

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI
KİMYA BİLİM DALI**

**DİALDEHİT SELÜLOZ TÜREVLERİ-POLİLAKTİK ASİT-POLİETİLEN GLİKOL
BLENDLERİNİN HAZIRLANMASI VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ümmügülsüm SEZİŞ

**Danışman
Doç. Dr. Kamil ŞİRİN**

**İkinci Danışman
Dr.Öğretim Üyesi Emriye AY**



MANİSA-2019

Ümmügülüm
SEZİŞ

DİALDEHİT SELÜLOZ TÜREVLERİ-POLİAKTİK ASİT-POLİETİLEN GLİKOL
BLENDLERİNİN HAZIRLANMASI VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

2019

TEZ ONAYI

Ümmügölsüm SEZİŞ tarafından hazırlanan "**Dialdehit Selöloz Törevleri-Polilaktik Asit-Polietilen Glikol Blendlerinin Hazırlanması ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi**" adlı tez çalışması 09/07/2019 tarihinde aşğıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizikokimya Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Kamil ŞİRİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Armağan KINAL
Ege Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Kadir AY
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ümmügülsüm SEZİŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLolar DİZİNİ	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Polimerler	4
2.2. Polimerlerin Sınıflandırılması	4
2.3. Polimerlerin Sentezi	10
2.4. Polimerlerin Temel Özellikleri.....	13
2.5. Polimer Karışımları (Polimer Blendler)	16
2.6. Biyobozunurluk, Biyouyumluluk ve Biyokompozit	17
3. SELÜLOZ VE BLENDLERİ	19
3.1. Selüloz	18
3.2. Dialdehit Selüloz.....	19
3.3. Polilaktik Asit Yapısı ve Özellikleri	20
3.4. Polietilen Glikol Yapısı ve Özellikleri	24
3.5. PLA/Selüloz/PEG.....	25
4. DENEYSEL KISIM (MATERYAL VE YÖNTEMLER).....	28
4.1. Materyal.....	28
4.2. Yöntem	28
4.2.1. Selülozdan 2,3-Dialdehit Selüloz Eldesi	28
4.2.2. 2,3-Dialdehit Selüloz/PLA Blend Hazırlanması.....	29
4.2.3. 2,3-Dialdehit Selüloz/PLA/PEG Blend Hazırlanması	29
4.2.4. Kullanılan Kimyasal Çözeltiler	29
4.3. Kullanılan Analiz Teknikleri.....	29
4.3.1. Kızılötesi Spektroskopi Tekniği (FTIR).....	29
4.3.2. Termal Analiz Tekniği.....	30
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	31
5.1. Kızılötesi Spektroskopi Tekniği Analiz Sonuçları	31
5.2. Termal Analiz Tekniği Sonuçları	36
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AGU	Anhidroglikoz Ünitesi
CNC	Nanokristal Selüloz
DAC	Dialdehit Selüloz
DMF	Dimetilformamid
DTA	Diferansiyel Termal Analiz
DTG	Diferansiyel Termo Gravimetrik Analiz
FTIR	Fouirer Transform Infrared Spektrofotometre
NİS	Nanoipliksi Selüloz
PEG	Polietilen Glikol
PLA	Polilaktik Asit
TG	Termo Gravimetrik Analiz

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Molekül yapısı (a) Kitin yapısı (b) Selüloz yapısı	6
Şekil 2.2. Düz zincirli polimer yapısı.....	8
Şekil 2.3. Dallanmış polimer yapısı	8
Şekil 2.4. Çapraz bağlı polimer yapısı	9
Şekil 2.5. Ağ yapılı polimer yapısı.....	9
Şekil 2.6. Homopolimer yapısı	10
Şekil 2.7. Kopolimer (a) Gelişigüzel (b) Blok (c) Ard arda	10
Şekil 2.8. Polimerlerin özgül hacim-sıcaklık ilişkisi	15
Şekil 2.9. Tek vidalı ekstrüder	17
Şekil 3.1. Selülozun molekül yapısı	19
Şekil 3.2. Selülozun periyodat yükseltgenmesiyle DAC oluşumu	20
Şekil 3.3. Aldehit yapıları (a)serbest aldehit (b)intramoleküler hemiasetal (c) hemialdol (d)hidratlanmış aldehitler (e)moleküler arası hemiasetal	20
Şekil 3.4. PLA yapısı (a) L-polilaktik asit (b) D-polilaktik asit.....	21
Şekil 3.5. PLA'nın bazı sentez yöntemlerinin şematik gösterimi	22
Şekil 3.6. TEM görüntüsü (a)Modifiye edilmemiş CNC (b)Periyodat yükseltgenmesi	26
Şekil 3.7. Gerilme direnci değerleri	27
Şekil 4.1. 2,3-DAC.....	28
Şekil 4.2. Perkin Elmer Spektrum BXFT-IR	30
Şekil 4.3. Termal analiz cihazı	30
Şekil 5.1. Mikrokristalin selüloza ait IR sonucu	31
Şekil 5.2. 2,3-DAC'a ait FTIR sonucu.....	32
Şekil 5.3. Mikrokristalin selüloz ve 2,3-DAC FTIR sonuçları	32
Şekil 5.4. PEG 3000'a ait FTIR sonucu	33
Şekil 5.5. PLA'ya ait FTIR sonucu	33
Şekil 5.6. 2,3-DAC/PLA kompozisyonu FTIR sonucu	34
Şekil 5.7. 2,3-DAC/PLA/PEG FTIR sonucu	35
Şekil 5.8. Termal analiz sonuçları (a) DAC/PLA kompozisyonu (b) DAC/PLA/PEG	36
Şekil 5.9. Karşılaştırmalı % kütle değişim - sıcaklık grafiği	37
Şekil 6.1. PLA-Selüloz blend yapısı	39

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Bazı çözülebilir selüloz türevlerinin son kullanım alanları	7
Tablo 2.2. Basamaklı polimerizasyon polimerleri	11
Tablo 2.3. Basamaklı ve katılma polimerizasyonunun karşılaştırılması.....	13
Tablo 3.1. PLA'nın bazı özellikleri.....	23
Tablo 3.2. PLA'nın FTIR pik pozisyonlarına ait bilgiler.....	24
Tablo 3.3. PEG 3000'e ait bazı özellikler	25
Tablo 3.4. PEG yapısına ait FTIR pik pozisyonları	25



TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Kamil ŞİRİN'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Laboratuvar çalışmalarımda beni her zaman destekleyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Emriye AY'a teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında her zaman bana yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan, daima yeni bilgiler edinmemi sağlayan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Kadir AY'a teşekkürlerimi sunarım.

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi laboratuvarlarının kullanımı konusunda her zaman kolaylıklar sağlayan tüm öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine, tüm kimya bölümü çalışanlarına ve termal analizler konusunda yardımcı olan DEFAM çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında manevi desteğini her zaman hissettiğim değerli arkadaşım Şebnem DAĞLI'ya, öğrenim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen ve hep yanımda olan başta anne ve babam – Ayşe&Cafer SEZİŞ – olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Ümmügülsüm SEZİŞ
Manisa, 2019

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Dialdehit Selüloz Türevleri-Polilaktik Asit-Polietilen Glikol Blendlerinin Hazırlanması ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi

Ümmügülsüm SEZİŞ

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizikokimya Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Kamil ŞİRİN
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emriye AY**

Biyokompozitler, günümüzün en çok tercih edilen malzeme çeşitlerinden biridir. Farklı tür biyobozunur malzemelerin bir araya getirilerek elde edilmesi ile oluşan biyokompozit malzemeler özellikle cerrahi alanda sıkça kullanılmaktadır.

Biyobozunur polimerlerden elde edilen biyokompozitler, vücuda yerleştirildikten sonra zaman içerisinde vücutta herhangi bir yapay kalıntı bırakmamaktadır. Bu sebeple, cerrahi uygulamalarda biyokompozit polimerler kullanılır ve ikinci bir operasyona gerek kalmadan vücuttan kompozit malzemenin uzaklaştırılması sağlanmış olur.

Bu çalışmada, doğada en fazla bulunan yenilenebilir biyopolimerlerden biri olan selülozdan yola çıkılarak elde edilen 2,3-dialdehit selülozun poli(laktik) asit ve polietilen glikol ile DMF çözücü ortamında blendleşmesi sağlanarak üstün özelliklere sahip biyoyumlu kompozit malzeme elde edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen biyokompozitler, kızılötesi spektroskopik tekniği ve termal analiz teknikleri ile karakterize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: selüloz, poli(laktik) asit, biyokompozit, 2,3-dialdehit selüloz, polietilen glikol.

2019, 41 sayfa

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

Dialdehyde Cellulose Derivatives - Preparation of Polylactic Acid/Polyethylene Glycol Blends and Investigation of Thermal Properties

Ümmügülsüm SEZİŞ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Chemistry**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kamil ŞİRİN

Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Emriye AY

Biocomposites are among the most preferred material. The biocompositematerials which are made by combining different types of biodegradable materials are used especially in survey.

The biocomposites which are obtained from biodegradable polymers do not leave any artificial residues after being placed in the body. Due to this feature surgeons favor to use the biocomposite polymers.

This study concerns about obtaining a biocompolible material with superior properties starting from the naturally found cellulose. This is achieved by first obtaining 2,3-dialdehyde cellulose from the aforementioned natural cellulose, and then modifying it with poly(lactic) acid and polyethylene glycol in DMF. The obtained biocomposites were characterized by infrared spectroscopy technique and thermal analysis techniques.

Keywords: cellulose, poly(lactic) acid, 2,3-dialdehyde cellulose, biocomposite, polyethylene glicol

2019, 41pages

1. GİRİŞ

Polimer kavramı ilk kez 1826 yılında Faraday'ın yaptığı çalışma ile ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada Faraday; etilen gazına basınç altında ışın enerjisi vermiş ve gazın bir kısmının sıvılaştığı sonucuna varmıştır. Sıvılaştıran bu fazı incelediğinde; uçucu, elementel etilen bileşiminde ancak etilenin iki katı molekül ağırlığında yapı ile karşılaşmıştır. Berzelius, elde edilen bu yapıya bütün –etilenin izomeri olduğundan- adını vermiştir. Çalışmaların devamında elementel bileşimleri aynı ancak molekül ağırlıkları katlar şekilde devam eden bu yapıları “polimer” olarak tanımlamıştır. İlerleyen yıllarda polimer ile ilgili çalışmalar artmış ve Carothers'ın polimer tanımı kabul edilmiştir. Bu tanıma göre; bir polimer -R-R-R-R-R- şeklinde ifade edilmekte ve bu R'ler bağımsız olarak varolamayan radikalleri ifade etmektedir [1].

