONAY

İnci Azra Egeli Tali tarafından hazırlanan “Poli (N-izopropil akrilamit-ko-2hidroksietil metakrilat) Termotropik Kopolimerlerin Üretimi ve Tanımlanması” ve “N-Oktadekan@Melamin Borik Asit Formaldehit Isıl Enerji Depolama Mikrokapsüllerinin Üretimi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 7 Ağustos 2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından Kimya anabilim dalı’nda Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan): Prof. Dr Ömer IŞILDAK

Üye : Prof. Dr Cemil ALKAN

Üye : Prof. Dr Sennur ALAY AKSOY

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr Cemil ALKAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Poli (N-izopropil akrilamit-ko-2hidroksietil metakrilat) Termotropik Kopolimerlerin Üretimi ve Tanımlanması” ve “N-Oktadekan@Melamin Borik Asit Formaldehit Isıl Enerji Depolama Mikrokapsüllerinin Üretimi”adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

30 / 07 / 2024

Tez Yazarı: İnci Azra EGELİ TALİ

İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez sürecinde benden yardımlarını esirgemeyen bilgileri ve deneyimleriyle beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Cemil ALKAN'a teşekkür ederim. Ayrıca beni her zaman destekleyen sevgili eşim Ömer Faruk TALİ'ye ve bu günlere gelmemde büyük emek sarfeden ve sabır gösteren sevgili anneme, babama ve ağabeyime ve yengeme teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

“POLİ (N-İZOPROPİL AKRİLAMİT-KO-2HİDROKSİETİL METAKRİLAT) TERMOTROPİK KOPOLİMERLERİN ÜRETİMİ VE TANIMLANMASI” VE “N- OKTADKAN@MELAMİN BORİK ASİT FORMALDEHİT ISIL ENERJİ DEPOLAMA MİKROKAPSÜLLERİNİN ÜRETİMİ”

İnci Azra Egeli Tali

Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cemil ALKAN

Ağustos 2024, xv + 37 sayfa

Bu çalışmada, p(n-izopropilakrilamit-ko-2-hidroksietil metakrilat) polimerleri üretilerek sulu çözeltilerinin sıcaklığa bağlı turbidite testleri gerçekleştirilmiştir. Bu çözeltilerin sahip olduğu alt kritik çözünme sıcaklığı değerleri bu çalışma da ilk defa incelenmiştir. Üretilen malzemelerin evlerde cam sistemlerinde gün için aşırı ısınmanın engellenmesi için değerlendirilmesi düşünülmektedir. Proje, Royal Academy of Engineering tarafından Newton Katip-Çelebi fonlarının işbirliği kapsamında desteklenmiş ve yenilikçi malzeme çalışmalarına karşı İngilterede uygulama esaslı çalışmalara yer verilmiştir. Proje de aynı zamanda polimer ve cam üreten 2 farklı kuruluştaki yer almıştır. Bu çalışma ile evlerin cam sistemlerinde belli bir değişiklik meydana getirilerek enerji etkinliğinin artırılması amaçlanmıştır. Hidrofilik komonomerin thermotropic yapılarda faz değişim sıcaklığını azalttığı bilindiğinden daha evvel çalışılmamış söz konusu kopolimerlerin değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, P(n-izopropilakrilamit-ko-2-hidroksietil metakrilat) polimeri organik bir çözücü içerisinde ve AIBN başlatıcı kullanılmak suretiyle polimerleştirilmiştir. Daha sonra üretilen polimer saflaştırıldıktan sonra sulu çözeltisi hazırlanılarak performans testleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın 2. kısmında TÜBİTAK 1001 programı kapsamında yer alan diğer bir projeye konu olan yanma geciktirici özelliğe sahip melamin-borik asit-formaldehit kabuklu mikrokapsüllenmiş n-oktadekan mikrokapsülleri sentezlenilerek tanımlamaları yapılmıştır. Bu çalışmada borik asitin melamin ile yan yana gelerek yanma geciktirici özelliğe katkı sağlaması hedeflenmiştir. **Anahtar Kelimeler:** Termotropik Özellik, P(N-izopropil akrilamit), Kopolimer, Bina Enerji Tasarrufu, FDM, mikrokapsül

ABSTRACT

“PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF POLY (N-ISOPROPYL ACRYLAMIDE-CO-2-HYDROXYETHYL METHACRYLATE) THERMOTROPIC COPOLYMERS” AND “PRODUCTION OF N-OCTADECANE@MELAMINE BORIC ACID FORMALDEHYDE THERMAL ENERGY STORAGE MICROCAPSULES”

Inci Azra Egeli Tali

Master's Degree, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Chemistry

Thesis Advisor: Prof. Dr. Cemil ALKAN

August 2024, xv + 37 sayfa

In this study, p(n-isopropylacrylamide-co-2-hydroxyethyl methacrylate) polymers were produced and temperature-dependent turbidity tests of their aqueous solutions were carried out. The subcritical dissolution temperature values of these solutions were examined for the first time in this study. It is thought that the materials produced will be used to prevent overheating in home glass systems during the day. The project was supported by the Royal Academy of Engineering within the scope of the cooperation of Newton Katip-Çelebi funds, and application-based studies were included in the UK against innovative material studies. The project also involved two different companies producing polymers and glass. This study aimed to increase energy efficiency by making a certain change in the glass systems of houses. Since it is known that the hydrophilic comonomer reduces the phase change temperature in thermotropic structures, the evaluation of these copolymers, which have not been studied before, was emphasized. In this study, poly(n-isopropylacrylamide-co-2-hydroxyethyl methacrylate) polymer was polymerized in an organic solvent using AIBN initiator. Then, after the produced polymer was purified, its aqueous solution was prepared and performance tests were evaluated. In the second part of the study, melamine-boric acid-formaldehyde shelled microencapsulated n-octadecane microcapsules with fire retardant properties, which are the subject of another project within the scope of TUBITAK 1001 program, were synthesized and defined.

In this study, it was aimed that boric acid would come together with melamine and contribute to its fire retardant properties.

Keywords: Thermotropic Property, P(N-isopropyl acrylamide), Copolymer, Building Energy Saving, FDM, microcapsule



İÇİNDEKİLER

JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
ETİK SÖZLEŞME	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
TABLO LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR	xv
GİRİŞ	1
LİTERATÜR ÖZETLERİ/KURAMSAL TEMELLER/GENEL BİLGİLER	2
1. Polimer:	2
1.1. Polimer Biliminin Tarihçesi	2
1.2. Moleküler Yapı ve Polimerlerin Gruplandırılması	3
1.3. Polimerizasyon Yöntemleri	3
1.3.1. Zincir Büyütme Polimerizasyonu	4
1.3.2 Kondenzasyon (Basamaklı Büyüme) Polimerizasyonu	4
1.3.3. İyonik Polimerizasyon	4
1.3.4. Katyonik Polimerizasyon	4
1.3.5. Anyonik Polimerizasyon	5
1.4. Polimerlerin Kristal Yapıları	5

1.4.1. Polimerik Jeller	5
1.4.2. Kimyasal Jeller	6
1.4.3. Fiziksel Jeller	6
1.4.4. Polimer Jellerin Genel Özellikleri	7
1.4.5. Polimer Jelleri Etkileyen Faktörler	7
1.4.6. Polimer Jellerin Kullanım Alanları	7
2. Termotropik Polimerler	8
2.1.1. Sıvı Kristal Polimerler (LCP'ler)	8
2.1.2. Termotropik Elastomerler	8
2.1.3. Mikrokapsüllenmiş Faz Değişim Malzemeleri	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
P (NIPAM ko HEMA) VE MELAMİN BORİK ASİT MİKROKAPSÜL	10
3.1.1. Jel Geçirgenlik Kromatografisi (GPC)	14
3.1.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)	15
3.1.3. Fourier Transform İnfrared (FTIR) Spektroskopisi	16
3.1.4. Temas Açısı Cihazı	16
3.1.5. Dönel Kaplama Cihazı	17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	18
4.1.1. GPC Araştırmaları	18
4.1.2. DSC Analizi	18
4.1.3. FT-IR Spektroskopisi Analizi	22
4.1.4. POM Analizi	25

4.1.5. P (NIPAM-ko-HEMA) Kopolimerlerinin Turbidite Analizi	26
4.1.6. Temas Açısı Analizi.....	29
4.1.7. PSD ANALİZİ.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	31
KAYNAKÇA	33
EKLER.....	36
ÖZGEÇMİŞ	37

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Polyethylene.....	2
Şekil 1.1.....	3
Şekil 1.2. Melamin-Borik Asit-Formaldehit Sentetik Şeması.....	11
Şekil 1.3. P(NIPAM-ko-HEMA) Sentez Tüpleri ve Temas Açısı Ölçümleri için Dönel Kaplama Cihazıyla Oluşturulan Filmler	12
Şekil 1.4. a) P(NIPAM-ko-HEMA), b)40 derece ısıtılıp soğuduktan sonraki renk değişimi P(NIPAM-ko-HEMA), c) Kopolimerin hazırlanma süreci, d) P(NIPAM-ko-HEMA) kuruduktan sonraki hali e) P(NIPAM-ko-HEMA) cama uygulandıktan sonraki şekli, f) P(NIPAM-co-HEMA) Kuruduktan sonraki hali Deney Aşamaları	13
Şekil 1.5. P(NIPAM-ko-HEMA) Diyagramı.....	14
Şekil 1.6. P(NIPAM-ko-HEMA) Kopolimerinin DSC Termogram	19
Şekil 1.7. N-Oktadekan@Melamin-Bor Formaldehit Mikrokapsülü DSC Analizi	20
Şekil 1.7.1. de n- Oktadekan Mikrokapsülünün DSC analizi gösterilmektedir.	21
Şekil 1.7.1. n- Oktadekan DSC Analizi.....	21
Şekil 1.8. HEMA Komonomerinin FTIR Spektrumu	23
Şekil 1.9. n-İzopropil Akril Amid Monomerinin FTIR Spektrumu	23
Şekil 2. 1,4 Dioksan Şekil 2.1. P(NIPAM-ko-HEMA).....	23
Çözüsünün FTIR Spekturumu Kopolimerinin FTIR Spektrumu.....	23
Şekil 2.2. n-oktadekan@melamin-borik asit-formaldehit mikropartiküllerinin FT-IR spektrumları	24
Şekil 2.3. P(NIPAM-ko-HEMA) Kopolimerinin AKÇS Üzerinde Alınan POM Fotoğrafı	25
Şekil 2.4. N-Oktadekan@M-F-Borik Asit	26
Şekil 2.5. Poli(A), Poli(B) ve Poli(C) Turbidite Analizi	28
Şekil 2.6. Dönel Kaplama Cihazı ile Üretilen Filmlerin Üzerinde Temas Açısı Analizi: Sırasıyla Poli(A), Poli(B) ve Poli(C) üzerinde temas açısı görüntüleri ve film görüntüsü	29
Şekil 2.7. N-Oktadekan @Melamin-Bor Formaldehit Mikrokapsülünün PSD Analizi	30
Şekil 3 (a) Şekil 3 (b)	36

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. P(NIPAM-ko-HEMA)'ın Polimerizasyon Yöntemleri.....	12
Tablo 2. Melamin Borik Asit Fomaldehit Oktadekan PSD Analizi	30



KISALTMALAR

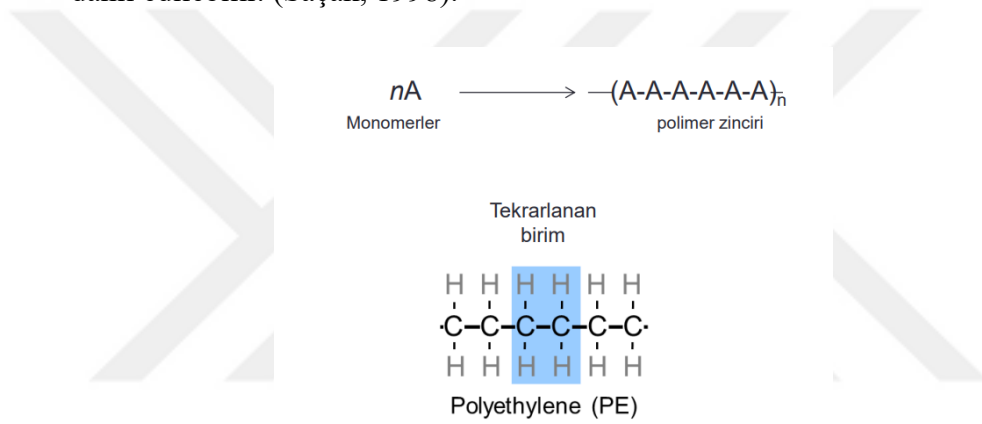
M-F	Melamin Formaldehit
PE	Polietilen
C	Karbon
H	Hidrojen
O	Oksijen
N	Azot
F	Flor
Cl	Klor
Br	Brom
I	Iyot
NH₂	Amin
P(NIPAM-ko-HEMA)	Izopropil Akril Amid Hidroksi Meta Akrilat Polimeri
NIPAM	Izopropil Akril Amid
HEMA	2-Hidroksi Etil Metaakrilat
LCP	Sıvı Kristal Polimerler
SEC	Boyut Dışlama Kromatografisi
GPC	Jel Geçirgenlik Kromatografisi
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
RI	Refraktif İndeks
PDI	Polidispersite İndeks
FTIR	Fourier Transform İnfrared
POM	Polarize Optik Mikroskop
PSD	Parçacık Büyüklüğü Analizi