Polimerlerin tanımlanması 1800 yıllarda gerçekleşmiş olsa da doğal kauçuk olan silgi 1770 yılında işaretleri silmek için kullanılmıştır. 1839 yılında doğal kauçuk Goodyear tarafından kükürt ile vulkanize edilmiş, modifiye edilen bu doğal kauçuklardan yağmurluklar, su geçirmez botlar, lastik gibi ürünler üretilmiştir. 1868 yılında selüloid, 1907 yılında Leo Hendrick Baekeland tarafından ilk sentetik polimer olan fenol formaldehit reçineler (bakalit), 1924 yılında Hermann Staudinger “Makromolekül Hipotezi” ile Nobel ödülü almış ve polimer teknolojisi deneme-yanılma yaklaşımından kurtarılmıştır. 1930'lu yıllarda polistren, stiren-bütadien kopolimeri ve neopren (dupren) polimer teknolojisinde önemli yer bulmuştur. 1935-1939 yıllarında nylon 6,6 ve nylon 6 üretimi gerçekleştirilmiştir. İlerleyen yıllarda çalışmalar son derece artış göstermiş ve 1953 yılında Ziegler ve Natta'ya sentezlenen polipropilen Nobel Ödülü kazandırmıştır [2].

Günümüzde biyoyuyluluk, biyokompozit ve biyobozunurluk kavramları ön plana çıkmıştır. Polimer dünyasında da biyoyumlu polimer araştırmaları hızla artmaktadır. Biyoyuyluluk kavramı, bir biyomalzemenin vücut dokularına fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uyum sağlaması olarak tanımlanabilmektedir. Diğer bir ifade ile biyoyuyluluk, malzemenin vücudun mekanik davranışına optimum uyum sağlama özelliğidir [3].

Matris olarak adlandırılan bir malzeme içerisinde çeşitli güçlendirici malzemeler katılarak hazırlanan malzemelere ise biyokompozit malzemeler denilmektedir. Matris olarak çeşitli polimerler kullanırken güçlendirici olarak ise cam, karbon, toz seramik ya da farklı polimer türleri kullanılmaktadır. Elde edilen biyokompozit malzemelerin avantajları arasında korozyona direnç, kırılma dayanıklılığı özelliğinin azalması sayılabilir [3].

Polimerlerin harmanlanması (polimer blend), yalnız başına fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri yeterli olmayan iki veya daha fazla polimerin birbiri ile karıştırılması işlemidir. Bu harmanlama işlemi tamamen mekanik bir işlem olup polimerler yapıların kimyasal bağlarına bağlı değildir. Harmanlama işleminde en az iki polimer ergime sıcaklıklarının üzerindeki bir sıcaklıkta özel sistemlerde karıştırılır. Harmanlama işlemi uygun bir çözücü içinde de gerçekleştirilebilir. Polimerlerden biri matris olarak davranırken diğer polimer matrisin içine yayılmaktadır. Harmanlama işlemine başvurulmasının başında istenen özelliklerde malzeme elde edilme arzusu ve yüksek maliyetli polimerlerden benzer özelliklere sahip daha ucuz polimerler elde etmek gelmektedir. Elde edilen polimerlerin homojenlik derecesi kullanılan tekniğe bağlıdır. Harmanlama işleminde üç farklı yöntem mevcuttur. Bunlar;

- Mekanik harmanlama
- Solüsyon (eriyik) harmanlama
- Polimerizasyon

Mekanik harmanlamada belirlenen hacimlerde farklı en az iki polimer ergime sıcaklığının üzerinde ısıtıldıktan sonra uygun ekstrüder içerisinde karıştırılır. Sonuçta elde edilen yapı önce soğutulur daha sonra kırıcılardan uygun boyutlar elde etmek için geçirilir.

Solüsyon harmanlamada harmanlanan polimerler ortak bir çözücü ya da çözücü karışımında çözündürülür. Bu yöntemin dezavantajı artık çözücüler ile polimer kompozitin kirlenme olasılığıdır.

Polimerizasyon yönteminde ise polimerlerin lateks ya da emülsiyon formunda olması gerekmektedir. Bu yöntem ile çok iyi faz yapıları elde edilebilmektedir [4].

Bu çalışmada, solüsyon harmanlama tekniği kullanılarak biyobozunur polimer eldesi amaçlanmıştır. Bunun için ana bileşen olarak mikroselülozdan yola

ıkılmıştır ve laboratuvar ortamında mikrosellozdan 2,3-dialdehit selüloz (2,3-DAC) yapısı elde edilmiştir. Elde edilen 2,3-DAC yapısı biyobozunur bir polimer türüdür. Bu yapının yine biyobozunur polimerler olan PLA ve PEG ile oluşturduğu blend yapıları incelenmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Polimerler

Polimerler yaşantımız için önem arz eden büyük moleküllerdir. Polimerlere örnek olarak; vücudumuzda bulunan biyolojik kimyasallar protein ve enzimler, bitkilerde bulunan selüloz ve nişasta örnek olarak verilebilir. Ancak gündelik hayatımızda sürekli karşılaştığımız plastik ve kauçuklar en çok haberdar olduğumuz polimerlerdir [5].

Polimerler monomer birimlerinin bir araya gelerek büyük yapılar meydana getirmesiyle oluşmaktadırlar. Polimerler için diğer bir tanım da çok sayıda molekülün kimyasal bağlarla düzenli olarak bağlanmasıyla oluşan yüksek molekül ağırlıklı bileşikler oluşturması olarak yapılabilir. Bu polimer yapılarının erimiş hallerinin ve çözeltilerinin viskoziteleri oldukça yüksektir [6]. Küçük molekülü yapılar ile kıyaslandığında polimerler ile deneysel çalışmalar yapmanın bazı zorlukları vardır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Büyük moleküllere sahip olduklarından katı formda ve sertlikleri genelde yüksek olan malzemelerdir.
- Zor çözünmekle birlikte çözünme şekilleri de farklılıklar gösterir.
- Moleküllerin büyük olmasından dolayı çözeltilerinde ışığın dağılması ile oluşan ışıldamalar görülür.
- Kristallenmeler çok zor gerçekleşir ve kristallenmeleri geniş bir sıcaklık aralığında gerçekleşebilir.
- Genelde yüksek esneklik özelliği gösterirler [5].

2.2. Polimerlerin Sınıflandırılması

Polimerler farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma:

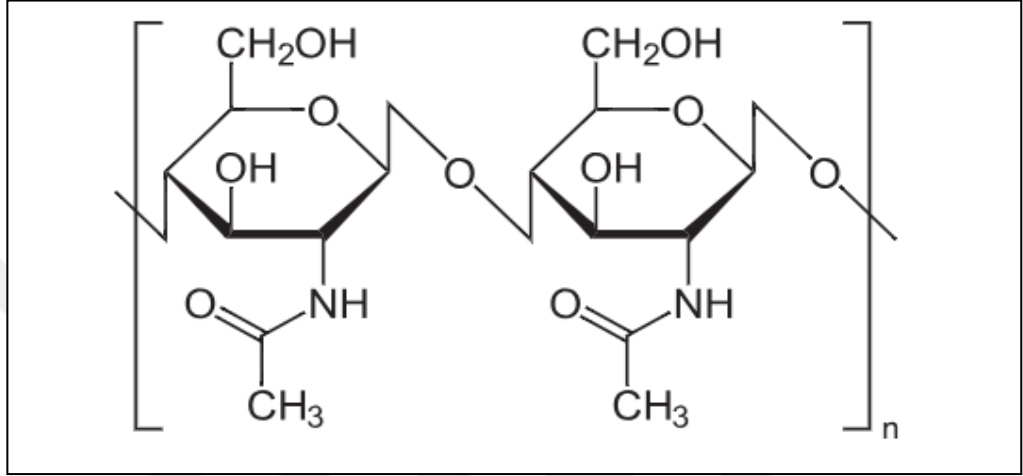
- Molekül ağırlıklarına,
- Isıl davranışlarına,
- Zincir yapılarına,
- Zincirin fiziksel ve kimyasal yapısına,
- Organik ve inorganik olmalarına,
- Sentezlenme şekillerine,

- Doğal/sentetik olmalarına göre yapılabilir [6].

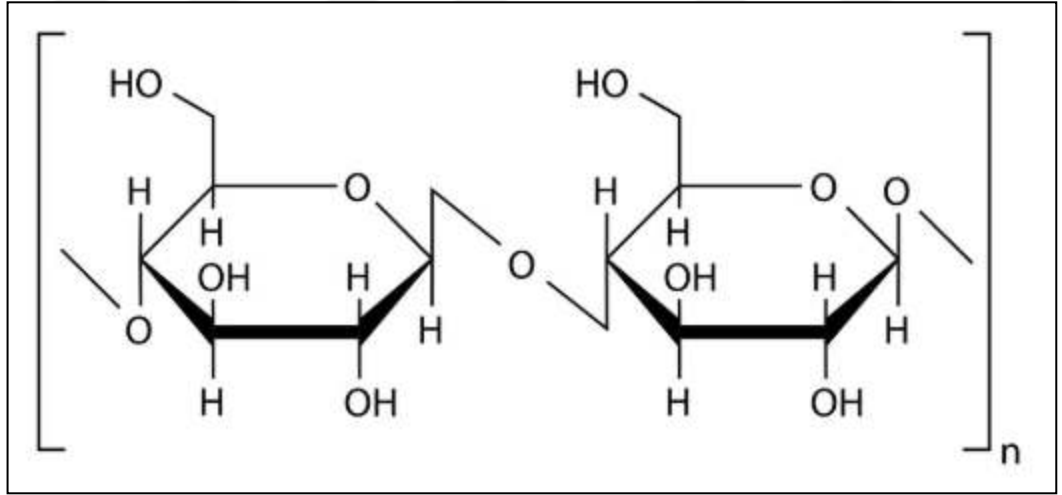
Polimerler için bir diğer sınıflandırma şekli;

- 1) Kaynaklarına göre,
 - a. Doğal polimerler
 - b. Sentetik polimerler
- 2) Yapılarına göre,
 - a. Organik
 - b. İnorganik
- 3) Termal davranışlarına göre,
 - a. Termoset
 - b. Termoplastik
- 4) Makromolekül yapılarına göre,
 - a. Düz zincirli
 - b. Dallanmış
 - c. Çapraz bağlı
 - d. Ağ yapılı
- 5) Fiziksel durumlarına göre,
 - a. Kristalin yapı
 - b. Amorf yapı
 - c. Yarı amorf yapı
- 6) Sentez yöntemlerine göre yapılabilir
 - a. Basamaklı polimerleşme
 - b. Katılma polimerleşmesi
- 7) Monomer çeşitlerine göre,
 - a. Homopolimer
 - b. Kopolimer
 - i. Gelişigüzel kopolimer
 - ii. Blok kopolimer
 - iii. Ardarda (periyodik) kopolimer
 - c. Terpolimer [7,8].

Doğal Polimerler: Doğada kendiliğinden meydana gelmiş olan polimer türüdür. Günlük yaşantımızda sıkça rastladığımız selüloz doğal polimerler arasında en yaygın olarak kullanılanıdır. Bir diğer sık rastlanan doğal polimer türü ise kitindir. Kitin molekül yapısı **Şekil 2.1.(a)**'da ve selülozun yapısı **Şekil 2.1.(b)**'de gösterilmektedir [6]. Doğal kauçuk, nükleik asitler, enzimler, nişasta gibi yapılar da doğal polimerlere örnek olarak verilebilir.



(a)



(b)

Şekil 2.1. Molekül yapısı (a) Kitin yapısı (b) Selüloz yapısı [9].

Selüloz farklı reaksiyonlarla türevlerine dönüşebilir. Türevlerine dönüşürken hidroksil grupları reaksiyona girerek organik ve inorganik asitlerle esterleri, bazlar ile alkolatları, asitler ile yükseltgenme ürünlerini, bazı alkoller ile de eterleri

oluşturabilirler. Bunların yanında halojenürler, aminler ve bazı kompleks yapılarla da reaksiyona girebilme özelliklerine sahiptir. Endüstriyel olarak en çok kullanılan ve önemli yere sahip olan selüloz türevleri selüloz esterleri ve eterleridir. Genel olarak çözülebilir selülozların son kullanım yerleri incelenirse geniş bir yelpazede olduğu görülmektedir. **Tablo 2.1.**'de son kullanım alanları kısaca verilmiştir.

Tablo 2.1. Bazı çözülebilir selüloz türevlerinin son kullanım alanları[10].

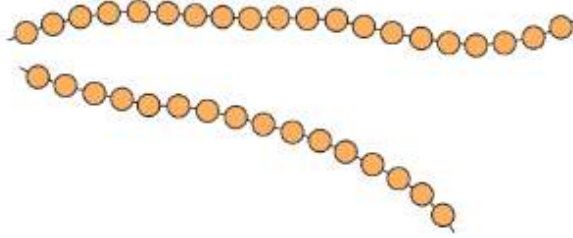
Selüloz Türevleri	Son Kullanım Yerleri
Eterler	
CMC (Karboksimetilselüloz)	Deterjanlar, kozmetikler, tekstil, gıda, kağıt yapıştırma
MC (Metilselüloz)	Gıda, boyalar, ilaç endüstrisi
EC (Hidroksipropilselüloz)	Kaplama, mürekkepler
HMHEC (Karboksimetil-Hidrosietilselüloz)	Sıvı deterjanlar
Esterler	
Karışık Esterler (Plastikler)	Levha, preslenmiş eşya
Tow	Sigara filtresi
Asetat	Film
Flament	Giyim eşyası
Plastikler	Film, levha
Vizkoz-Rayon	
Normal Flament	Giyim eşyası
Yüksek Islaklık Lif Modülleri	Giyim eşyası, mobilya teçhizatı
Sellopon	Paketleme

Sentetik Polimerler: Yarı sentetik polimerler ve sentetik polimerler olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir. Yarı sentetik polimerler; doğal polimerlerin kimyasal modifikasyonu sonucu elde edilmektedir ve farklı özelliklere sahiptirler. Sentetik polimerler ise uygun monomerlerden yola çıkılarak kimyasal yöntemler ile elde edilmektedirler [6].

Termoset Polimerler: Ağ yapısına sahip polimer türüdür. Suda çözünmez ve erimezler. Şekillendirilme sırasında kalıcı olarak sertleşirler ve ısı verilmesi ile yumuşamazlar [7].

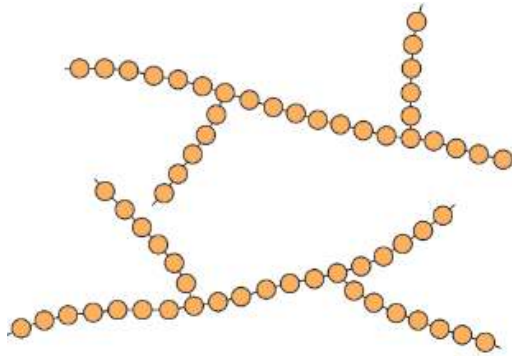
Termoplastik Polimerler: Isı ve basınç etkisi ile yumuşadıklarından dolayı çeşitli formlarda şekillendirilebilme kabiliyetine sahiptirler. Defalarca ısıtılıp şekillendirilebilmektedirler [7].

Düz zincirli polimerler: Tekrarlanan birimlerin uç uca eklenmesi ile oluşan zincir yapısındaki polimerlerdir. Bu uzun zincirler esnek yapıdır ve Van der Waals ve hidrojen bağı içermektedir. Düz zincirli polimer yapısı **Şekil 2.2**'de gösterilmektedir.



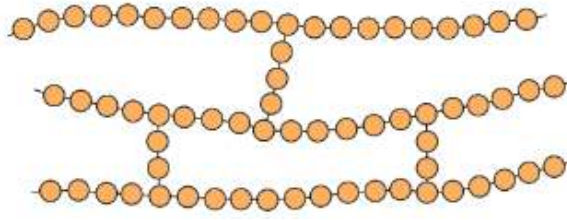
Şekil 2.2. Düz zincirli polimer yapısı[7].

Dallanmış Polimerler: **Şekil 2.3**'de gösterildiği gibi zincir yapısına yandan bağlanmış dallanmalar ile sentezlenmektedir. Dallanmalar ana zincir molekülünün bir parçasıdır.



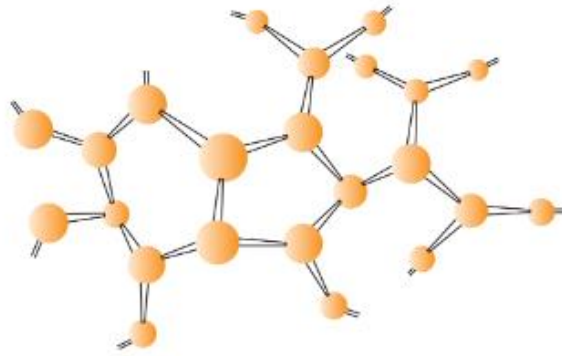
Şekil 2.3. Dallanmış polimer yapısı[7].

Çapraz Bağlı Polimerler: Komşu lineer zincirler birbirlerine **Şekil 2.4**'de gösterildiği gibi değişik yönlerde ve kovalent bağla bağlanır.



Şekil 2.4.Çapraz bağlı poli.mer yapısı[7].

Ağ Yapılı Polimerler: Üç veya dört aktif kovalent bağa sahip, üç boyutlu ağ yapılı polimerlerdir. **Şekil 2.5'**de ağ yapılı polimer yapısı verilmiştir.



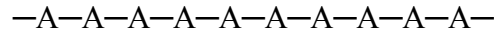
Şekil 2.5. Ağ yapılı polimer yapısı[7].

Kristal Yapılı Polimerler: Yapının belli bir düzende olduğu polimer türüdür. Bir polimerin izotaktik, sindiyotaktik vb. yapıda olması o polimer yapısının kristal olduğunu ifade etmektedir [1].

Amorf Yapılı Polimerler: Polimerler için özel bir düzenin olmadığı yapıyı ifade etmektedir. Tüm polimerler yeterli yüksek sıcaklıkta ve çözeltide amorf halde bulunmaktadır [1].

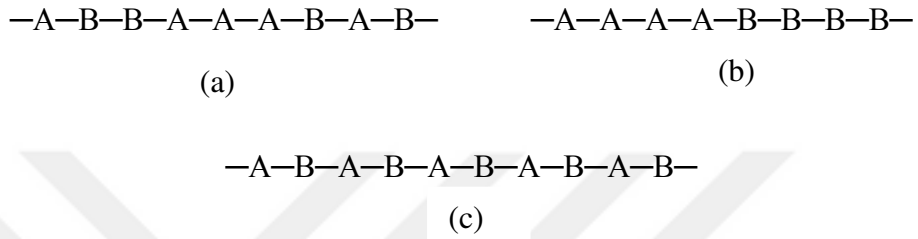
Yarı Amorf Yapılı Polimerler: Yığın polimerlerde kusursuz kristal yapıya pek fazla rastlanmamaktadır. Kısmen kristalleşebilen yapılardaki polimerlere yarı kristal polimer ya da yarı amorf polimer denmektedir [1].

Homopolimer: Zincir boyunca tek bir monomerin yer aldığı polimer yapısına denmektedir [11]. Bu yapı **Şekil 2.6'**daki gibi şematik olarak ifade edilebilmektedir.



Şekil 2.6. Homopolimer yapısı

Kopolimer: En basit ifade ile zincir boyunca iki farklı monomerin yer aldığı polimer türüdür. Kopolimerler zincir içerisindeki diziliş biçimine göre gelişigüzel kopolimer, blok kopolimer ve ard arda kopolimer olarak sınıflandırılmaktadır. Bu üç polimer türüne ait yapılar **Şekil 2.7'**de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Kopolimer (a) Gelişigüzel (b) Blok (c) Ard arda

Terpolimer: Zincir yapısında üç farklı monomeri ihtiva eden polimer türüdür.

2.3. Polimerlerin Sentezi

Monomer molekülleri polimerizasyon tepkimeleri ile polimerlere dönüşür. Bu gerçekleşen olaya polimerleşme (polimerizasyon) denir. Mekanizmaları göz önüne alınarak polimerlerin sentezinde kullanılan yöntemler temelde ikiye ayrılır. Bunlar; zincir polimerizasyonu (katılma polimerizasyonu) ve kondensasyon polimerizasyonu (basamaklı polimerizasyon)dur. Katılma polimerizasyonu da kendi içerisinde radikalik zincir polimerizasyonu ve iyonik zincir polimerizasyonu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İyonik zincir polimerizasyonu ise katyonik zincir polimerizasyonu ve anyonik zincir polimerizasyonu olarak incelenmektedir. Bu sınıflandırma aktif merkezin karakterine bağlı olarak yapılmıştır [9,10]. Bu sınıflandırma aşağıdaki gibi gösterilebilir;

1. Basamaklı polimerizasyon
2. Katılma polimerizasyonu
 - a. İyonik zincir polimerizasyonu
 - i. Katyonik zincir polimerizasyonu

- ii. Anyonik zincir polimerizasyonu
- b. Radikalik zincir polimerizasyonu

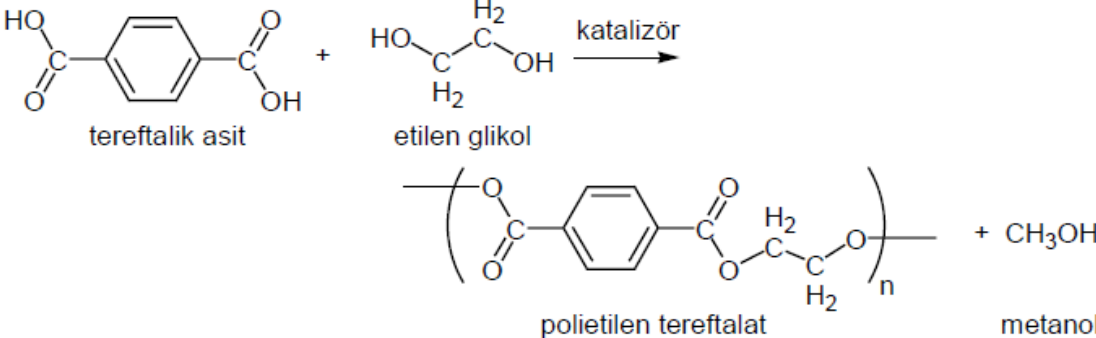
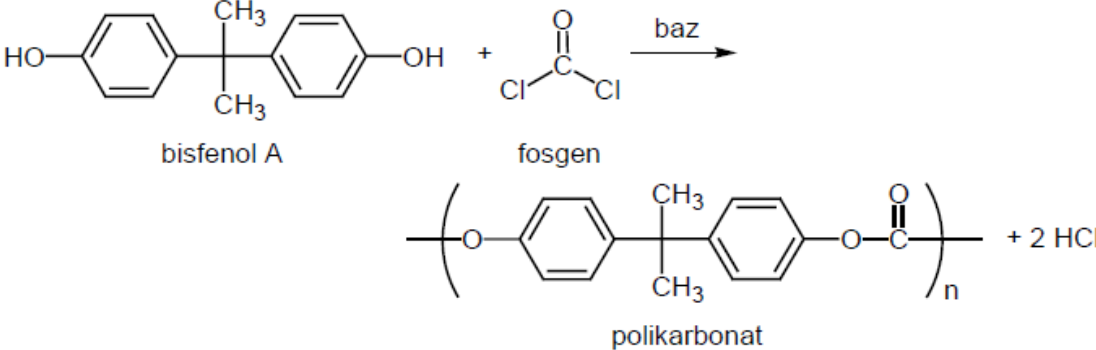
Basamaklı polimerizasyon:

Basamaklı reaksiyon polimerizasyonu sonucu oluşan polimerler; kondensasyon, Michael katılması, Friedel-Crafts, Diels-Alder katılması, ürean oluşumu türü organik reaksiyonlar sonucunda elde edilebilmektedir. Basamaklı polimerizasyon mekanizmaları altı grupta incelenmektedir [6].