GİRİŞ

Termotropik malzemeler akıllı malzemeler grubuna dahil olan ve çeşitli çalışma mekanizmalarına sahip, farklı tipte malzeme sistemleri üzerinden değerlendirilen sistemlerdir. P (N-izopropil akrilamid) bu malzemelerin en bilinenidir. Bu çalışmada P(N-izopropilakrilamid) polimeri hazırlanarak ve daha önce üzerinde çalışılmamış çeşitli kopolimer versiyonları ile değerlendirilmiştir. Amacımız, P(N-izopropil akrilamid) polimerinin şeffaftan opak hale geldiği kritik altı çözünme sıcaklığının değerini, termal enerji depolama uygulamalarında kullanılabilecek daha düşük sıcaklıklara değiştirmektir. Bu amaçla (N-izopropil akrilamid), 2-hidroksietil metakrilat komonomeri ile birlikte farklı bileşim oranlarında polimere dönüştürülmüştür. Üreteceğimiz polimerler termotropik özellikleri açısından karakterize edilecek ve aynı zamanda bazı fizikokimyasal özellikleri açısından da incelenmiştir. Bu polimerlerin moleküler ağırlıkları, faz geçirgenlik kromatografisi yöntemiyle belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen kopolimerden film üretimi yapılarak hidrofilik özelliği de araştırılmıştır. Bu filmler döndürerek kaplama cihazı ile hazırlanmıştır. Termotropik özelliklere sahip malzemeler, termal enerji depolama özellikleri için hazırlanan test istasyonlarında da test edilmiştir. Bu çalışmada ilk kez Poli n-izopropil akrilamid polimerinin 2-hidroksietil-metakrilat ile kopolimeri üretilcek ve karakterize edilmiştir. Mikrokapsüllenmiş faz değişim malzemeleri (PCM'ler), faz değişim malzemelerinin tipik olarak nanometreden mikrometreye kadar değişen boyutlarda küçük kapsüller içinde kapsüllendiği malzemelerdir. Bu kapsüller genellikle polimerlerden, seramiklerden veya PCM ile stabil ve uyumlu olan diğer malzemelerden yapılır. Mikrokapsüllenmiş PCM'ler faz değişimine uğrayarak termal enerjiyi depolar ve serbest bırakır. Çevredeki sıcaklık PCM'nin erime noktasının üzerine çıktığında, ortamdan ısı emer ve katıdan sıvıya dönüşür. Tersine, sıcaklık PCM'nin donma noktasının altına düştüğünde, sıvıdan katıya dönüşürken ısıyı serbest bırakır. Mikrokapsüllenmiş faz değişim malzemeleri, PCM'lerin termal enerji depolama yeteneklerini kapsülleme teknolojisiyle birleştirerek çeşitli uygulamalarda sıcaklık düzenlemesi ve enerji yönetimi için verimli ve çok yönlü çözümler sunar. Çalışma, kullanılan kopolimer ve bu şekilde üretilen bir malzemenin binalarda enerji verimliliğinin değerlendirilmesinde uygulanması nedeniyle özgündür. (Anayurt, Alkan, & Aksoy).

LİTERATÜR ÖZETLERİ/KURAMSAL TEMELLER/GENEL BİLGİLER

- 1. Polimer:** Polimerler, monomer adı verilen çok sayıda özdeş küçük molekül arasındaki kimyasal bağlarla oluşturulan, yüksek moleküler ağırlığa sahip makromoleküllerdir. Tek bir monomerden sentezlenebildikleri gibi birçok monomerle de kullanılıp sentezlenebilirler. Farklı moleküler yapılar, farklı fiziksel ve kimyasal moleküllerde bulunabilirler. Yapısal özelliklerine göre plastikler, kauçuk, iplikler ve reçineler gruba dahil edilebilir. (Saçak, 1998).



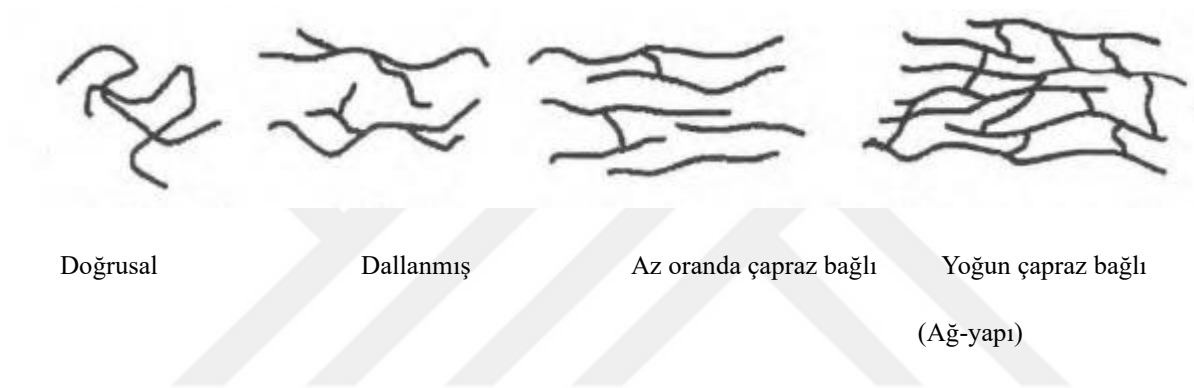
Şekil 1 Polyethylene

1.1. Polimer Biliminin Tarihçesi

Tarihsel gelişiminde polimer malzemeler her zaman metal malzemelere rakip olarak düşünülmüş ve polimer malzemelerin kullanımı giderek artmıştır. 1980 yılında dünya çapında toplam polimer malzeme üretim hacmi, metal malzeme üretim miktarını (Plastik Yılı) geçmiştir. Antik çağda kullanılan polimer malzemelerin başında doğal kauçuk, selüloz, nişasta gibi doğal polimerler aklı gelmektedir.

1.2. Moleküler Yapı ve Polimerlerin Gruplandırılması

Polimer kelimesi yüksek moleküler ağırlıklı tüm maddeleri kapsar. Polimerlerin üstün özellikleri makromoleküllerin boyutuyla büyük ölçüde artar. Örneğin bir zincirde gerekli mekaniğin belli bir boyutu vardır. Polimer zincirlerinin şekilleri polimer özelliklerini etkiler. Şekil 1.1'de polimer molekülleri doğrusal dallanmış veya çapraz bağlı yapılarda olabilir.



Şekil 1.1.

Polimerlerde genellikle molekül ağırlığının artması ile polimer yapısında griftlik (iç içe girme) ve moleküller arası çekim kuvvetleri artmaktadır. Bu durum polimerin

- Mekanik, ısı, işlenebilirlik, elektriksel, optik kimyasal özelliklerinde önemli oranda değişikliklere neden olmaktadır. (Saçak, 1998)

1.3. Polimerizasyon Yöntemleri

Polimerizasyon, monomerlerin (küçük moleküller) birleşerek bir polimer (tekrar eden birimlerden oluşan büyük bir molekül) oluşturma sürecidir. Her birinin kendine özgü mekanizmaları, uygulamaları ve üretilen polimer türleri olan çeşitli polimerizasyon yöntemleri vardır.

1.3.1. Zincir Büyütme Polimerizasyonu

Ek polimerizasyonda, monomerler büyüyen bir zincirin ucundaki aktif bölgeye her seferinde bir tane ekler. Bu yöntem üç ana adım içerir: başlatma, yayılma ve sonlandırma. Bu kategori altındaki yaygın mekanizmalar arasında serbest radikal polimerizasyonu, katyonik polimerizasyon ve anyonik polimerizasyon yer alır. (Young & Lovell, 2011).

1.3.2 Kondenzasyon (Basamaklı Büyüme) Polimerizasyonu

Basamaklı büyüme polimerizasyonu olarak da bilinen kondenzasyon polimerizasyonu, monomerlerin dimerler oluşturmak üzere reaksiyona girdiği, daha sonra oligomerler oluşturmak üzere diğer monomerler veya dimerlerle reaksiyona girdiği basamaklı şekilde devam ettiği bir polimerizasyondur. (Odian, 2004, John Wiley & Sons)

Yoğunlaşma polimerizasyonu, farklı monomer türleri arasında, tipik olarak yan ürün olarak su, amonyak veya alkol gibi küçük moleküllerin kaybıyla gerçekleşen reaksiyonu içerir. Bu süreç, polyesterler, poliamidler (naylonlar) ve poliüretanlar dahil olmak üzere çeşitli polimerler oluşturabilir.

1.3.3. İyonik Polimerizasyon

İyonik polimerizasyon, polimer zincirinin aktif merkezinin bir iyon olduğu bir zincir büyüme polimerizasyonu türüdür. Bu yöntem iki ana türe ayrılabilir: katyonik polimerizasyon ve anyonik polimerizasyon. İyonik polimerizasyon, dar moleküler ağırlık dağılımlarına sahip polimerlerin sentezlenmesine olanak sağlar ve özellikle serbest radikal koşulları altında reaktif olmayan monomerlerin polimerleştirilmesi için kullanışlıdır. (Bekdaş, 2021).

1.3.4. Katyonik Polimerizasyon

Katyonik polimerizasyon, monomer moleküllerinin pozitif yüklü bir aktif bölgeye eklenmesi yoluyla bir polimer zincirinin büyümesini içerir. Katyonik polimerizasyonda güçlü asitler, Lewis asitleri veya diğer katyon oluşturu maddeler tarafından başlatılır. (Hsieh & Quirk, 1996).

1.3.5. Anyonik Polimerizasyon

Anyonik polimerizasyon, çok dar moleküler ağırlık dağılımlarına sahip polimerler üretme yeteneğine sahiptir. Anyonik polimerizasyon, polimer zinciri üzerinde negatif yüklü bir aktif bölge tarafından yönlendirilir. (O'dian, 2004, John Wiley & Sons), (Szwarc, 1998, 36(1), IX-XV).

1.4. Polimerlerin Kristal Yapıları

Polimerlerin kristal yapıları, özellikle mekanik, termal ve kimyasal özellikleri açısından özelliklerini ve davranışlarını anlamının kritik bir yönüdür. Polimerlerin kristal yapılarının incelenmesi, mukavemetleri, dayanıklılıkları ve diğer malzemelerle nasıl etkileşime girdikleri hakkında bilgi sağlayabilir. Polimerler, moleküler zincirlerinin nasıl düzenlendiğine bağlı olarak yarı kristal veya amorf olabilirler. Bir polimerdeki kristallik derecesi, diğer özelliklerin yanı sıra şeffaflığını, yoğunluğunu ve erime noktasını etkiler.

1.4.1. Polimerik Jeller

Jel, en az iki bileşenden oluşan bir katı ve bunlardan biri (polimer), polimerin bulunduğu ortamda kovalent veya kovalent olmayan bağlanma (sırasıyla kimyasal ve fiziksel jeller) sayesinde üç boyutlu bir ağ oluşturur. Diğer bileşen (sıvı), içinde sıvının minimum miktarı elastikiyet sağlamak için yeterlidir jellinin özellikleri, ancak polimer miktarının on ila yüz katını aşabilir. Bu malzemeler katı ve sıvıların özelliklerini birleştirdikleri için benzersizdir; katılar gibi deforme olma kabiliyetine sahiptirler ancak aynı zamanda belirli koşullar altında sıvı benzeri akış sergilerler.

Polimer jeller genellikle bir polimer-çözücüyü temsil eder. Sistem (çoğu durumda ikili bir sistem, ancak sistemde birkaç çözücünün bulunması prensibi mümkündür) içinde üç boyutlu bir makromoleküllerden oluşan ağ ve bir büyük miktarda çözücü vardır. Bu tür sistemler kendi ağırlıklarının etkisi altında şekillenir. (Nijenhuis, 1997), (Papkov, 1974), (Rogovina, Z, Vasil'ev, G, & Braudo, 2008, 50(1) s. 85-92).

Özetle, polimer jeller, katı ve sıvı özelliklerinin benzersiz kombinasyonundan etkilenen geniş bir uygulama yelpazesine sahip çok yönlü malzemelerdir. Çevresel uyaranlara yanıt verme yetenekleri, akıllı malzemeler ve duyarlı sistemlerdeki potansiyel kullanım alanlarını daha da

genişletmektedir. Polimer jeller ikiye ayrılır: ısıl olarak tersinmez (kimyasal) ve ısıl olarak tersinir. (Fiziksel)

1.4.2. Kimyasal Jeller

Kimyasal jeller, büyük miktarda çözücü içinde şişen kovalent olarak çapraz bağlı ağ polimerleridir. (De Gennes, 1979), (Vasiliev, Rogovina, & Slonimsky, 1985, 26(11), s. 1667-1676).

Makromoleküllerin yüksek bir kütleye sahip olduğu durumlarda zincir sertliği ve ağın çok yoğun olması veya şişmesi çok düşük termodinamik kaliteye sahip bir çözücü içinde polimere göre kırılğan jeller oluşur. Kırılğanlık, poliizosiyanürat jellerinin karakteristik özelliğidir. (Rogovina, Vasilev, Frenkel, Pankratov, & Slonimskii, 1984). Vysokomolekulyarnye Soedineniya Seriya, 26(1), s.182-188.) PS'nin her bir fenil grubunun bulunduğu şişmiş hiper çapraz bağlı PS'nin jelleridir. Divinil benzen ile çapraz bağlanmada rol oynar (Davankov, & Tsyurupa, 1990, 13(1-2), s. 27-42). Kimyasal jellerde ağ bağlantıları oluştuğundan makromoleküller arasındaki kovalent bağlarla çapraz bağlanan polimerlerdir. (Rogovina, Vasil'ev, & Braudo, 2008, 50(1), s.85-92).

1.4.3.Fiziksel Jeller

Fiziksel jeller polimer çözeltilerinde bağlantılarla oluşur. Makromolekülleri içeren dipilik yapı iki türden oluşan gruplar, güçlü bir şekilde etkileşime girerler çözücüyle etkileşime giren gruplar bir diğer; moleküler ölçekte ağ bağlantılarını oluşturan ikinci gruplardır (Bessonov, Tager, Yushkova, Komarov, Guzeyev, & Rafikov, 1978, 20(1), s.115-123), (Rogovina, & Slonimskii, 1974, 43(6), s. 503). Çoğu sentetik ve doğal polimerdeki bağlantı noktaları oluşan makromoleküllerin bir araya gelmesiyle oluşur. Çeşitli makromoleküllerin zayıf çözünen bölümleri, bireysel makromoleküller yerine (Nijenhuis, 1997, 130(1), Ross-Murphy, 1991, s. 21-39, Boston). Fiziksel ağ bağlantılarının yapısı büyük ölçüde değişir. Örneğin, ağ bağlantıları şunlardan kaynaklanabilir. (Ross-Murphy, S. 1991, s. 21-39, Boston). Makromoleküllerdeki gruplar arasında hidrojen bağı oluşturulabilir. (Rogovina, Vasil'ev, & Braudo, 2008, 50(1), s.85-92). Fiziksel jeller her zaman ısıyla geri dönüşümlüdür.

1.4.4. Polimer Jellerin Genel Özellikleri

Bir polimerik jel, bir çözücü ile şişirilmiş çapraz bağlı bir polimer ağıdır. Jel hidrojel olarak bilinir. Polimerik jellerin kırılmasında çözücü konsantrasyonu veya deformasyon önemli seviyelere çıkarsa, o zaman jel yırtılabilir. Çapraz bağlı bir ağa sahip olan ve büyük miktarlarda absorbe edebilen çok sayıda polimerik malzeme vardır. Jeller yüzde birkaç yüz şişecek şekilde tasarlanmış olabilir ve bağlı olarak bir jelin kesin yapısı-şişme miktarı, değişen dış uyaranlarla kontrol edilebilir. Şişme Kapasitesi: Polimer jeller kuru ağırlıklarına göre önemli miktarda sıvı emebilir. Elastikiyet: Yüksek sıvı içeriğine rağmen, polimer jeller çapraz bağlı ağ yapıları nedeniyle elastik davranış sergileyebilir. Termosensitivite: Bazı polimer jeller, hacimlerini veya çözünürlüklerini değiştirerek sıcaklık değişikliklerine yanıt verebilir. Bunlar termoresponsif veya termosensitif jeller olarak bilinir. Ph Duyarlılığı: Bazı jeller pH'daki değişikliklere şişerek veya büzülerek yanıt verebilir, bu da onları ilaç dağıtım sistemleri gibi uygulamalarda kullanışlı hale getirir. Biyouyumluluk: Birçok polimer jel, özellikle de doğal polimerlere dayalı olanlar, biyouyumludur ve bu da onları biyomedikal uygulamalar için uygun hale getirir. (DeRossi, Kajiwara, Osada, & Yamauchi, 1991).

1.4.5. Polimer Jelleri Etkileyen Faktörler

Polimerik jeller, mekanik kuvvetler, sıcaklık, çözücü tipi, pH, elektrik alanı ve ayrıca ışık gibi çevresel koşullardaki değişikliklere yanıt olarak şişme ve şişme yeteneğine sahiptir bu özellikler jelleri etkileyen dış faktörlerdir.

1.4.6. Polimer Jellerin Kullanım Alanları

Benzersiz özelliklerinden dolayı polimer jeller, ilaç dağıtımına yönelik taşıyıcılar, doku mühendisliğine yönelik yapı iskeleleri, yumuşak aktüatörler, akıllı optik sistemler ve ayrıca petrol kuyularının kapatılmasına yönelik paketleyiciler gibi çok çeşitli uygulamalarda bulunur. Canlı organizmalar büyük ölçüde polimer jelden yapılmıştır. (Mao& Anand, 2018, s.30-53.)

2. Termotropik Polimerler

Termotropik malzemeler akıllı malzemeler grubunda yer alan ve çeşitli çalışma mekanizmalarına sahip farklı türden malzeme sistemleri üzerinden değerlendirilen sistemlerdir. Termotropik sistemler ışık dağılımı özelliğine sahiptir ve sıcaklık değişikliğine bağlıdır. Termotropik aşırı ısınma koruması, özellikle güneş enerjisi kurulumunda önemli bir teknolojidir. Polimerlerde termotropik davranış, optik özellikler, viskozite, çözünürlük veya mekanik özelliklerdeki değişiklikler de dahil olmak üzere çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Bu davranış, akıllı malzemeler ve sensörlerden aktüatörlere ve ilaç dağıtım sistemlerine kadar geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. (Chung, 1986, 26(13), s.901-919). Termotropik polimerler, sıcaklık değişimlerine verdikleri tepkilere göre genel olarak iki ana tipte sınıflandırılabilir:

2.1.1. Sıvı Kristal Polimerler

Bu polimerler belirli sıcaklık aralıklarında sıvı kristal fazlar sergilerler. Sıvı kristal halinde, polimer zincirleri izotropik eriyik fazından daha yüksek bir düzen derecesi sergiler, ancak katı kristal halindeki kadar düzenli değildir. Sıvı kristal polimerler, sertlik, düşük termal genleşme katsayısı ve iyi kimyasal direnç gibi mekanik ve fiziksel özellikleriyle bilinir. Otomotiv ve havacılık endüstrileri için gelişmiş kompozitler, fiberler ve parçalar dahil olmak üzere yüksek performanslı uygulamalarda kullanılırlar.

2.1.2. Termotropik Elastomerler

Sıcaklık değişikliklerine yanıt olarak sertliklerinde önemli bir değişiklik gösteren elastomerik malzemelerdir. Geçiş sıcaklıklarının altında sert plastikler gibi davranabilirken, geçiş sıcaklıklarının üzerinde esnek ve elastik hale gelirler. Bu özellik, uyarlanabilir yapılar veya sıcaklığa duyarlı contalar ve contalar gibi mekanik özelliklerini sıcaklıkla değiştirebilen malzemeler gerektiren uygulamalarda kullanılır. (Resch, & Wallner, 2009, 93(1), s.119-128), (Wallner, Resch, & Hausner, 2008, 92(6), s.614-620), (Anayurt, & Alkan, 2021). 10(1), s. 24-37). Termotropik polimerler alanındaki araştırmalar devam etmektedir, bilim insanları ve mühendisler yeni malzemeler, geçiş mekanizmaları ve uygulamalar keşfetmektedir. Yenilikler arasında geçiş

sıcaklıkları üzerinde kontrole sahip polimerlerin geliştirilmesi, iyileştirilmiş fiziksel özellikler ve gelişmiş çevresel kararlılık yer almaktadır.

2.1.3. Mikrokapsüllenmiş Faz Değişim Malzemeleri

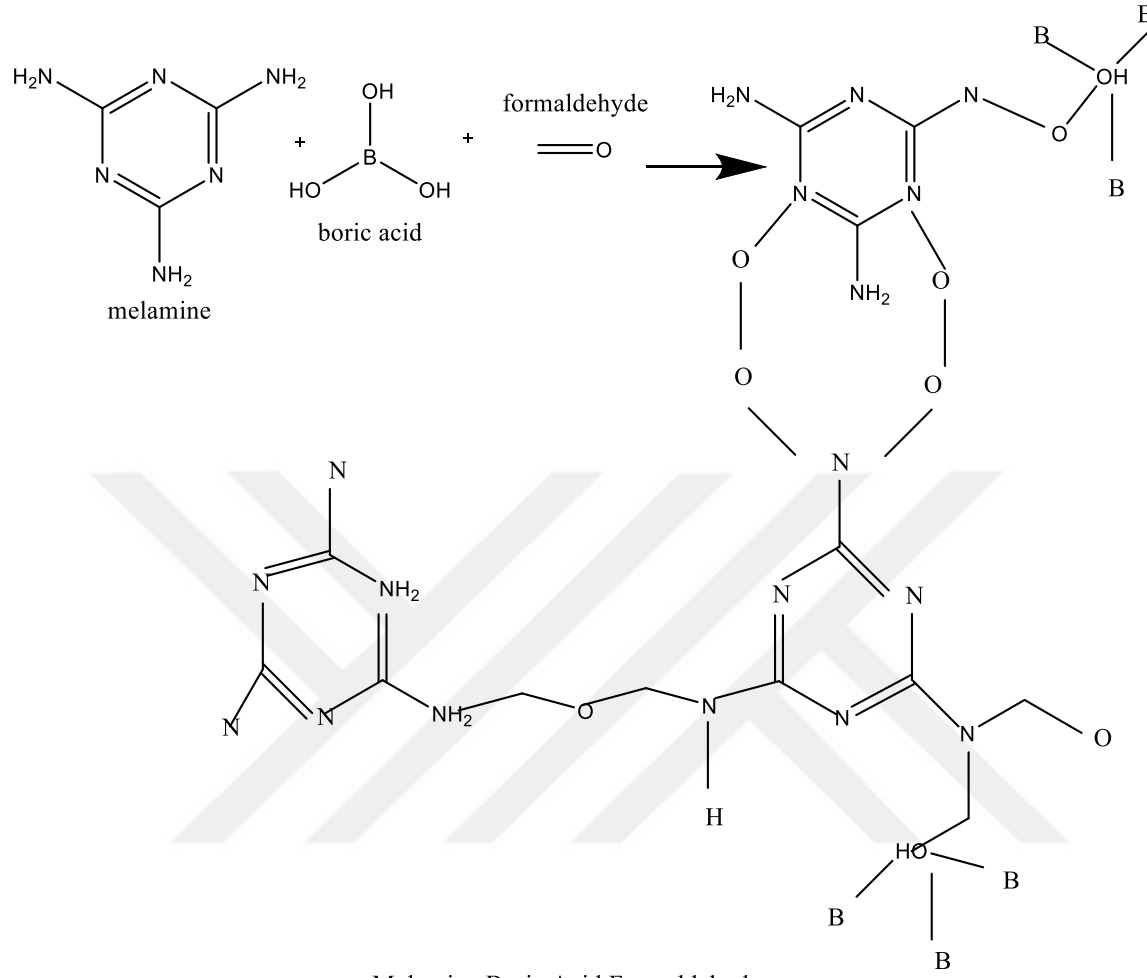
Mikrokapsüllenmiş faz değişim malzemeleri (PCM), mikroskobik kapsüller içinde faz değişimine tipik olarak katıdan sıvıya veya tam tersi uğrayarak termal enerjiyi depolamak ve serbest bırakmak için tasarlanmış malzemelerdir. Bu, yüksek füzyon ısısına sahip bir maddedir, yani faz değiştirdiğinde (örneğin katıdan sıvıya) büyük miktarda enerjiyi emebilir veya serbest bırakabilir. Mikroenkapsülasyon: PCM, tipik olarak birkaç mikrometre ile birkaç milimetre arasında değişen boyutlarda küçük kapsüller içinde kapsülendir. Bu kapsüller polimerlerden, seramiklerden veya diğer malzemelerden yapılabilir. İşlevsellik olarak ortam sıcaklığı değiştiğinde, kapsüllerin içindeki PCM fazını değiştirerek ısıyı emer veya serbest bırakır. Örneğin, ortam sıcaklığı yükseldiğinde, bu sıcaklıkta eriyen bir PCM, katıdan sıvıya dönüşürken ısıyı emer. Tersine, sıcaklık düştüğünde, PCM katılaşır ve depolanan ısıyı serbest bırakır. Mikrokapsüllenmiş PCM'ler termal enerji depolama ve yönetiminin önemli olduğu çeşitli uygulamalarda kullanılır. Bunlar şunları içerir: Yapı malzemeleri: İç mekân sıcaklıklarını düzenlemek ve ısıtma/soğutma enerji tüketimini azaltmak için. Tekstiller: Vücut ısısını emerek ve serbest bırakarak konforu artırmak için. Elektronik: Cihazlardaki ısıyı yönetmek ve dağıtmak için. Taşımacılık: Hassas malları taşıyan araçlardaki sıcaklıkları dengelemek için. Avantajlar: Yığın PCM'ye göre gelişmiş termal stabilite, kullanım kolaylığı ve özelliklerinden ödün vermeden farklı malzemelere entegrasyon gibi çeşitli avantajlar sunarlar. Özünde, mikrokapsüllenmiş PCM'ler termal enerjiyi verimli bir şekilde depolamak ve serbest bırakmak için çok yönlü bir yol sağlayarak çeşitli uygulamalarda enerji tasarrufuna ve iyileştirilmiş konfora katkıda bulunur. (Alkan, Sarı, Karaipekli, Uzun, 2009, 93, s.143–147.).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

P (NIPAM-ko-HEMA) Ve Melamin Borik Asit Mikroapsül

P(NIPAM-ko-HEMA), zincir transfer maddesi olarak AIBN kullanılarak radikal polimerizasyon yoluyla hazırlandı. NIPAM ($0,9 \times 10^{-2}$ mol), HEMA ($0,3 \times 10^{-2}$ mol) ve AIBN (0,010 g, $0,6 \text{ mol} \times 10^{-4}$ mol), 12 ml dioksan içerisinde çözüldü. Çözeltinin gazı, nitrojen ile 30 dakika boyunca köpürtülerek giderildi. Polimerizasyon 70 °C'de 48 saat süreyle gerçekleştirildi. Reaksiyondan sonra polimer su ilave edilerek çöktildi ve süzöldü. P(NIPAM-ko-HEMA) su içinde 3 kez çöktöltilerek saflaştırıldıktan sonra, dietil eter içerisinde tekrar tekrar çöktöltilerek saflaştırıldı ve bir vakumda kurutuldu. (Verim: 1.75 g, % 61).