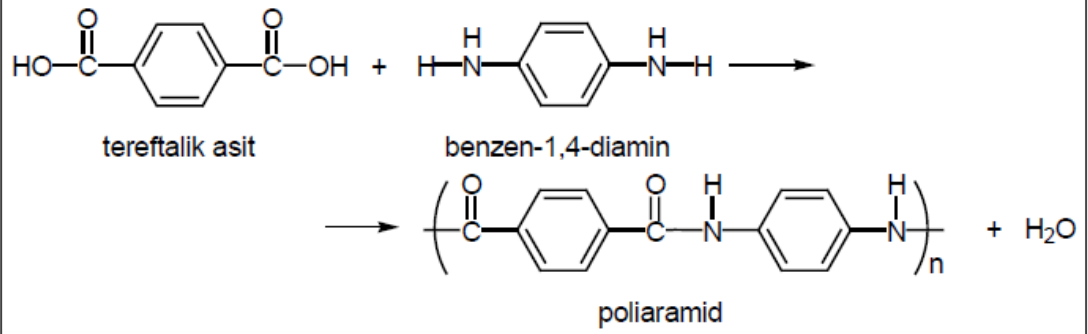
- Karbonil katılma-ayrılma reaksiyonları
- Karbonil katılma-süstitüsyon reaksiyonları
- Çifte bağ katılma reaksiyonları
- Nükleofilik süstitüsyon reaksiyonları
- Aromatik elektrofilik süstitüsyon reaksiyonları
- Serbest radikal bağlanması [1].

Basamaklı polimerizasyonlara örnek **Tablo 2.2**'de verilmiştir.

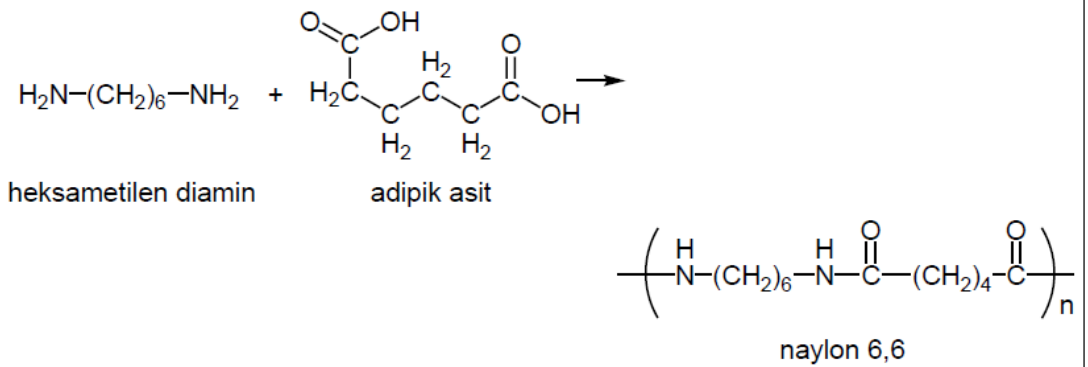
Tablo 2.2.Basamaklı polimerizasyon polimerleri[1].

Poliesterler	
 tereftalik asit + etilen glikol $\xrightarrow{\text{katalizör}}$ polietilen tereftalat + CH₃OH metanol	
Polikarbonatlar	
 bisfenol A + fosgen $\xrightarrow{\text{baz}}$ polikarbonat + 2 HCl	

Aromatik Naylonlar



Poliamidler; Naylon 6,6 (veya 66)



Tablo 2.2. devamı

Katılma polimerizasyonu:

Katılma polimerizasyonu reaksiyonları yukarıdaki sınıflandırmaya ek olarak dört grupta toplanabilir:

- Radikal zincir reaksiyonları,
- Kopolimerizasyon reaksiyonları,
- Stereospesifik polimerizasyon reaksiyonları,
- İyonik-zincir reaksiyonları (anyonik ve polimerizasyon [1]).

Katılma polimerizasyonu ile elde edilen polimerlere polietilen, polipropilen, polistiren, poli(metil metakrilat), poli(vinil klorür) ve politetrafluoroetilen, polizopren, polikloropren, polibütadien, stiren verilebilir [1].

Katılma reaksiyon polimerizasyonu ile basamaklı reaksiyon polimerizasyonu arasındaki farklar kısaca **Tablo 2.3'** de özetlenmiştir.

Tablo 2.3. Basamaklı ve katılma polimerizasyonunun karşılaştırılması [11].

Basamaklı Polimerizasyon	Katılma Polimerizasyonu
Polimerizasyonun başlamasından çok kısa bir süre sonra ortamda monomer kalmaz.	Monomer derişimi tepkime boyunca yavaş yavaş azalmaktadır
Polimerizasyon boyunca polimerin molekül ağırlığı sürekli olarak artmaya devam eder.	Yüksek molekül ağırlıklı polimer yapılar ilk anlarda oluşur. Tepkime boyunca polimer molekül ağırlığı çok fazla değişmemektedir.
Yüksek molekül ağırlığında polimer elde etmek için uzun polimerizasyon süresi gereklidir.	Yüksek dönüşümler için uzun polimerizasyon süreleri gerekmektedir.
Polimerizasyon ortamındaki her molekül yapı tepkimeye girebilir. Polimerizasyon ortamında her büyüklükte molekül bulunabilir.	Polimerizasyon ortamında yalnızca monomer, polimer ve büyüyen aktif polimer zincirleri bulunmaktadır.

2.4. Polimerlerin Temel Özellikleri

Polimerlerin temel özellikleri sınıflandırılması aşağıdaki gibi yapılmaktadır;

- Mekaniksel Özellikler
- Elektriksel Özellikler
- Isıl Özellikler
- Optik Özellikler
- Kimyasal Özellikler

a) Mekanik Özellikler

Polimerler metal ve seramikler ile karşılaştırıldığında çevreden gelen etkilere karşı çok daha duyarlıdır. Bu sebeple polimerlerin mekanik özelliklerini test etmek güçtür. Polimerler malzemelerin çeşitliliği, karşılaştırma açısından kullanılan tekniklerin tanımlanmalarında oldukça zorluk yaratmaktadır. Belirli bir polimer türü için elde edilmiş olan sonuçlar, polimer eldesinde kullanılan yöntemin türüne test parçasının hazırlanma yöntemine bağlı olarak değişik göstermektedir. Polimerler sıcaklık değişimlerine karşı farklılaşma gösterdiklerinden mekanik teste tabi tutulan yapıların zamana bağlı olarak değişiklik göstermesi test sonuçlarının yorumlanmasını daha karmaşık hale getirmektedir.

Polimerlerin mekanik özellikleribirkaç farklı test tekniği ile incelenebilmektedir[12].Bunlar;

- Çekme Dayanımı
- Basma Dayanımı
- Eğilme Dayanımı
- Darbe Direnci
- Aşınma
- Sertlik
- Kayma Dayanımı
- Sürünme
- Gerilme Gevşemesi
- Yorulma

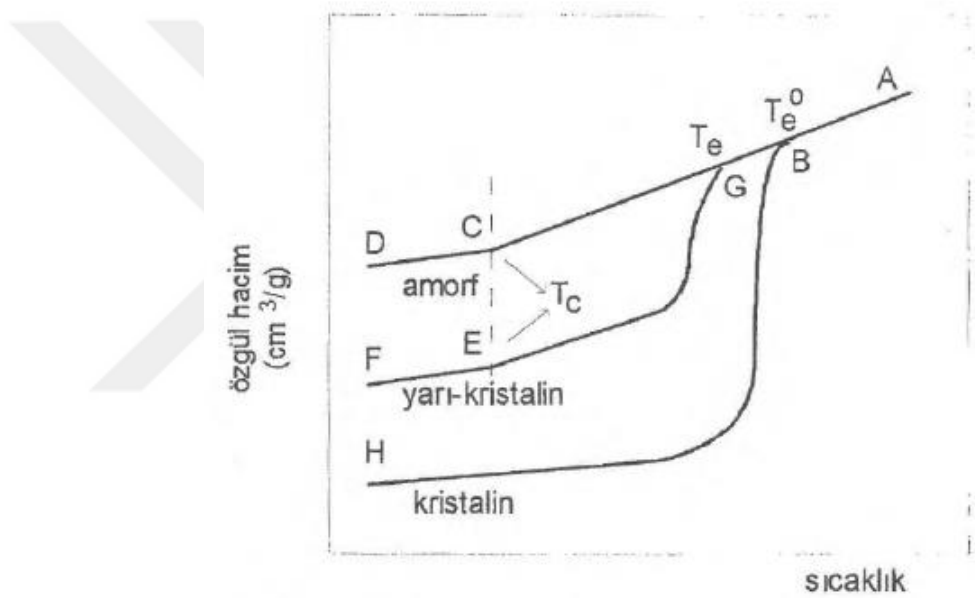
b) Elektriksel Özellikler

Polimerler; kablo vb sistemlerde mükemmel yalıtkan malzeme olarak kullanılabilir. Bunun yanı sıra, yarı iletken ve iletken özelliğe sahip çok sayıda polimer türü de mevcuttur. Her bir polimerin elektriksel özellikleri ayrı ayrı incelenerek elektriksel özellikleri hakkında yorumda bulunabilmek mümkün olmaktadır.

c) Isıl Özellikler

Doğrusal ve az oranda çapraz bağ içeren polimerler, oldukça düşük sıcaklıklarda sert ve katı haldedirler. Sıcaklığın artması ile polimerler bazı ısı geçişler gösterirler. Bu geçişlere bağlı olarak polimerlerin davranışları değişmektedir. Isıl geçiş noktaları, sıcaklığa karşı çizilen çeşitli grafiklerle belirlenebilir. Bu grafikler sıcaklığa karşı özgül hacim, sıcaklığa karşı kırma indiri, sıcaklığa karşı yoğunluk ya da sıcaklığa karşı entalpi değişimi izlenerek belirlenebilir [11].