Melamin-borik asit-formaldehit mikropartikülleri üretmek için 100 ml saf su bir behere dolduruldu, ardından 2,6 g tween80, 3,3 g melamin ve 0,28 g amonyum sülfat eklendi. Karışım 65-70 derecede 15 dakika karıştırılır. Beher içerisine 10 g FDM(Oktadekan) eklendi ve 15 dakika karıştırıldı. Bu aşamada 3,5 g borik asit ve 3,5 ml formaldehit ilave edilerek 3 saat karıştırıldı ve oda şartlarında soğumaya bırakıldı. Son aşamada filtre kağıdından geçirilerek süzöldü.



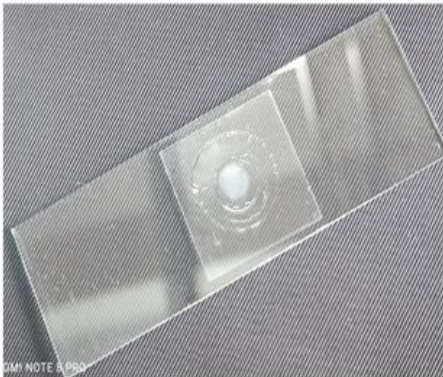
Melamine Boric Acid Formaldehyde

Şekil 1.2. Melamin-Borik Asit-Formaldehit Sentetik Şeması

Üretilen P(NIPAM-ko-HEMA)'ın Polimerizasyon Yöntemleri

	NIPAM (g)	HEMA (ml)	AIBN (g)	1,4 Dioksan (ml)	Süre
Poli-A	1.13	0.4	0.010	12	70°C 48 saat
Poli-B	1.13	0.4	0.010	12	70°C 72 saat
Poli-C	1.13	0.4	0.010	12	70°C 120 saat
Poli-D Saf Polimer	1.4 g	-	0.02	15	70°C 144 saat

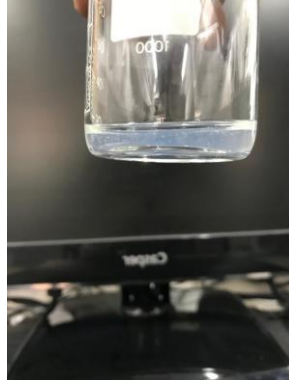
Tablo 1. P(NIPAM-ko-HEMA)'ın Polimerizasyon Yöntemleri



Şekil 1.3. P(NIPAM-ko-HEMA) Sentez Tüpleri ve Temas Açısı Ölçümleri için Dönel Kaplama Cihazıyla Oluşturulan Filmler



a) P(NIPAM-ko-HEMA)



b) Oda sıcaklığında kopolimer

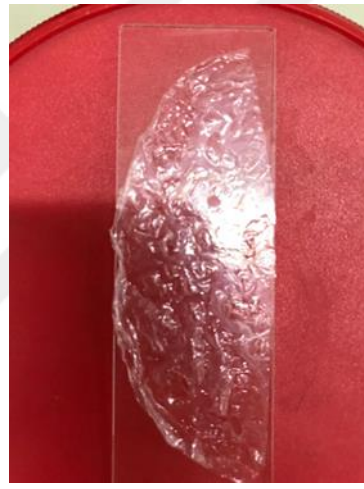


c) Kopolimerin hazırlanması



d)P(NIPAM-co-HEMA)

kuruduktan sonraki hali



e)P(NIPAM-co-HEMA)

cama uygulandıktan sonraki



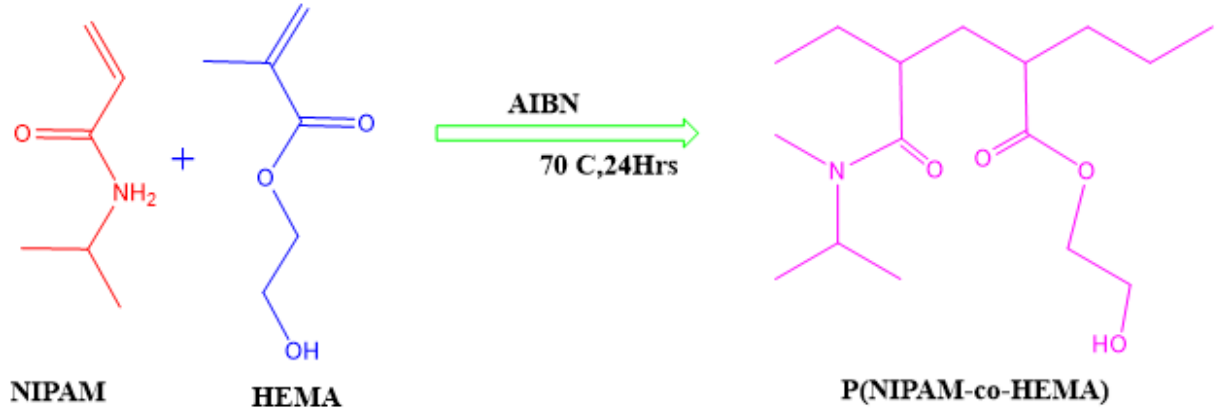
f) P(NIPAM-co-HEMA)

Kuruduktan sonraki hali

şekli

Şekil 1.4. a) P(NIPAM-ko-HEMA), b)40 derece ısıtılıp soğuduktan sonraki renk değişimi P(NIPAM-ko-HEMA), c) Kopolimerin hazırlanma süreci, d) P(NIPAM-ko-HEMA) kuruduktan sonraki hali e) P(NIPAM-ko-HEMA) cama uygulandıktan sonraki şekli, f) P(NIPAM-co-HEMA) Kuruduktan sonraki hali Deney Aşamaları

Aşağıdaki şekil sentez için kullanılan malzemelerin kimyasal kimliğini göstermektedir. NIPAM ve HEMA'nın her ikisi de suda çözünür akrilik tipi moleküllerdir. Yani birbirleriyle karışabilirler. Kopolimerlerin bunlardan toplu veya çözelti sentezi mümkün olur. Bunun nedeni, komonomer oranlarının irrasyonel olması, HEMA nedeniyle oluşan tekrar eden birimlerin, kopolimerizasyon katsayılarına bakılmaksızın NIPAM'ın omurgasında keyfi olarak dağılmasıdır.



Şekil 1.5. P(NIPAM-ko-HEMA) Diyagramı

3.1.1. Jel Geçirgenlik Kromatografisi (GPC)

Büyükölçek Ayırma Kromatografisi (SEC) olarak da bilinen Jel Geçirgenlik Kromatografisi (GPC), bir çözelti içindeki molekülleri boyutlarına göre ayırmak için kimyada yaygın olarak kullanılan analitik bir tekniktir. Bu yöntem özellikle polimerlerin moleküler ağırlık dağılımını analiz etmek için kullanışlıdır ancak proteinlere, peptitlere ve diğer makromoleküllere de uygulanabilir. GPC, güç, dayanıklılık ve çözünürlük gibi malzeme özelliklerini anlamak için çok önemli olan polimer özelliklerine ilişkin bilgiler sağlar. GPC'nin temel prensibi, moleküllerin gözenekli boncuklarla dolu bir kolondan geçerken boyutlarına göre ayrılmasıdır. Bu boncuklar farklı boyutlarda gözenekler içerir. Bir karışım kolon boyunca hareket ettikçe, daha küçük moleküller gözeneklere girer ve geçici olarak hapsolür, kolon boyunca hareket etmeleri daha uzun

sürer. Buna karşılık, daha büyük moleküller gözeneklere giremez ve bu nedenle en az dirençli yol boyunca daha hızlı hareket eder. Sonuç olarak, moleküller azalan boyut sırasına göre elüe edilir (veya kolondan çıkar).

Bir GPC Sisteminin Bileşenleri: Pompa: Çözücüyü (mobil faz) sistem boyunca sabit bir akış hızında iletir. Enjeksiyon Sistemi: Numunenin hassas bir hacmini mobil faza verir. Kolonlar: Gözenekli boncuklarla (sabit faz) paketlenmiştir. Boncukların özellikleri (örn. gözenek boyutu, malzeme) numune türüne ve analiz hedeflerine göre seçilir. Dedektör: Yaygın dedektörler arasında refraktif indeks (RI) dedektörleri, UV-v Uygulamaları: Moleküler Ağırlık Belirleme: GPC, polimerlerin moleküler ağırlığını, moleküler ağırlık dağılımını ve polidispersite indeksini (PDI) belirleyebilir. Biyolojik Moleküllerin Karakterizasyonu: Proteinleri, peptitleri ve nükleik asitleri boyutları ve agregasyon durumları açısından analiz etmek için kullanılır. Karmaşık Karışımların Analizi: GPC, doğal sakızlar, lipitler veya biyopolimerler gibi karmaşık karışımların bileşiminin anlaşılmasına yardımcı olabilir. Polimerlerin ve biyolojik makromoleküllerin fiziksel özellikleri ve işlevselliği hakkında bilgi sağlama yeteneği, onu hem araştırma hem de endüstriyel uygulamalarda vazgeçilmez kılmaktadır. (Kissin, 1995, 33(2), s.227-237).

3.1.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)

Diferansiyel Tarama Kalorimetrisi (DSC), bir numune ısıtılırken, soğutulurken veya sabit bir sıcaklıkta tutulurken numune tarafından emilen veya salınan enerji miktarını ölçmek için kimya, malzeme bilimi ve biyolojide yaygın olarak kullanılan termoanalitik bir tekniktir. Bu yöntem, faz geçişleri, erime, kristalleşme ve kimyasal reaksiyonlar gibi endotermik (ısı emilimi) ve ekzotermik (ısı salınımı) süreçleri içeren fiziksel ve kimyasal değişiklikler hakkında değerli bilgiler sağlar. DSC, malzemelerin termal özelliklerinin karakterize edilmesinde, saflıklarının değerlendirilmesinde, termal kararlılıklarının incelenmesinde ve termal stres altındaki bileşimlerinin ve davranışlarının anlaşılmasında etkilidir. (Ferreira, Lima, & Zanotto, 2010, 93(11), s. 3757-3763).

3.1.3. Fourier Transform İnfrared (FTIR) Spektroskopisi

FTIR Spektroskopisi, bir katı, sıvı veya gazın kızılötesi absorpsiyon veya emisyon spektrumunu elde etmek için kullanılan güçlü bir analitik tekniktir. Moleküler parmak izlerini karakterize ederek organik, polimerik ve bazı durumlarda inorganik malzemeleri tanımlamak için çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kızılötesi spektroskopisi moleküler titreşimleri inceler. Fonksiyonel gruplar karakteristik molekül titreşimleri ile ilişkilendirilebilir. Kızılötesi soğurma bantları fonksiyonel grupların zihinsel titreşimleri (Colthup, Daly, Wiberly 1975). Doğrusal olmayan bir mol-N atomlu bir cisimde 3N-6 titreşim hareketi vardır normal bir titreşim modu kızılötesidir varsa aktiftir yani gelen kızılötesi ışığı emer. Bu seçiciliğin olmaması, bir numunedeki tüm kimyasal grupların özellikleri ve özellikle amino asitler ve su molekülleri diğer spektroskopik tekniklerle gözlemlenemez. Spesifik izotop etiketi-(13 C, 15 N, 18 O, 2 H) da çok güçlü bir yaklaşımdır. Kızılötesi spektrum bir kompleksteki belirli bir grubun sıklığını belirler. Özet olarak, ilgili atomların türüne ve kimyasal bağına göre belirli bir titreşim frekansının kimyasal grubunun belirli bölgelerde bulunması beklenmektedir. (Berthomieu, & Hienerwadel, 2009, s. 157-170).

3.1.4. Temas Açısı Cihazı

Bir temas açısı cihazı, bir sıvı / buhar arayüzünün katı bir yüzeye ulaştığı açıdır. Temas açısı, sıvı tarafından katı bir maddenin ıslatılmasının ölçüsüdür, bu da sıvıyı, katı ve buhar/gaz fazları arasındaki arayüzey gerilimini yansıtır. Bir temas açısı aygıtının bileşenleri: Örnek Aşaması: Katı substratın yer aldığı bir platform. Dağıtım Sistemi: Katı yüzeye bir damla sıvı yerleştirmek için kullanılır. Aydınlatma ve Arka Plan: Damlanın açıkça görülebilir ve ölçüm için iyi kontrasta sahip olmasını sağlar. Kamera veya Optik Sistem: Katı yüzeydeki sıvı damlasının görüntüsünü yakalar. Yazılım: Kaydedilen görüntüyü, sıvı ve katı yüzey arasındaki temas noktasında oluşmuş açıyı doğru şekilde belirlemek için analiz eder. Prensip: Cihaz, katı bir yüzeye küçük bir sıvı damlası uygulayarak ve daha sonra damla yüzeyin etkileşimini gözlemleyerek çalışır. Damlanın şeklini analiz ederek sıvının ve katıların karşılaştığı açıyı elde ederek, sıvı yüzeyi ne kadar iyi ıslattığını tahmin edebiliriz. Yüksek bir temas açısı (90 derecenin üzerinde) sıvının yüzeyi iyi ıslatmadığını gösterir (hidrofobik yüzeydir), düşük bir kontak açısı (90 dereceden az) ise iyi ıslatma özelliklerini

gösterir. (Hidrofilik yüzeydir). Uygulamalar: Çeşitli alanlarda yüzey özelliklerini anlamak ve değiştirmek için temas açısı ölçümleri çok önemlidir: Malzeme Bilimi: Yüzeylerin hidrofobi veya hidrofilliğini değiştiren yüzey tedavilerini değerlendirmek. Kaplama Geliştirme: Su geçirmez kaplamalar veya çürümez yüzeyler gibi yüzeylerin sıvılarla etkileşimini değiştiren kaplamaların test edilmesi ve geliştirilmesi. Eczane: İlaçların çeşitli maddelerle nasıl etkileşime girdiğini incelemek ve kontrol edilen ilaç serbest bırakma sistemlerini tasarlamak. Biyomedikal Mühendislik: Yüzey özellikleri biyolojik ortamlarla etkileşimini etkileyen tıbbi implantlar ve cihazlar geliştirmek. Tekstil Endüstrisi: Suyu dayanıklı veya su çekici kumaşlar yaratmak. Araştırma ve Geliştirme: Yeni malzemelerin ve yüzeylerin nemlendirme özelliklerine ilişkin temel araştırmalar. Özetle, bir temas açısı aygıtı hem endüstriyel uygulamalar hem de bilimsel araştırmalarda önemli bir araçtır ve materyallerin sıvılarla nasıl etkileşime girdiğini analiz etmeyi sağlar. (Zhao, & Jiang, 2018, 161, s.324-330).

3.1.5. Dönel Kaplama Cihazı

Döndürerek kaplama, ince tekdüze filmlerin düz altlıklara uygulanması için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Yarı iletken endüstrisinde ve disklerin ve kompakt disklerin üretiminde katmanlar oluşturmak için kullanılır. Bir spin kaplama cihazının bileşenleri: Eğirici veya Ayna: Bu, altyapıyı (silikon gofret gibi) güvenli bir şekilde yerinde tutan cihazın parçasıdır. Eğirici, kaplama malzemesinin eşit dağılımı için çok önemli olan yüksek hızlarda dönebilir. Dağıtım Sistemi: Bu sistem sıvı çözeltinin (örneğin fotorezist) altyapının merkezine düşmesinden sorumludur. Çözüm miktarı ve dağıtım hızı kesin olarak kontrol edilebilir. Motor: Eğiriciyi güçlendirir, tipik olarak dakikada birkaç yüz ila birkaç bin dönüş hızlarda dönmesine izin verir. Gelişmiş sistemler farklı dönme hızları ve hızlandırma profilleri programlayabilir. Muhafaza veya Hazne: Temelini içeren ve döndürme işlemi sırasında atılan fazla malzemeyi yakalayan bir güvenlik özelliğidir. Ayrıca kirliliği ve potansiyel olarak tehlikeli kimyasal maddelere maruz kalmayı da en aza indirmektedir. Kontrol arayüzü: Kullanıcının dönme hızı, hız ve dönme süresi gibi parametreleri ayarlamasına izin verir. Daha sofistike cihazlar programlanabilir dizileri ve otomatik işlem kontrollerini sunabilir. Vakum Sistemi: Kaplama sürecinde altyapıyı döngü üzerinde güvenli bir şekilde tutmak için kullanılır. Çalışma prensibi: Spin kaplama süreci birkaç aşamaya ayrılabilir: Biriktirme: Küçük

miktarda sıvı malzeme altyapının merkezinde biriktirilir. Döndürme: Substratı istenen hızla hızlandırılır. Bu aşamada, sıvı merkezkaç kuvvetleri nedeniyle sıvı dışarıya yayılır. Tam hızda, aşırı sıvı altyapının kenarlarını çevirir ve sadece ince bir malzeme filmini geride bırakır. Bu filmin kalınlığı dönme hızı, çözünürlük viskozitesi ve dönme süresi tarafından etkilenir. Buharlaşma: Sıvı filmdeki çözücü buharlaşmaya başlar, bu da filmin akışkanlığını azaltır ve katılaşmasına yol açar. Spin coating cihazı polimeri düz bir zemin haline getirmek için kullanılmıştır. (Tyona, 2013, 2(4), s.195).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.1. GPC Araştırmaları

Üretilen kopolimerler Jel Geçirgenlik Kromatografisi Viscotek kırılma indeksi ve küçük açılı ışık saçılım dedektörü ile donatılmış Malvern Instruments GPC Sistemi ile analiz edilmiş ve ağırlık ortalama molekül ağırlıkları sırasıyla 65000, 58000 ve 54000 g.mol⁻¹ olarak bulunmuştur. Kopolimerlerin heterojenlik faktörleri sırasıyla 1.30, 1.41 ve 1.44 olarak bulunmuştur. Bu GPC sonuçları, sentezlenen kopolimerlerin moleküler özellikleri hakkında, yapı-özellik ilişkilerini anlamak için çok önemli olan değerli bilgiler sağlar.

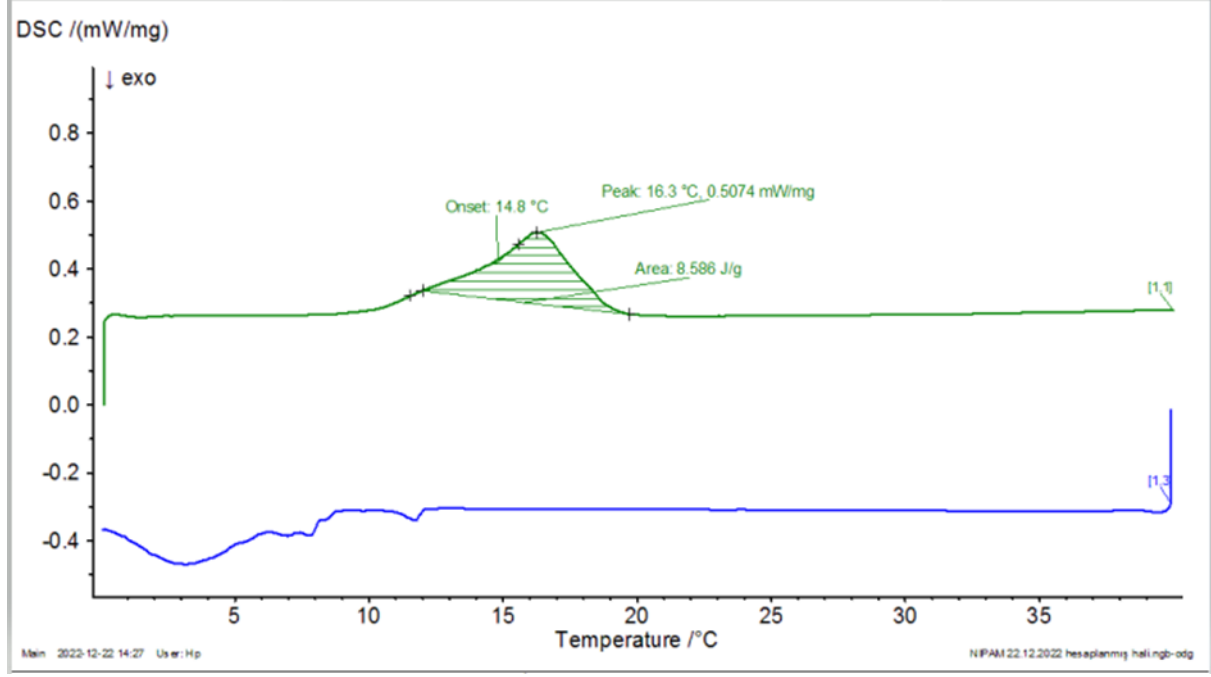
4.1.2. DSC Analizi

Termotropik jellerin DSC analizi, sistemde bir miktar su varlığında gerçekleştirilir. Çünkü hacimli polimerler su olmadan geçiş göstermezler. Alt kritik çözelti sıcaklığı (AKÇS) sağlandığında faz geçişi meydana gelir. Bu nedenle DSC eğrilerinin tepe alanı pek anlamlı değildir. Termotropik çözeltiler çalıştırıldığında ortamı gölgelemek için kullanılırlar ve gölgeleme etkisi faz geçişinden çok daha fazladır. Bu çalışmada üretilen eser miktardaki su faz geçiş piklerine sahiptir. Isıtma sırasında başlayan başlangıç sıcaklığı 13-14 °C, soğutma sırasında ortaya çıkan diğerinin başlangıç geçiş sıcaklığı ise 12 °C'dir. Isıtma ve soğutma sırasında ölçülen entalpiler, faz değiştiren

malzemelerin entalpileriyle karşılaştırıldığında düşüktür; bunlar gösterge niteliğinde değildir çünkü işlevsellik bu tersinir entalpiden kaynaklanmamaktadır.

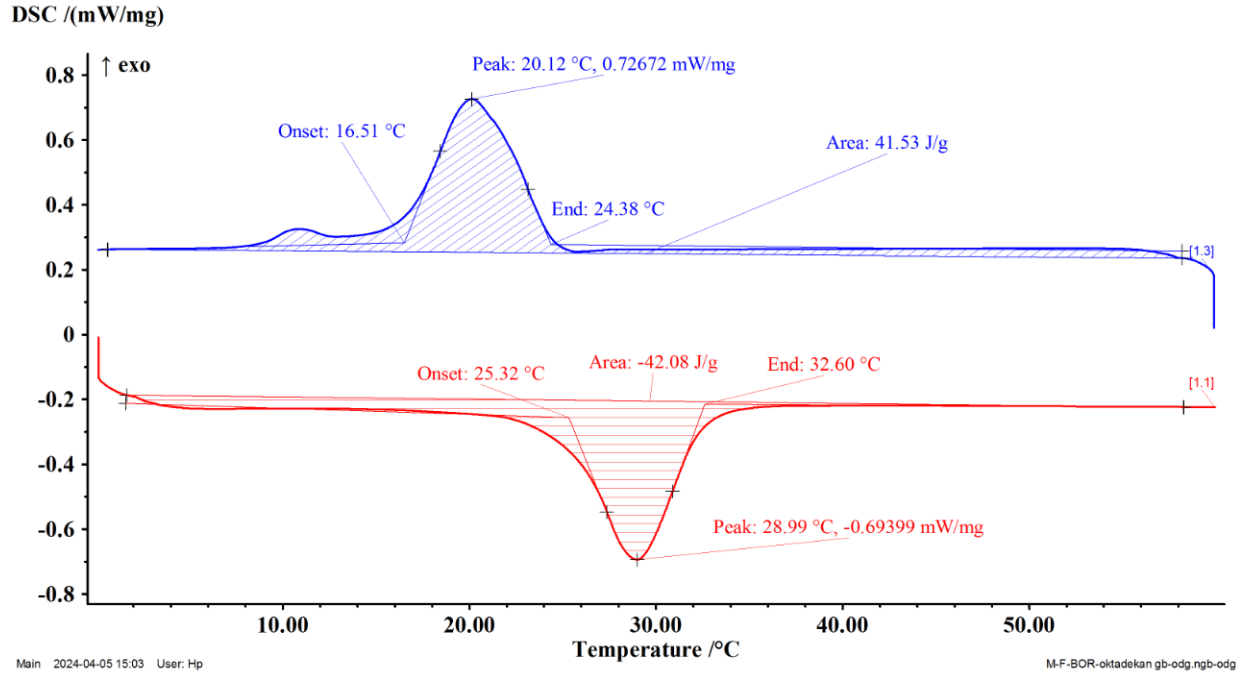
P(NIPAM-ko-HEMA)

Şekil 1.6' da NIPAM-ko-HEMA'nın DSC analizi gösterilmektedir.