Yarı-kristalin, kristalin ve amorf polimerlere ait sıcaklık-özgül hacim eğrisi **Şekil 2.8.**'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Polimerlerin özgül hacim-sıcaklık ilişkisi [11].

d) Optik Özellikler

Polimerler optik özellikleri bakımından saydam, yarı saydam ya da opak özellik gösterebilirler.

e) Kimyasal Özellikler

Kimyasal özellikler üç ana başlık altında incelenebilir. Bunlar;

- Sıvılara karşı direç
- Buhar geçirgenliği
- Hava etkisine karşı direç

Sıvılara karşı direç: Solventlerin polimerler üzerindeki etkisi birkaç farklı şekilde olabilir; çözünürlük, su emilimini içeren şişme, numunenin bir organik sıvı ya da sulu bir sabun çözeltisi içinde ya da farklı bir ıslatıcı varlığında polimerler kırılabilir ya da çatlayabilir. Aynı zamanda mekanik sıvı varlığında çok küçük çatlaklar oluşabilir.

Buhar geçirgenliği: gazın ya da buharın polimer içerisindeki çözünürlüğüne ve difüzyon katsayısına bağlı olarak değişmektedir.

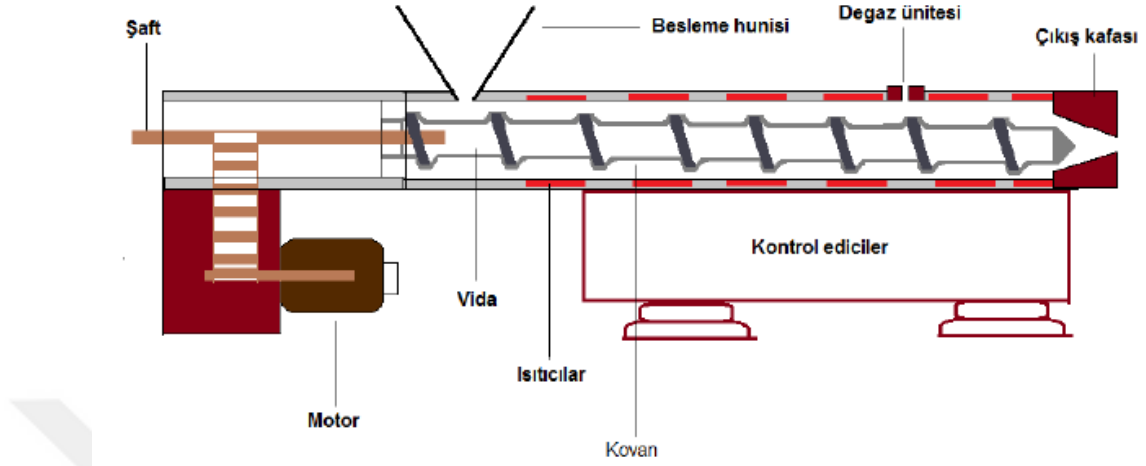
Hava etkisine karşı direnç: Genel olarak atmosfer şartlarında dayanıklı yapıya sahiptirler.

2.5. Polimer Karışımları (Polimer Blendler)

Polimer blendleri; iki veya daha fazla polimer türünün homojen karıştırılması ile elde edilen yapı olarak tanımlayabilmek mümkündür. Polimer karışımlar hazırlayarak performanslarının artırılması fikri ilk kez 1840 yılında Thomas Hancock tarafından öne sürülmüştür. Polimer blendlerine ihtiyaç duyulmasının sebepleri arasında amaca uygun özellikte polimerik malzemeler elde etmek, polimer malzemelerinin özelliklerinin geliştirilmesi ve maliyeti düşürmek gibi nedenler yer almaktadır. Polimer blendi hazırlamanın en önemli avantajlarından biri bileşenlerin özelliklerinin değiştirilmesi ile blendlerin özelliklerinin kontrol edilebilmesidir [13].

Polimer blendleri hazırlama tekniklerini iki başlık altında incelemek mümkündür. İlki laboratuvar çalışmalarında tercih edilen uygun çözücü ya da çözücü karışında çözerek daha sonra çözücüyü uçurmaktır. Bu yöntemin endüstride tercih edilmeme sebebi ise çözücü maliyeti ve çözücünün çevreye olan zararıdır. İkinci yöntem ise tüm polimer bileşenlerini T_g (T_g : camsı geçiş sıcaklığı) sıcaklıklarının üzerine ısıtarak karıştırılmasının sağlanmasıdır. Bu karıştırma işlemi ekstrüderde yapılır ve bu yöntemle elde edilen karışım soğutularak blend elde edilir. Bu iki yöntem dışında da blend hazırlama yöntemleri mevcuttur. Bunlar; lateks halde karıştırma, ince toz halde karıştırma, polimerleştirme, iç içe geçmiş ağ yapılı polimer teknolojisi (IPN) gibi tekniklerdir [13]. **Şekil 2.9.**'da tek vidalı ekstrüder ve bölümlerinin genel gösterimi verilmiştir. Ekstrüder genel olarak; vida, silindir, besleme bunker, tahrik motoru, redüksiyon dişlisi, ısıtma ve soğutma elemanlarından meydana gelmektedir. Ekstrüderlerin besleme sistemi besleme hunisi, bopaz ve vidadan oluşurken, işleyişi

motor, redüksiyon dişlisi, ısıtma ve soğutma elemanları tarafından sağlanmaktadır [14].



Şekil 2.9. Tek vidalı ekstrüder[14].

Polimer hazırlamada en önemli nokta seçilen polimerlerin birbirleri ile karışabilirliğidir ve karışıp karışmamaları bileşenlerin kompozisyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. Karışmayan polimer blendlerin özelliklerini iyileştirmek için ise uyumlaştırıcı kullanılmaktadır. Uyumlaştırıcı olarak ise genellikle blendi oluşturan monomerlerin blok kopolimerleri tercih edilir. Bunun yanında aşırı kopolimerleri de uyumlaştırıcı olarak tercih edilmektedir [13].

2.6. Biyobozunurluk, Biyouyumluluk ve Biyokompozit

Biyobozunur malzemenin; biyolojik olarak parçalanan madde olarak tanımlanması mümkündür[15]. Biyobozunurluk American Society for Testing and Materials (ASTM) tarafından ise şöyle tanımlanmaktadır; “baskın olarak mikroorganizmaların enzimatik reaksiyonları ile biyokütle, inorganik bileşenler, su, metan, karbondioksit ayrışabilen ve bunun belli bir zamanda ayrışma durumunu yansıtan standart testlerle (ASTM 2005) belirlendiği malzemeler”. Biyobozunur polimerler, doğal yollardan ya da biyolojik sistemlerden üretilirler ve toksik değildir. Özellikle gıda ve tıp alanında çok sık kullanılmaktadırlar [16].

Araştırmacılar malzemelerin biyolojik performanslarını belirtmek için biyouyumluluk sözcüğünü kullanmışlardır. Biyouyumlu malzemeler biyomalzemeler olarak adlandırılmakta ve biyouyumluluk malzemenin uygulanması

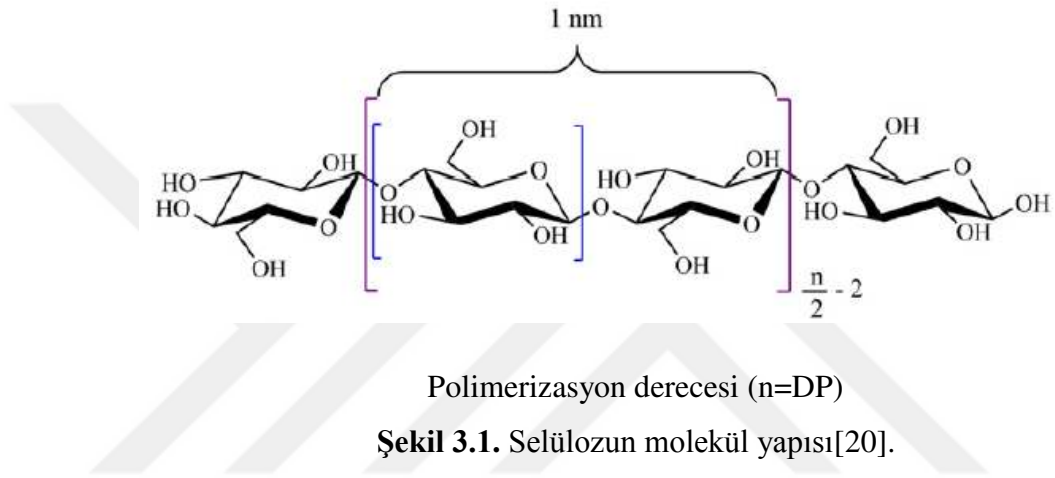
esnasında vücut sistemine uygun cevap verebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Biyomalzemelerin en önemli özelliği biyouyumlu olmalarıdır. Bu malzemeler vücutta istenmeyen durumlara neden olmamakta ve doku kayıplarına sebebiyet vermemektedir. Bu terim biraz genişletilerek yapısal ve yüzey uyumluluğu olarak tarif edilecek olursa, yüzey uyumluluğu, bir biyomalzemenin vücut dokularına biyolojik, fiziksel ve kimyasal olarak uygun olması, yapısal uyumluluk ise vücut dokularının mekanik davranışına sağladığı optimum uyum olarak ifade edilebilir [17].

Kompozit; birbirlerinin zayıf yönlerini güçlendirerek üstün özellikler elde etmek amacıyla farklı tür malzemelerin veya fazların bir araya getirilerek yeni bir malzeme sistemi oluşturulması olarak tanımlanabilir [16]. Biyokompozit tanımı ise, biyomalzemelerden elde edilen kompozit yapılar olarak yapılabilmektedir.

3. SELÜLOZ VE BLENLERİ

3.1. Selüloz

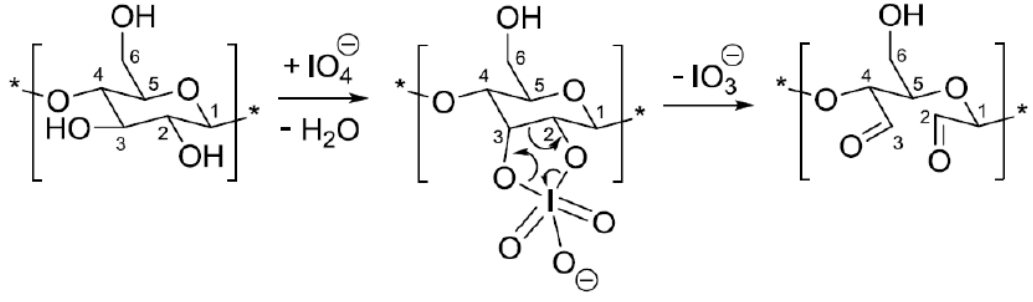
Selüloz, doğada en bol, yenilenebilir ve yüksek moleküler ağırlıklı lineer polisakkarittir [18]. Esas olarak bitki ve bazı hayvanlar tarafından yapısal bir materyal olarak kullanılır. Bu malzemenin bolluğu, mekanik özelliklerine büyük bir araştırma yapma ihtiyacı doğurmuştur [19]. **Şekil 3.1.**'da selülozun molekül yapısı gösterilmiştir.