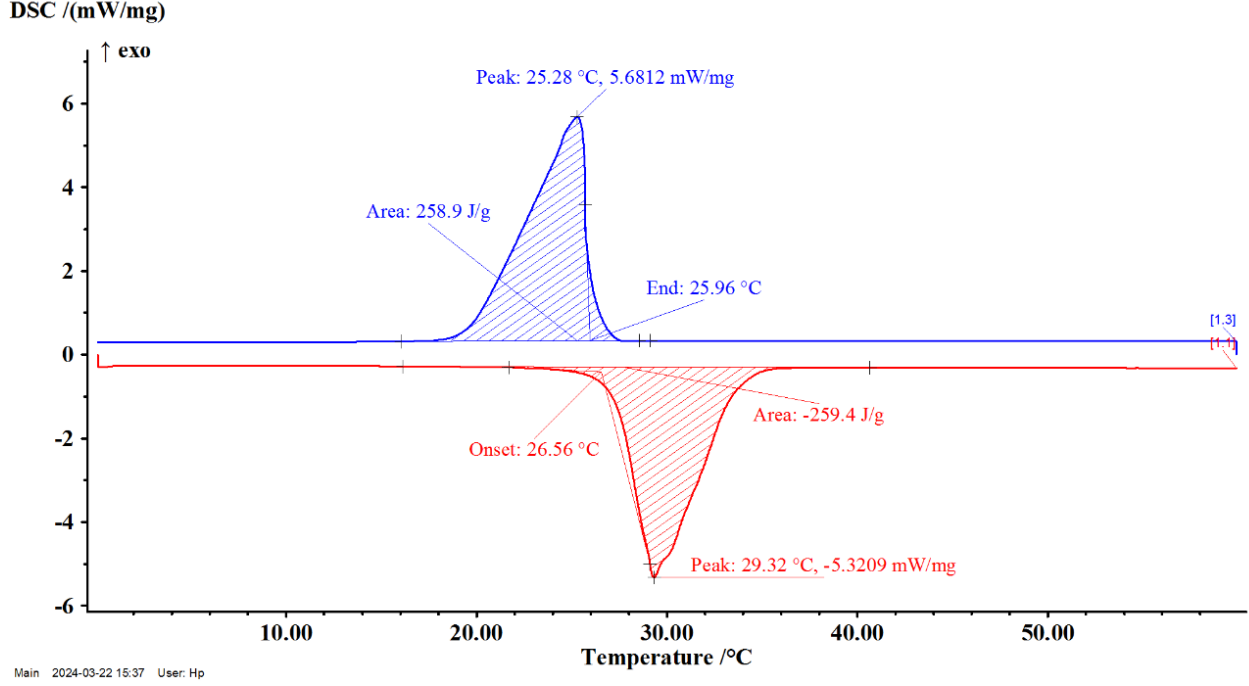
Şekil 1.6. P(NIPAM-ko-HEMA) Kopolimerinin DSC Termogram

Şekil 1.7. de Melamin Borik Asit Formaldehit n- Oktadekan Mikrokapsülünün DSC analizi gösterilmektedir.



Şekil 1.7. N-Oktadekan@Melamin-Bor Formaldehit Mikrokapsülü DSC Analizi

Şekil 1.7.1. de n- Oktadekan Mikrokapsülünün DSC analizi gösterilmektedir.

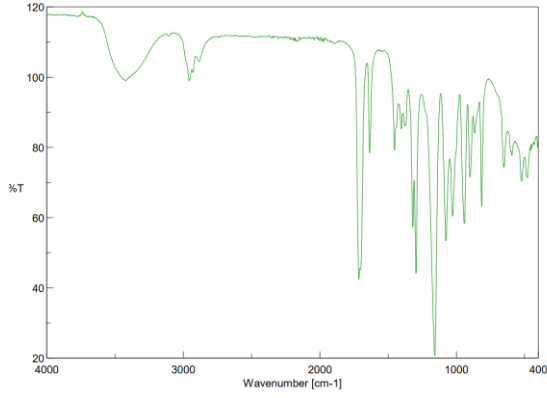


Şekil 1.7.1. n- Oktadekan DSC Analizi

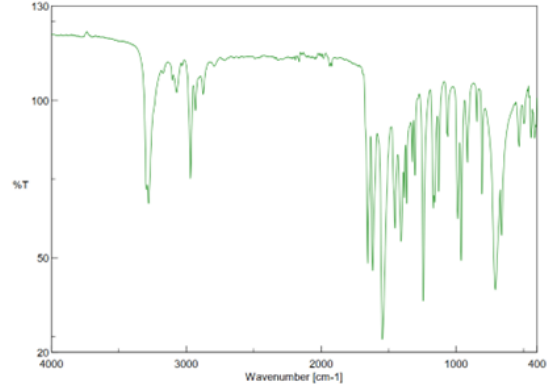
FDM'lerin DSC analizi karakterizasyon için hayati önem taşımaktadır. DSC, mikropartiküllerin termofiziksel özelliklerini gösterebilir ve malzemenin veya işlemin verimliliğini yorumlamak için daha fazla analiz üretmek için kullanılabilir. n-oktadekan ve n-oktadekan@melamin-borik asit-formaldehit mikropartiküllerinin ısıtma ve soğutma için DSC eğrileri yukarıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 1.7. ve Şekil 1.7.1.) Eğrilerden de görülebileceği gibi, sıcaklık aralığı (0-60 °C) hem ısıtma hem de soğutmada faz geçiş eğrilerini ortaya çıkarmıştır. Erime ve kristalleşme entalpisi sırasıyla 41.5, -42.1 J/g'dır N-oktadekanın erime ve kristalleşme entalpisi 258.9 ve -259.4 J/g olarak ölçülmüştür.

4.1.3. FT-IR Spektroskopisi Analizi

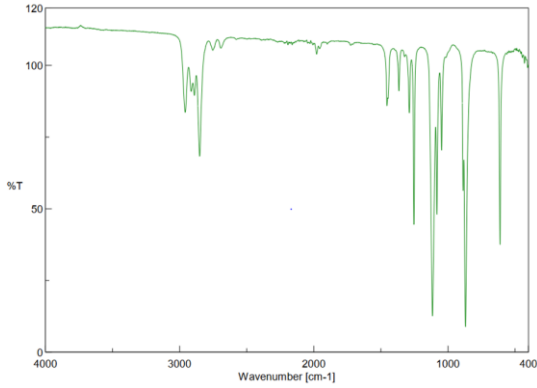
FT-IR spektroskopisi polimerin karakterizasyonlarında yaygın olarak kullanılır çünkü daha. FT-IR spektroskopisi, çift bağ tepe noktalarının kaybolmasına ve diğer fonksiyonel grupların kalıcılığına odaklanarak kopolimerlerin yapısal özelliklerini karakterize etmek için kullanıldı. FT-IR spektroskopisi, çözünmezliğe neden olan çapraz bağlı veya yüksek kristalli kabuk malzemeleri nedeniyle genellikle mikrokapsüllenmiş PCM'lerin yapısal tayini için tek seçenektir. Kaotik yapı aynı zamanda katı hal NMR spektroskopisinin yorumlanmasını zorlaştıran bir nedendir. FT-IR spektroskopisi, biraz farklı yerleşimde olsalar ve omuz benzeri, ikililer, üçlüler vb. şeklinde görünseler bile her grubun pik noktalarını gösterir Aşağıda HEMA, n-izopropil akril amid, 1,4 dioksan, P(NIPAM-ko-HEMA) ve Melamin Borik Asit@N-Oktadekan Formaldehit Mikrokapsül F-TIR spektrası vardır.



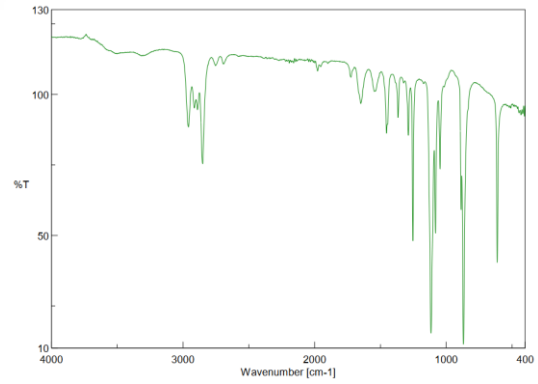
Şekil 1.8. HEMA Komonomerinin FTIR Spektrumu



Şekil 1.9. n-İzopropil Akril Amid Monomerinin FTIR Spektrumu



Şekil 2. 1,4 Dioksan Çözüsünün FTIR Spekturumu



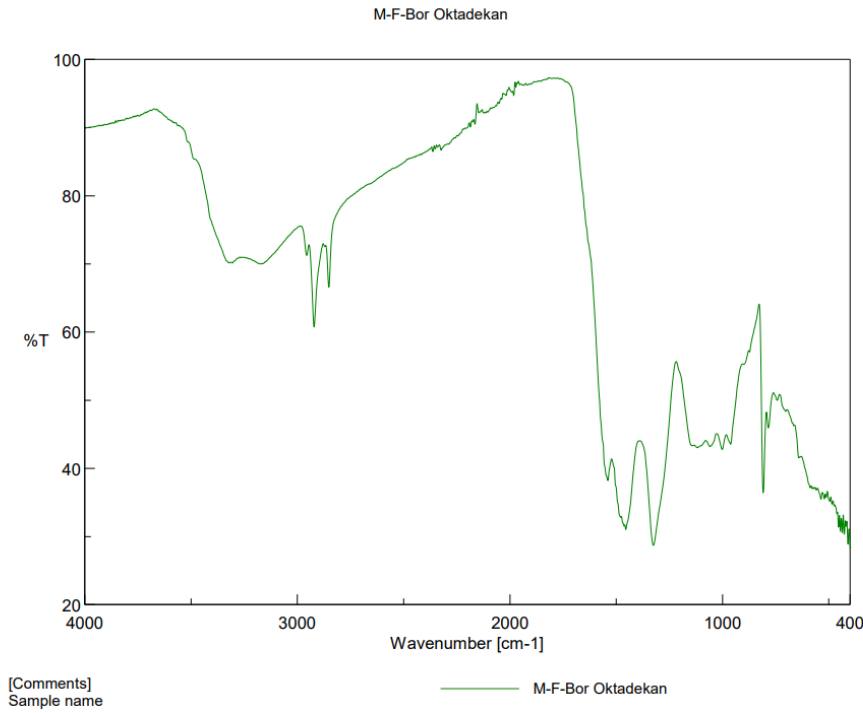
Şekil 2.1. P(NIPAM-ko-HEMA Kopolimerinin FTIR Spektrumu

Burada FT-IR spektroskopisi özel grupları hedef alıyor ve hidrojen bağı etkileşimleri dışında komşu gruplardan pek etkilanmiyorlar. Monomer, çözücü ve polimer spektrumları hep birlikte Şekil 2.1'de verilmiştir. Bu spektrumlarda genel olarak incelenen, üretilen polimerde 1610 cm^{-1} civarında çift bağı piklerinin kaybolmasıdır. NIPAM ve HEMA monomerleri için çift bağı tepe noktaları farklı durumlara yerleştirilir, ancak her ikisi de polimerin spektrumunda kaybolur. NIPAM ayrıca polimerin spektrumunda varlığını sürdüren çift bağı zirvesine çok yakın NH

zirvesine sahiptir. Dinlenme halindeyken monomerlerin spektrumunda bulunan diğer piklerin, üretilen polimerdeki varlığı araştırılır. Polimerin çift bağ pikleri dışında monomerlerin tüm sinyallerini içerdiği spektrumlarda açıkça görülmektedir. Çözücü spektrumu sadece polimer spektrumunu bazı ekstra tepe noktalarıyla kesip kesmediğini göstermek içindir. Parmak izi bölgesinde yalnızca polimerin ve çözücünün spektrumlarında yalnızca 1 tepe mevcuttur.

F-TIR spektrumları, üretilen kopolimerlerin çift bağ pikleri hariç NIPAM ve HEMA monomerlerinden gelen tüm sinyalleri içerdiğini gösterdi. Çözücü spektrumu, polimer spektrumuna müdahale etmediğinden emin olmak için analiz edildi ve hem polimer hem de solvent spektrumunda yalnızca bir tepe mevcuttur.

Şekil 2.2, n-oktadekan@melamin-borik asit-formaldehit mikropartikülleri ve n-oktadekan için FT-IR spektrumlarını tüm karakteristik piklerin incelenmesi için birlikte göstermektedir.



Şekil 2.2. n-oktadekan@melamin-borik asit-formaldehit mikropartiküllerinin FT-IR spektrumları

N-oktadekanın karakteristik zirveleri genel olarak $2800-3000\text{ cm}^{-1}$ civarında ortaya çıkan CH_2 ve CH_3 alifatik zincir tepkileridir. 3000 cm^{-1} 'in sol tarafındaki çift OH piki oluşumu formaldehit ve

borik asitten oluşan iki farklı OH grubu kaynağından kaynaklanmaktadır. İki tepe aynı zamanda benzer yerler sunan NH₂ gruplarıyla da örtüşmektedir.