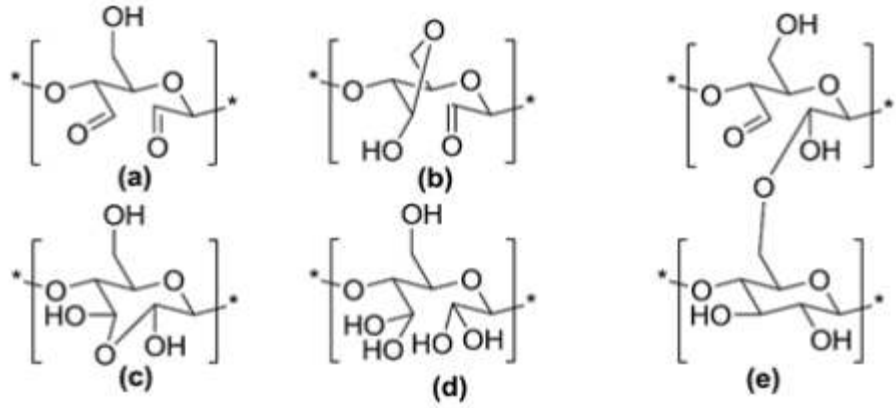
Bir başka selüloz, mikrokristalin selüloz formudur ve bir bağlayıcı malzeme olarak farmasötik tabletlerin üretiminde sıkıştırılabilirliği arttırmak için kullanılır. Mikrokristalin selülozun (Selüloz I) kristal yapısı, tek bir β -D glikozidik bağlantı ile birleştirilen iki anhidroglikoz biriminden oluşmaktadır [19].

3.2. Dialdehit Selüloz

Dialdehit selüloz (DAC), güçlü bir yükseltgen olarak kullanılan sodyum periyodat (NaIO_4) kullanılarak, selüloz zincirindeki bir anhidroglikoz birimindeki C2-C3 bağının seçici bir şekilde ayrılmasıyla üretilmektedir. Sabit bir sıcaklıkta, reaksiyon süresi ve eklenen periyodat miktarı, ortaya çıkan aldehit içeriğini etkiler. Anhidroglikoz ünitesinin (AGU) C2-C3 bağının selektif bölünmesiyle sıklıkla iyodat diester vasıtasıyla verilen yerde iki aldehit grubu oluşur. Bu oluşum **Şekil 3.2.**'de gösterilmektedir. Bu reaksiyon sonucunda periyodat (IO_4^-) yan ürün olarak iyodat (IO_3^-) oluşmaktadır.

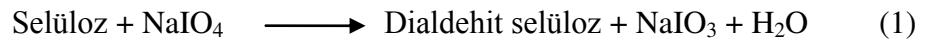


Şekil 3.2. Selülozun periyodat yükseltgenmesiyle DAC oluşumu [21].



Şekil 3.3. Aldehit yapıları (a) serbest aldehit (b) intramoleküler hemiasetal (c) hemialdol (d) hidratlanmış aldehitler (e) moleküler arası hemiasetal [21].

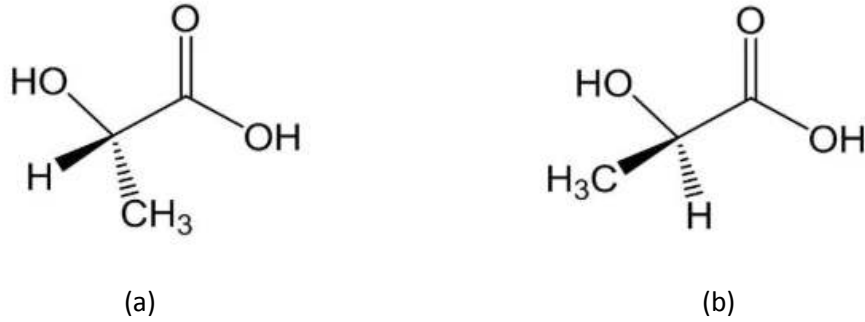
Gerçekleşmiş olan reaksiyon aşağıda gösterilmiştir.



3.3. Polilaktik Asit Yapısı ve Özellikleri

PLA'nın temel yapısı; karbonhidrat fermantasyonu veya kimyasal sentez ile elde edilen laktik asittir. Laktik asitten PLA üretiminde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan birkaçı dehidrasyon kondenzasyonu, direk kondenzasyon polimerizasyonu ve laktid formasyonu üzerinden polimerizasyondur. Ancak yüksek molekül ağırlıklı, ticari olarak üretilen PLA, halka açılması polimerizasyonu yöntemi ile elde edilmektedir. Laktik asitten halka açılması yöntemi ile elde edilene polilaktid, polikondenzasyon yöntemi ile elde edilene polilaktik asit

denir [16]. L-Polilaktik asit ve D-Polilaktik asit formunda olabilmektedir. **Şekil 3.4.**'de PLA'ya ait bu yapılar verilmiştir.



Şekil 3.4. PLA yapısı (a) L-polilaktik asit (b) D-polilaktik asit[22].

PLA yarı kristalin ya da amorf yapıda bulunabilmekte ve rijit termoplastik ve alifatik polimerler sınıfına girmektedir. Bu polimer benzersiz özellikleri göstermektedir. Bunun sebebi hem polietilenteraftalat (PET) karakteristiğine sahip olması hem de polipropilen (PP) özelliğini sergilemesidir. PLA'nın diğer özellikleri ise biyobozunur bir polimer olması, biyo uyumluluk özelliğine sahip olması ve çevre dostu olmasıdır [23].

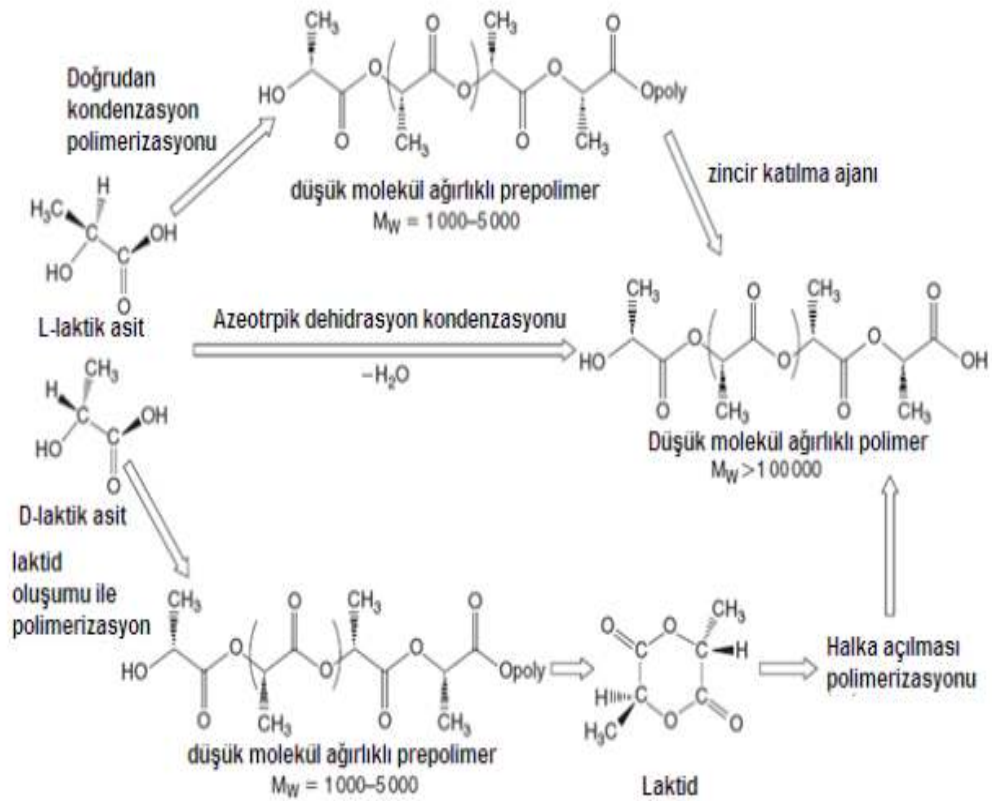
PLA'nın yüksek sıcaklıklarda maruz kaldığında laktid monomeri oluşur ve bu sebeple termal bozunmaya uğrar. PLA'ya ait bazı özellikler şunlardır;

- Kristalinite: PLA % 40'a kadar kristalin halde ya da tamamen amorf olarak elde edilebilmektedir. L-laktik asit içeriği % 93'den fazla olan PLA yarı kristalin yapıdadır. L-laktik asit içeriği % 50-93 arasında ise yapı tamamen amorf olmaktadır.
- Çözünürlük: PLA için en iyi çözücü kloroformdur. Kloroform dışındaki diğer çözücüleri ise klorlu veya florlu organik bileşikler, dioksan, dioksan ve furandır. PLA su, alkol ve alkanlarda çözünmez.
- Mekanik özellikleri: Kristalinite, polimer yapısı, molekül ağırlığı gibi etkenlere bağlı olarak PLA'nın mekanik özellikleri değişiklik göstermektedir.
- Parçalanma: PLA üç farklı şekilde parçalanabilmektedir. Bunlar; termal parçalanma, hidrolitik parçalanma ve biyotik parçalanmadır [16].

PLA'nın kullanım alanları incelendiğinde çok geniş bir alana sahip olduğu görülmektedir. PLA; tıp alanında cerrahi dikişlerde, kum torbaları, yabani ot

önlemeağları, bitki ağları, saksılar, ofis otomasyon ekipmanları ve elektrikli cihazlar gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra otomotiv sanayinde kapı iç döşeme kumaşı, yan gövde koruması, zemin halısı, direk süsü olarak da çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır [21].

PLA'nın sentezi; iki basamaktan oluşmaktadır. Birinci basamakta laktik asit elde edilirken ikinci basamakta ise polimerizasyon gerçekleşmektedir. PLA'nın bazı sentez yöntemleri **Şekil 3.5.**'de gösterilmektedir



Şekil 3.5. PLA'nın bazı sentez yöntemlerinin şematik gösterimi [16].

PLA sentezi için genellikle iki farklı metod kullanılır:

- 1) Direkt Kondenzasyon Polimerizasyonu (PC)
 - a. Azeotropik Kondenzasyon Polimerizasyonu
 - b. Katı Hal Polimerizasyonu (SSP)
- 2) Halka Açılması Polimerizasyonu (ROP) [17].

PLA düşük uzama özelliğine sahip olan camsı bir polimerdir (< %10). PLA'nın farklı biyo uyumlu veya biyo uyumlu olmayan plastikleştiricilerle modifikasyonu kullanım alanını genişletmekte ve özelliklerini arttırıcı yönde etkilemektedir. Değiştirilen özellikleri arasında; düşük molekül ağırlıklı fakat kaynama noktası yüksek, uçuculuğu düşük polimer elde edilmesi yer almaktadır. PLA'ya plastikleştirici özellik kazandırmak için oligomerik sitrat ester, oligomerik PEG ve gliserol kullanılmaktadır. PLA'nın mekanik özelliklerinin değiştirilmesinin diğer bir yolu ise radyasyonla veya kimyasal olarak çapraz bağlanması ile mümkündür [17].

PLA'nın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri **Tablo 3.1.**'de ve FTIR pik pozisyonları **Tablo 3.2.**'de verilmiştir.

Tablo 3.1. PLA'nın bazı özellikleri [17].

Veri	PLA	ASTM
Fiziksel özellikler		
Özgül ağırlık , g/cc	1,24	D792
Berraklık	Şeffaf	
Ergime sıcaklığı, °C	145-160	D3418
Camsı geçiş sıcaklığı, °C	55-60	D3418
Mekanik özellikler		
Gerilme dayanımı, MPa	60	D882
Çekme dayanımı, MPa	53	D882
% Uzama	6	D882
Bükülme mukavemeti, MPa	83	D790

Tablo 3.2. PLA'nın FTIR pik pozisyonlarına ait bilgiler [24].