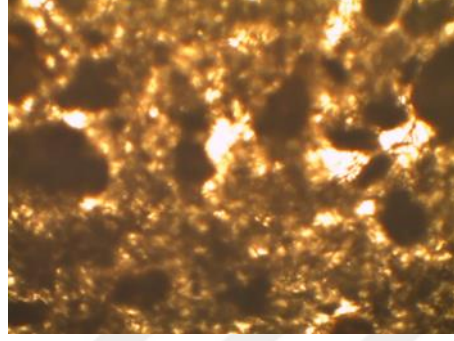
4.1.4.POM Analizi

Hidrojeller, P(NIPAM-ko-HEMA) kopolimeri için Şekil 2.3'te gösterildiği gibi küresel morfolojiye (düzene) sahiptir. POM görüntüsü AKÇS sıcaklığının altında çözelti halinde olduğu (amorf) ve bildirilecek herhangi bir morfolojisi olmadığı için POM görüntüsü polimerin AKÇS'sinin üzerinde alınmıştır. POM analizi, P(NIPAM-ko-HEMA) kopolimerinin, AKÇS 'sinin üzerinde gözlemlendiğinde küresel bir morfoloji sergilemiştir. Kopolimerin morfolojisi, sıcaklığa tepki olarak tersinir bir değişime uğrayarak şeffaf bir çözültiden AKÇS 'nin üzerinde opak bir duruma geçiş yapmıştır.



Şekil 2.3. P(NIPAM-ko-HEMA) Kopolimerinin AKÇS Üzerinde Alınan POM Fotoğrafı

Şekil 2.4 N-oktadekan@melamin-borik asit-formaldehit mikropartiküllerinin yaklaşık 100x büyütülmüş POM görüntüsünü göstermektedir. Optimum görünüm ile elde edilen grafikler tanecikli yapıyı topaklanmış olarak göstermiştir.

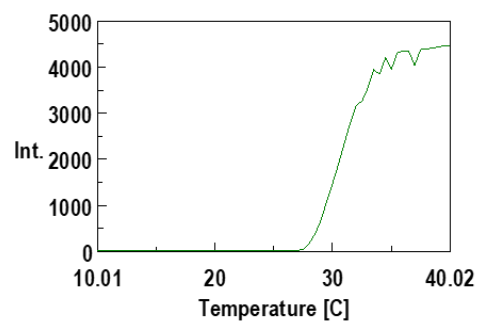
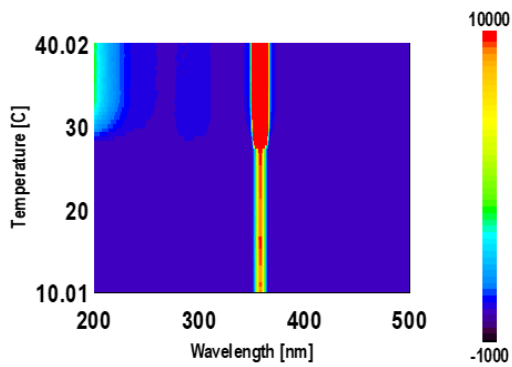


Şekil 2.4. N-Oktadekan@M-F-Borik Asit

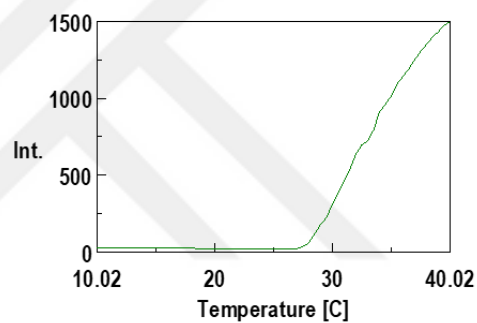
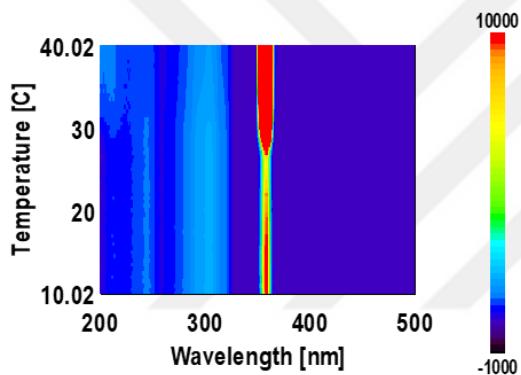
POM şekli, parçacıkların tanecik bazlı ve küçük formda elin gözeneklerinde kaybolan organik yapısını kanıtlamıştır. POM ayrıca tek dağılımlı, kristal olmayan ve iyi aydınlatılmış bir morfoloji göstermiştir.

4.1.5. P (NIPAM-ko-HEMA) Kopolimerlerinin Turbidite Analizi

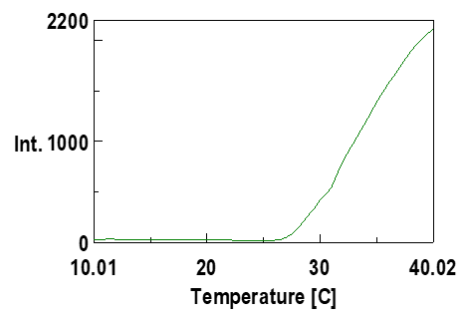
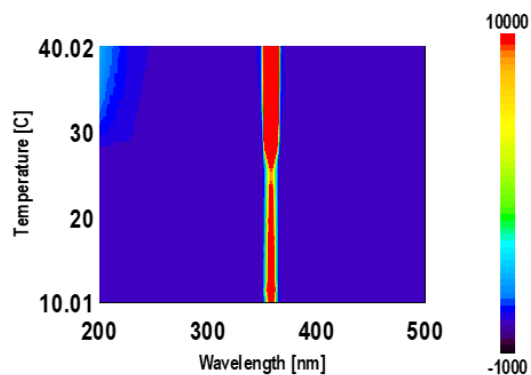
Turbidite, sıcaklıklara göre morfoloji değişimini gösteren fiziksel bir testtir. Görsel testler her zaman hataya açıktır ancak böyle bir analizde morfoloji değişikliğine ilişkin kesin rakamlar vermek mümkündür. Şekillerden görülebileceği gibi morfoloji değişimi (AKÇS), hidrofilik bir komonomer kullanılarak daha düşük sıcaklıklara ayarlanabilmektedir. Tarifteki komonomer miktarı, AKÇS sıcaklığını belirler.



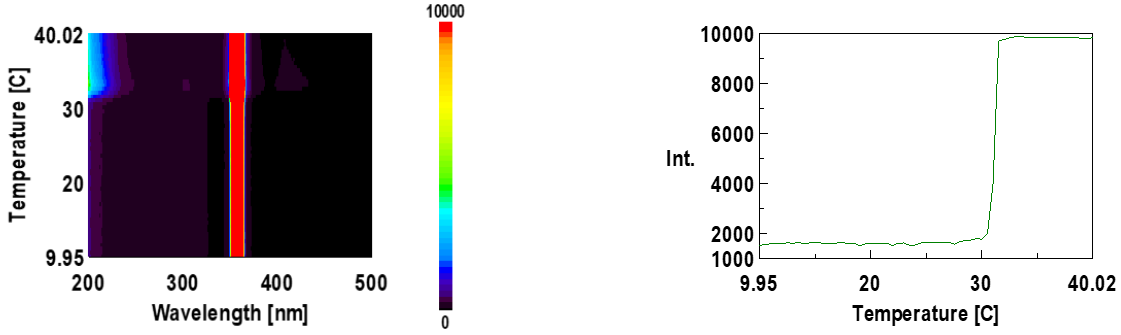
Poli (A)



Poli (B)



Poli (C)

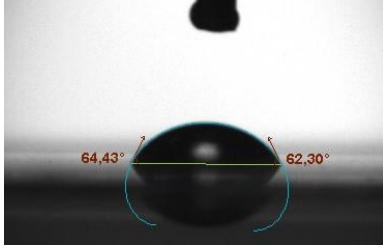


Poli (D) (Saf Polimer)

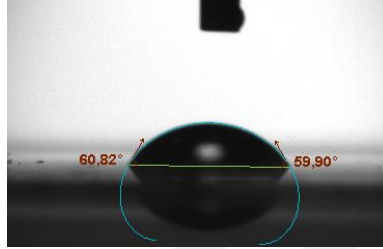
Şekil 2.5. Poli(A), Poli(B) , Poli(C) ve Poli (D) (Saf Polimer) Turbidite Analizi

Şekil 2.5'te farklı sürelerde gerçekleştirilen kopolimer sentezi sonucunda alınan turbidite analizleri yer almaktadır. Çalışmanın amacı süre ile artan miktarda elde edilen daha çok polimer ile turbidite özelliğinin daha iyi ortaya konulmasıdır. P(NIPAM-ko-HEMA) kopolimerlerinin bulanıklık analizi, sonucunda AKÇS'nin miktarına bağlı belirgin bir değişkenlik gözlemlenmemiştir. Bunun nedeni istenen özelliğin kısa sürede elde edilen kopolimer ile hemen elde edilmiş olmasıdır. Yani turbidite özelliği üretilen polimerlerde daha az miktardaki çözünen polimer ile de elde edilebilmiştir. Turbidite grafiklerine göre, hidrofilik HEMA komonomerinin kopolimer sistemine dahil edilmesi ile AKÇS sıcaklığının daha düşük değerlere ayarlanabileceğini ortaya koymasıdır. Yapılan çalışmadan elde edilen 2.çıkarm ise sonuçların tekrarlanabileceğidir. Yani üretilen polimerin üretimi kaç defa farklı şekillerde tekrarlanırsa tekrarlansın her birinde istenen özellik elde edilebilmiştir. Poli(n-izopropilakrilamit) polimerinin literatürde yer alan sulu çözeltilerinde AKÇS yaklaşık olarak 32,0 °C civarındayken ilk defa üretilen P(NIPAM-ko-HEMA) kopolimerinde turbidite 27,5 °C civarında gerçekleşmiştir.

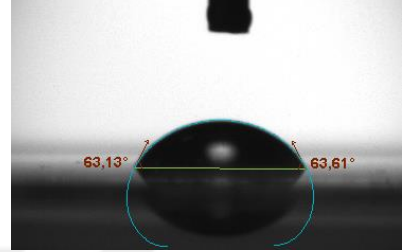
4.1.6. Temas Açısı Analizi



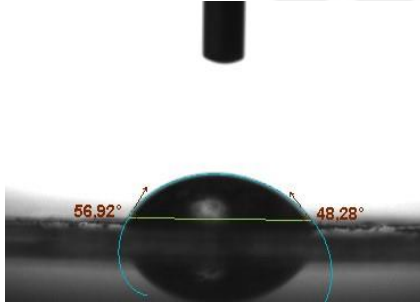
Poli(A)



Poli(B)



Poli(C)



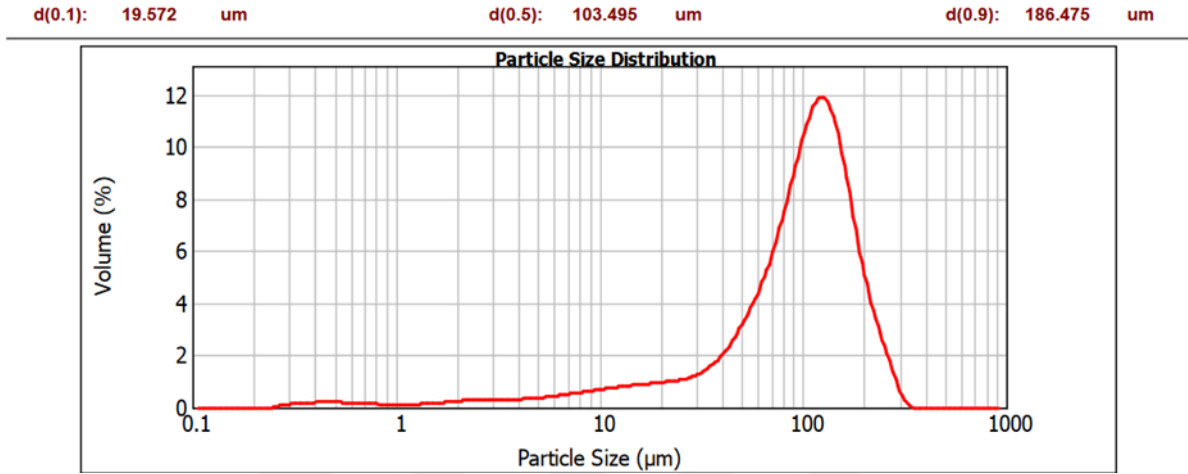
Poli (D) Saf Polimer



Şekil 2.6. Dönel Kaplama Cihazı ile Üretilen Filmlerin Üzerinde Temas Açısı Analizi: Sırasıyla Poli(A), Poli(B), Poli(C) ve Poli(D) üzerinde temas açısı görüntüleri ve film görüntüsü

Yukarıda görüldüğü üzere poli(A), poli(B) , poli(C) ve poli(D)'in temas açıları 90 dereceden küçük olduğunda dolayı polimerler suyu seven hidrofilik yapıda olduğu gözlenmiştir. Sağ ve sol açılarının farkı 0.4'den küçük olacak şekilde elde edilen ölçümler yapılan ölçümlerin stabilite sonunda ve kaydadeğer şekilde yapıldığını ispatlamıştır.

4.1.7. PSD ANALİZİ



Şekil 2.7. N-Oktadekan @Melamin-Bor Formaldehit Mikro kapsülün PSD Analizi

	M-F-Bor Oktadekan Mikro kapsül
d (0.1)	19.572 um
d (0.5)	103.495 um
d (0.9)	186.475 um
Yüzeye göre hesaplanan ortalama parçacık çapı	17.736 um
Üretilen Parçacıkların Yüzey Alanı	0.338 m ² /g
Hacme göre hesaplanan ortalama parçacık çapı	105.767 um

Tablo 2. Melamin Borik Asit Fomaldehit Oktadekan PSD Analizi

Üretilen PCM'lerin PSD analizi, parçacıkların nihai çaplarının sırasıyla %10, %50 ve %90'ının 19.572 um, 103.495 um ve 186.475 um ortalama parçacık çapında olduğunu ortaya çıkardı. Yüzey ağırlıklı ve hacim ağırlıklı ortalamalar sırasıyla 17,736 um ve 105,767 şeklinde gerçekleşmiştir. Şekil 2.7, üretilen mikrokapsüllenmiş PCM'lerin PSD analizini göstermektedir. Y eksenleri yüzde hacim kesri olduğundan x eksenleri logaritmiktir. Parçacık boyutu grafiğinden görülebileceği gibi, elde edilen parçacıklar tek dağılımlıdır. Parçacıkların tek dağılımlı olması deneysel çalışmaların yeterli özenle yapıldığı anlamına gelir.

Şekil 2.7, parçacıkların çoğunlukla 30 ila 300 mikron arasında olduğunu göstermektedir. Nano boyuttaki parçacıklar özellikle metal benzeri yüksek yoğunluklu türler olmadığı takdirde insan sağlığı açısından tehlikeli olabiliyor. Bazı görüşlere göre türü ne olursa olsun tehlike vardır. Ancak bulunan değerler tekstil ve inşaat uygulamalarında üretilen parçacıklar için idealdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

PNIPAM, binaların cephesini termal yönetim için ayarlamak amacıyla morfolojiyi şeffaftan opak hale getiren bir AKÇS'na sahiptir. Komonomerlerin bu sıcaklığı etkileyebildiği iyi bilinmektedir: hidrofobik olan arttıkça hidrofilik olan azalır. HEMA ilk kez bu amaç için doğrulandı ve AKÇS, kullanılan komonomer miktarlarına göre düşük sıcaklıklara ayarlandı. Sentez ve moleküler ağırlık karakterizasyonlarına ek olarak, çözümlerin işlevselliği hem görsel hem de bulanıklık analizi ile araçal olarak sunulmuştur.

N-oktadekan@Melamin-Borik Asit-Formaldehit Mikrokapsül için yapılan bu çalışmada borik asit-formaldehit kabuklu mikrokapsül faz değişim malzemesinin sentezlenmesindeki temel amaç, yangın geciktirici özelliklere sahip, daha ucuz, mekanik ve termal olarak dayanıklı bir malzeme üretmektir. Bu nedenle ilk olarak bir borik asit formaldehit ön polimeri sentezlenmiş ve daha sonra faz değişim malzemesi (bu çalışmada n-oktadekan) ile bir süspansiyon ortamında birleştirilerek bir kürleme ajanı ile mikrokapsüllenmiş malzemelere dönüştürülmüştür. N-oktadekan@melamin-borik asit-formaldehit kabuklu mikrokapsüllenmiş faz değişim malzemesi ilk kez bu çalışmada üretildi ve kabuk yapısı mekanik kısıtlama, dikkate değer termal özellikler ve alev geciktiricilik açısından kanıtlandı FT-IR Spektroskopisi, DSC, Polarize Optik Mikroskopi, Parçacık Boyutu

Analizörü ve Termogravimetrik Analiz cihazları mikrokapsüllenmiş faz değişim malzemelerinin termal enerji ve performans özellikleri için çalıştırılmıştır. Mikropartiküllerin uygun partikül boyutu morfolojisine (unimodal ve %90'da 100 um'den az), bileşim oranıyla uyumlu enerji depolama yoğunluğuna, alev geciktiriciliğe (kabuk için 27 LOI) ve kayda değer termal dayanıklılık kapasitesine (oldukça yüksek kabuk bozunma sıcaklığı) sahip olduğu görülmüştür.

Mikrokapsüllenmiş PCM'lerin karakterizasyonu ilk olarak laboratuvarında basit gözlemsel ve fiziksel testlerle gerçekleştirildi. Mikrokapsüllenmiş PCM, moleküler katılarda olduğu gibi ele alındığında dağılan ve sıkıştığında kırılabilen bir yapıdır. Genellikle gözenekli yapı içerisinde kaybolurlar. FT-IR spektroskopisi çekirdek ve kabuk yapısının aydınlatılması için önemlidir. DSC, termofiziksel özelliklerin belirlenmesinde en önemli yöntemdir. Morfolojiyi aydınlatmak ve diğer özellikleri belirlemek için polarize optik mikroskop kullanıldı. Bu çalışma, yeni bir faz değişim malzemesinin en basit şekilde karakterizasyonuna odaklanmaktadır.

Mikrokapsüller, çapları tipik olarak birkaç mikrometreden birkaç milimetreye kadar değişen küçük kürelerdir. Alev geciktiricilik bağlamında, çekirdek çoğunlukla alev geciktirici maddeler içerirken, kabuk çeşitli polimerlerden veya diğer malzemelerden yapılabilir. Alev geciktirici mikrokapsüller çeşitli mekanizmalarla işlev görür: Alev Geciktiricilerin Salınmasında Mikrokapsüller, yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında çekirdekten alev geciktirici kimyasalları serbest bırakabilir. Bu kimyasallar daha sonra kömür oluşumunu teşvik ederek, yanıcı gazları söndürerek veya yanma bölgesindeki yanıcı gazları seyrelterek yanma sürecine müdahale edebilir. Koruyucu bir katmanın oluşumunda mikrokapsüllerin kabuğu, ısıtıldıktan sonra bozunabilir veya eriyerek malzemenin yüzeyinde koruyucu bir bariyer oluşturabilir. Şişmede bazı mikrokapsüller, ısıtıldığında genişleyen şişen maddeler içerir. (Ömeroğulları, & Kut, 2012, 17(1), s. 27-41).

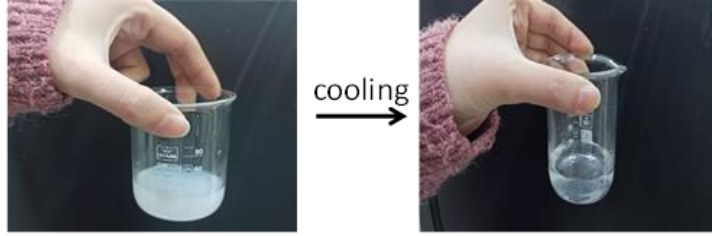
KAYNAKÇA

1. Allcock, H. R., Lampe, F. W., Mark, J. E., & Allcock, H. R. (1981). Contemporary polymer chemistry (pp. 128-130). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
2. Anayurt, R. A., & Alkan, C. (2021). Most Recent Applications of Microencapsulated Phase Change Materials. *Journal of New Results in Science*, 10(1), 24-37.
3. Bekdaş, B. (2021). İyonik Sıvı Destekli PVDF Polielektrolitlerin Kontrollü Polimerizasyon ile Hazırlanması ve Karakterizasyonu (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
4. Berthomieu, C., & Hienerwadel, R. (2009). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Photosynthesis research*, 101, 157-170.
5. Bessonov, Y. S., Tager, A. A., Yushkova, S. M., Komarov, N. N., Guzeyev, V. V., & Rafikov, M. N. (1978). Thermodynamic studies of reactions in filler containing polyvinyl chloride. *Polymer Science USSR*, 20(1), 115-123.
6. C. Alkan, A. Sarı, A. Karaipekli, O. Uzun, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, (2009), 143–147.
7. Chung, T. S. (1986). The recent developments of thermotropic liquid crystalline polymers. *Polymer Engineering & Science*, 26(13), 901-919.
8. Colthup NB, Daly LH, Wiberly SE (1975) Introduction to infrared and Raman spectroscopy. Academic Press, New York.
9. De Gennes, P. G. (1979). Scaling concepts in polymer physics. Cornell university press.
10. DeRossi, D., Kajiwara, K., Osada, Y., & Yamauchi, A. (1991). Polymer gels. Fundamentals and Biomedical Applications.
11. Fried, J.R., (1995) *Polymer Science and Technology*, Prentice Hall PTR, New Jersey.
12. Ferreira, E. B., Lima, M. L., & Zanotto, E. D. (2010). DSC method for determining the liquidus temperature of glass-forming systems. *Journal of the American Ceramic Society*, 93(11), 3757-3763.
13. Hatakeyama, T., & Quinn, F. X. (1999). Thermal analysis: fundamentals and applications to polymer science. [sl].
14. Hsieh, H., & Quirk, R. P. (1996). Anionic polymerization: principles and practical applications. CRC Press.

15. Kissin, Y. V. (1995). Molecular weight distributions of linear polymers: Detailed analysis from GPC data. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 33(2), 227-237.
16. Mao, Y., & Anand, L. (2018). A theory for fracture of polymeric gels. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 115, 30-53.
17. Nijenhuis, K. T. (1997). Thermoreversible networks: viscoelastic properties and structure of gels. *Advances in polymer science*, 130(1).
18. Odian, G. (2004). *Principles of polymerization*. John Wiley & Sons.
19. Ömeroğulları, Z., & Kut, D. (2012). Tekstilde güç tutuşurluk. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 17(1), 27-41.
20. Papkov, S. P. (1974). *Gel-like state of polymers*. Moscow: Khimiya.
21. Patten, T. E., Xia, J., Abernathy, T. ve Matyjaszewski, K., (1996) Polymers with Very Low Polydispersities from Atom Transfer Radical Polymerization, *Science*, 272 s.866-868.
22. Resch, K., & Wallner, G. M. (2009). Thermotropic layers for flat-plate collectors—A review of various concepts for overheating protection with polymeric materials. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 93(1), 119-128.
23. Rogovina, L., Vasilev, V., Frenkel, C., Pankratov, V., & Slonimskii, G. (1984). Rheological Properties Of Gels, Obtained By Polycyclotrimerization Of Diisocyanates In Solution. *Vysokomolekulyarnye Soedineniya Seriya A*, 26(1), 182-188.
24. Rogovina, L. Z., & Slonimskii, G. L. V. (1974). Formation, structure, and properties of polymer gels. *Russian Chemical Reviews*, 43(6), 503.
25. Rogovina, L. Z., Vasil'ev, V. G., & Braudo, E. E. (2008). Definition of the concept of polymer gel. *Polymer Science Series C*, 50(1), 85-92.
26. Ross-Murphy, S. B. (1991). Physical gelation of synthetic and biological macromolecules. In *Polymer Gels: Fundamentals and Biomedical Applications* (pp. 21-39). Boston, MA: Springer US.
27. Saçak, M. (1998), *Kimya Yüksek Mühendisliği. Polimer Kimyasına Giriş*, Gazi Kitabevi, Ankara, s. 26-27
28. Szwarc, M. (1998). Living polymers. Their discovery, characterization, and properties. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 36(1), IX-XV.

29. Wallner, G. M., Resch, K., & Hausner, R. (2008). Property and performance requirements for thermotropic layers to prevent overheating in an all polymeric flat-plate collector. *Solar energy materials and solar cells*, 92(6), 614-620.
30. Tyona, M. D. (2013). A theoretical study on spin coating technique. *Advances in materials Research*, 2(4), 195.
31. Vasiliev, V. G., Rogovina, L. Z., & Slonimsky, G. L. (1985). Dependence of properties of swollen and dry polymer networks on the conditions of their formation in solution. *Polymer*, 26(11), 1667-1676.
32. Young, R. J., & Lovell, P. A. (2011). *Introduction to polymers*. CRC press.
33. Zhao, T., & Jiang, L. (2018). Contact angle measurement of natural materials. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 161, 324-330.

EKLER



Şekil 3 (a)

Şekil 3 (b)

Bu çalışmada PNIPAM-ko-HEMA hidrojelinin termal sorumluluğu doğrudan gözle gözlemlenebilmektedir. PNIPAM-ko-HEMA hidrojelinin farklı sıcaklıklardaki fotoğrafları Şekil 3'te gösterilmektedir. Fotoğraf çekmeden önce, polimer 10 dakika boyunca suya yerleştirildi ve polimerin düzgün olduğundan emin olmak için bulutlanma noktasının (40°C) de ısıtıldı. Şekil 3 (a)'da ki gibi bulanık bir faza dönüştü. Belirgin bir hacim değişikliği sağlamak için, sıcaklık kademeli olarak 40°C 'ye yükseldikten sonra polimer, 30 dakika boyunca oda koşulu (25°C) altına yerleştirildi. (Şekil 3 (b)) Bu, PNIPAM-ko-HEMA hidrojel ağının giderek küçüldüğünü ve değiştiğini açıkça gösterdi.