Dalga sayısı (cm ⁻¹)	Pik pozisyonu
3503	O-H gerilmesi (serbest)
2995	CH asimetrik gerilmesi
2945	CH simetrik gerilmesi
1761	C=O karbonil gerilmesi
1454	CH ₃ eğilme
1382	CH asimetrik deformasyon
1267	C=O eğilme
1188	C-O gerilmesi
1129	C-O gerilmesi
1096	C-O gerilmesi
1046	O-H eğilme
955	C-C gerilme
869	Kristalin fazın absorpsiyon piki
756	Amorf fazın absorpsiyon piki
362	CH deformasyon piki

3.4. Polietilen Glikol Yapısı ve Özellikleri

Polietilen glikol (PEG), halkasal yapıda olmayan, oksijen ve etilen birimlerinin sıra ile bağlandığı bir polimerdir. PEG, medikal kullanımlarda çok sık tercih edilen bir polimer türüdür. Bunun sebeplerinden bazıları; toksik olmayan yapısı, hidrofilik olması, antijenesite ve immunojenesite göstermemesidir. Biyobozunur bir polimer olan PEG mekanik özellikleri geliştirmek için tercih edilmektedir [16].

PEG'in fiziksel özellikleri molekül ağırlığına göre değişmektedir ve moleküler ağırlığı arttıkça viskozitesi artmaktadır. Oda sıcaklığında, molekül ağırlığı 600 g/mol' e kadar olanlar viskoz sıvıdır, molekül ağırlığı 800-1500 g/mol arasında olanlar vazelin yapısında, 2000 g/mol' den 6000 g/mol' e kadar olanlar ise mumsu yapısında bulunmaktadır. Molekül ağırlığı 20000 g/mol' den büyük olan polietilen glikol yapısı oda sıcaklığında kırılğan kristal halindedir [25].

PEG kimyasal modifikasyona, başka bir yüzeye ve moleküle bağlanma eğilimindedir ve geniş bir kullanım alanına sahiptir [16].

Tablo 3.3.'de PEG 3000'e ait bazı fizikokimyasal özellikler ve **Tablo 3.4.**'de PEG yapısına ait FTIR pik pozisyonları verilmiştir.

Tablo 3.3. PEG 3000'e ait bazı özellikler [26].

Özellikler	
Yoğunluk, g/cm ³ 20 °C	1,21
Ergime sıcaklığı, °C	55-58
Alevlenme noktası, °C	270
pH (100g/L, H ₂ O, 20 °C)	4-7

Tablo 3.4. PEG yapısına ait FTIR pik pozisyonları [26].

Dalga sayısı (cm ⁻¹)	Pik pozisyonu
3455-3441	O-H gerilmesi
2878-2869	C-H gerilmesi
1464-1461	C-H eğilme
1099	C-O gerilmesi

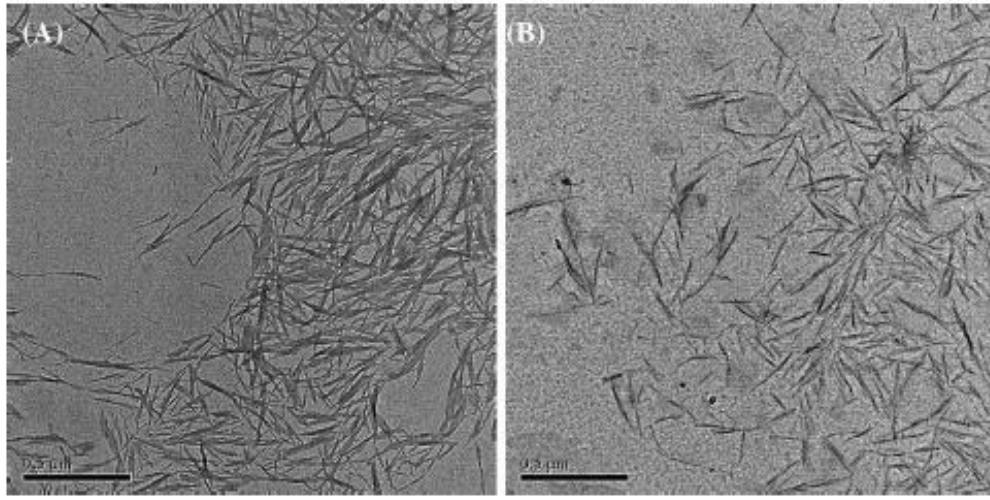
3.5. PLA/Selüloz/PEG

PLA kırılkan ve düşük darbe dirancine sahip bir polimerdir. PLA hidrofobik olmasına karşın selüloz bol miktarda açığa çıkan hidroksil grupları nedeniyle hidrofiliktir. Bu sebeple PLA ve selüloz arasındaki uyumluluğu geliştirmek için polietilen glikol (PEG) ilave edilmektedir.

Pietrucha ve Safandowska selülozun periyodat ile oksidasyonu sonucu DAC elde etmişlerdir. Oluşan bu yapının kollojen çapraz bağlanmasına etkisi incelenmiştir. Yapılan FT-IR çalışmaları, çapraz bağlanmanın DAC aldehit

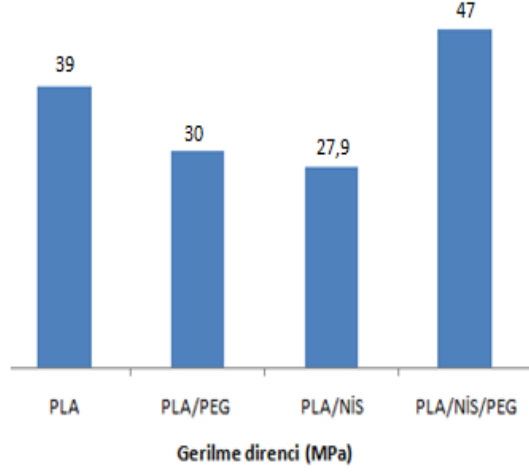
gruplarının serbest amino kollojen grupları ile reaksiyonu yoluyla elde edildiğini göstermiştir [27].

Bo Sun ve arkadaşları, nanokristal selülozun (CNC) sodyum periyodat reaksiyonu sonucu oksidasyon yoğunluğu, aldehit içeriği, pH, sıcaklık ve oksidasyon süreleri gibi koşulları incelemişlerdir. Geçirimli elektron mikroskobu (TEM) ile oksidasyon sonucu selülozdaki yapı değişikliği incelenmiştir. **Şekil 3.6.**'de TEM görüntüsü verilmiştir. Bu sonuca göre oksidasyon sonucu (**Şekil 3.6.(b)**) oluşan yapının daha dağınık, modifiye edilmemiş CNC yapısının (**Şekil 3.6.(a)**) ise daha bir arada durduğu görülmüştür [28].



Şekil 3.6. TEM görüntüsü (a) Modifiye edilmemiş CNC (b) Periyodat yükseltgenmesi [28].

Ping Qu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada nanoipliksi selüloz (NIS) (nanowhiskers) ve PLA arasındaki uyumluluğu arttırmak için düşük molekül ağırlıklı PEG kullanmışlardır. Elde ettikleri yapıyı SEM ve AFM ile incelemişlerdir. AFM tarafından karakterize edilmeleri sonucu nanoipliksi selülozların PLA matrisi içinde homojen dağıldığı görülmüştür. Mekanik özellikleri bakımından yapı incelendiğinde PLA'nın gerilme direncinin nanoipliksi selüloz ilavesi ile azaldığını, aynı şekilde PLA'ya PEG ilave edilmesi ile yine gerilme direncinin azaldığını, ancak PLA'ya PEG ve nanoipliksi selülozun aynı anda ilave edilmesi sonucu gerilme direncinin arttığını gözlemlemişlerdir. Sonuçlar **Şekil 3.7.**'de gösterilmiştir [29].



Şekil 3.7. Gerilme direnci değerleri [29].

Bu çalışma ile doğal biyobozunur bir polimer olan selülozdan yola çıkılmıştır ve pahalı olan PLA'nın maliyet dezavantajı yok edilerek iyi özelliklere sahip yeni bir biyobozunur polimer elde etmek amaçlanmıştır. Bu çalışmada blend oluşturmak için çözücü tekniği kullanılmış ve mikrokristalin selüloz ile PLA arasında uyumlaştırıcı olarak PEG tercih edilmiştir.

4. DENEYSEL KISIM (MATERYAL VE YÖNTEMLER)

4.1. Materyal

Araştırma materyali olarak mikroselüloz, PLA ve PEG kullanılmıştır. Selülozun sentezlenmesi ile elde edilen 2,3-DAC laboratuvar şartlarında muhafaza edilmiş ve 2,3-DAC'ın modifikasyonu dimetilformamid (DMF) ortamında ilk olarak PLA ile daha sonra PLA/PEG kompozisyonu ile yapıldı.

4.2. Yöntem

4.2.1. Selülozdan 2,3-Dialdehit Selüloz Eldesi

2,3-Dialdehit selüloz (DAC) eldesi mikrokristalin selülozdan yola çıkılarak yapılmıştır. 2,3-Dialdehit selüloz elde etmek için 20 g mikroselüloz (Alfa Aesar) ile 40 g NaIO_4 karıştırılmış ve üzerine 500 mL saf su ilave edilmiştir. Çözelti 72 saat karanlıkta ve oda sıcaklığında (25 °C) karıştırıldıktan sonra reaksiyon 16 mL etilen glikol ilavesi ile sonlandırılmıştır. Santrifüjleme işlemi yapılmış ve yapı 5 kez saf su ile yıkanmıştır. Kurutma işlemi liyofilizasyon ile gerçekleştirilmiştir. Liyofilizasyonun ile kurutma işleminin sebebi etüvde kurutma yapılırken DAC'ın karararak bozunduğunun görülmesidir. Liyofilizasyon ile kurutma işleminden sonra elde edilen yapı **Şekil 4.1.**'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. 2,3-Dialdehit selüloz (2,3-DAC)

4.2.2. 2,3-Dialdehit Selüloz/PLA Blend Hazırlanması

0,25 g PLA üzerine 10 mL DMF eklendi ve 80 °C’de PLA çözünene kadar karıştırıldı. Oluşan çözelti üzerine 0,25 g 2,3-DAC eklenerek 80 °C’de karıştırma işlemine devam edildi. Elde edilen karışım etanole döküldü ve karışım evaporatör sistemine alındı. Evaporatörde 75°C sıcaklıkta sıvının uzaklaştırılması sağlandı. Elde edilen yapı açık havada kuruldu.

4.2.3. 2,3-Dialdehit Selüloz/PLA /PEG Blend Hazırlanması

0,25 g PLA üzerine 10 mL DMF eklenmiş 80 °C’de PLA çözünene kadar karıştırıldı. Oluşan çözelti üzerine 0,25 g 2,3-DAC ve 0,025 g PEG ilave edilerek 80 °C’de karıştırıldı. Elde edilen çözelti etanole döküldü ve evaporatör sistemine alınarak 75°C sıcaklıkta sıvı karışımın uzaklaştırılması sağlandı. Oluşan yapı oda şartlarında açık havada kurutuldu.

4.2.4. Kullanılan Kimyasal Çözeltiler

Dimetilformamid (DMF): C_3H_7NO yapısında olan DMF’in kaynama noktası 153 °C, donma noktası – 61 °C, yoğunluğu 0,949 g/mL, molar kütlesi 73,09 g/mol’dür.

Etilen glikol: $(CH_2OH)_2$ formülüne sahip olan etilen glikolün erime noktası -12,9 °C, kaynama noktası 197,3 °C, yoğunluğu 1,11 g/mL, molar kütlesi 62,07 g/mol’dür. Etilen glikol, fazla periyodatı parçalamak için kullanıldı.

4.3. Kullanılan Analiz Teknikleri

Bu çalışmada iki farklı analiz tekniği kullanıldı. Bunlardan biri Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) tekniği diğeri ise Termal Analiz (TA) tekniğidir.

4.3.1. Kızılötesi Spektroskopisi Tekniği (FTIR)

Perkin Elmer Spektrum BXFT-IR cihazı kullanılmıştır (**Şekil 4.2**). Çalışma 4000-400 cm^{-1} dalga sayısı aralığında KBr disk yöntemi kullanılarak yapıldı.

FTIR spektrumları, örnekten IR radyasyonunun geçirgenliği veya yansıması olarak iki şekilde elde edilebilir. Geçirgenlik (absorbance) ölçümleri kaynak ışığının

geçmesine izin veren örnekler için kullanılırken, yansıma (reflectance) ölçümleri ise IR radyasyonunun örnekten geçmeyerek örnek üzerinden yansması esasına dayanır [16].



Şekil 4.2.Perkin Elmer Spektrum BXFT-IR

4.3.2. Termal Analiz Tekniği

Perkin Elmer SII 7300 marka cihazın çalışma sıcaklık aralığı 25-1500 °C olup, ısıtma hızı 0,01-100 °C/dak arasında değişmektedir. Çalışmamızda 6,5 °C/dk hızında analiz yapılmıştır. Kullanılan cihaz **Şekil 4.3.**'de gösterilmiştir. % kütle değişimi, DTA ve % DTG/dk grafikleri elde edilmiş ve incelenmiştir.



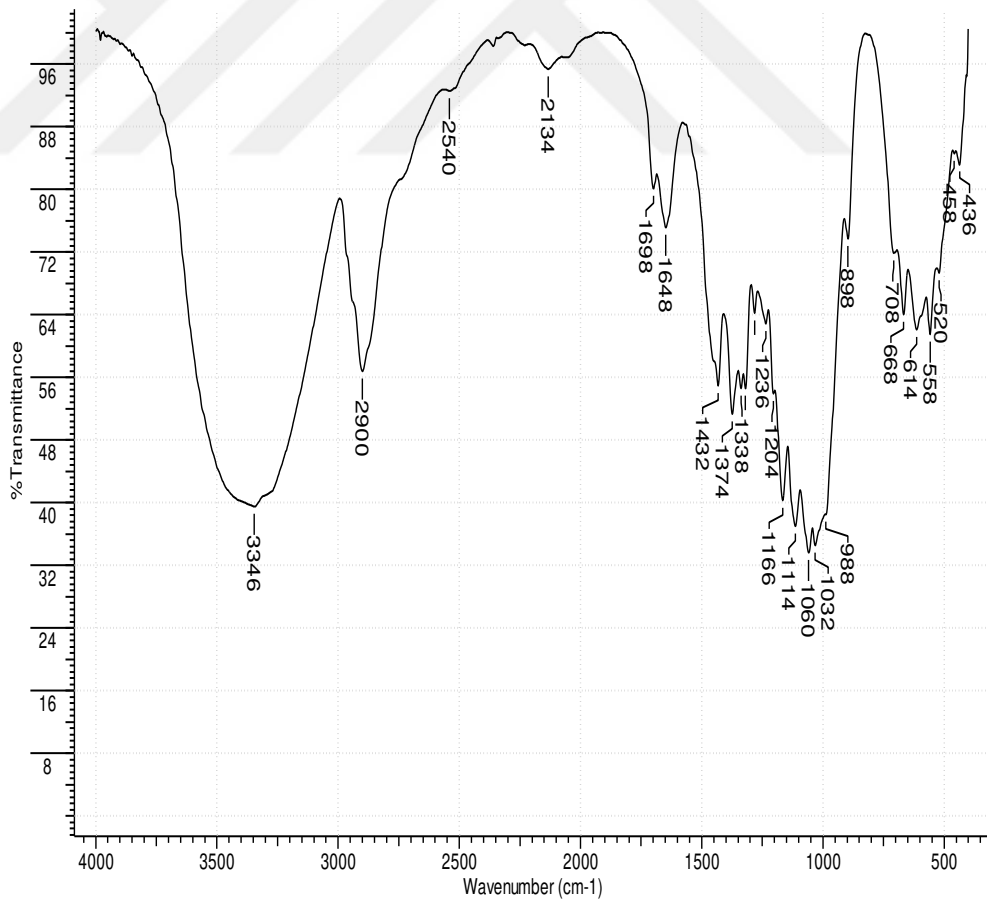
Şekil 4.3. Termal analiz cihazı

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

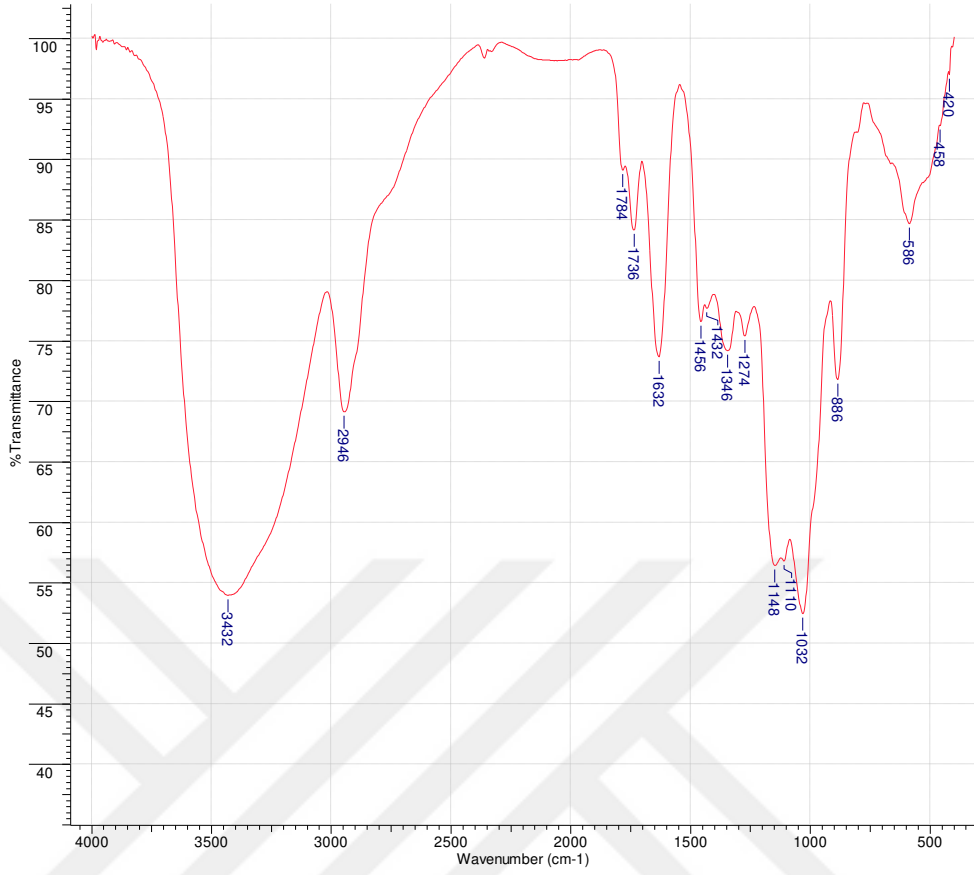
Çalışma kapsamında elde edilen yapılar Kızılötesi Spektroskopi Tekniği ve Termal Analiz Teknikleri ile incelenmiştir.

5.1. Kızılötesi Spektroskopi Tekniği Analiz Sonuçları

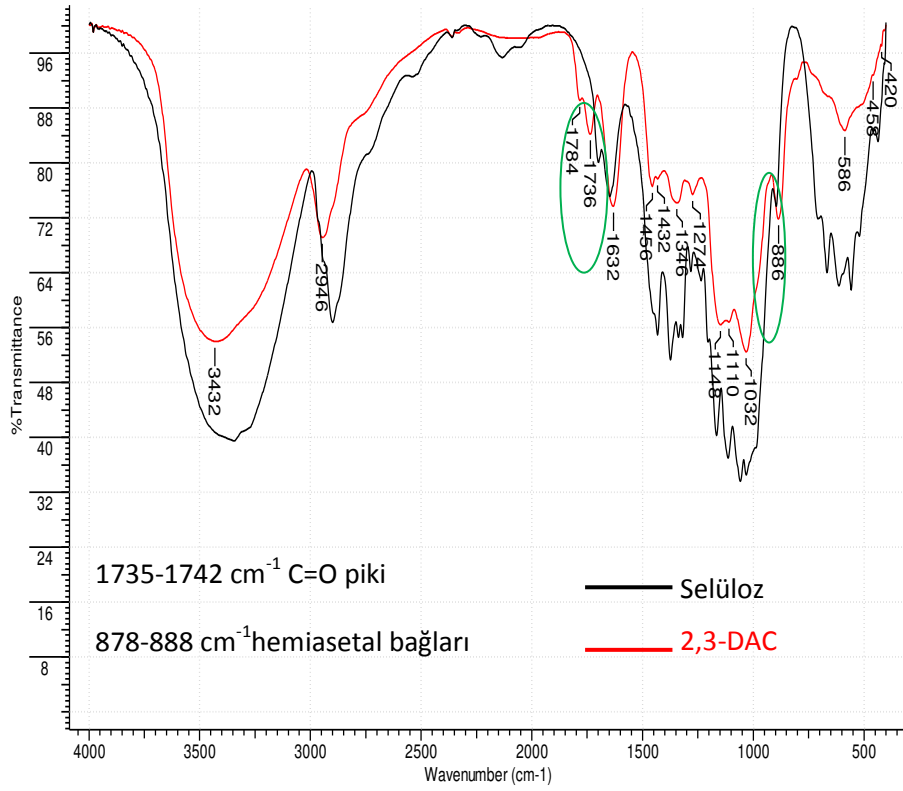
Mikrokristalin selüloz ait FTIR (Fouirer Transfotm Infrared Spektrofotometre) sonucu **Şekil 5.1.**'de, 2,3-DAC'a ait FTIR analiz sonucu **Şekil 5.2.**'de ve mikroselüloz ve 2,3-DAC'a ait karşılaştırmalı sonuç **Şekil 5.3.**'de verilmiştir. 2,3-DAC'a ait karakteristik C=O piki ve hemiasetal bağlara ait pik görülmektedir. C=O piki 1736 cm^{-1} ve hemiasetal bağ piki 886 cm^{-1} 'de görülmektedir. **Şekil 5.4.**'de saf PEG yapısına ait, **Şekil 5.6.**'da ise saf PLA yapısına ait FTIR sonuçları gösterilmektedir.



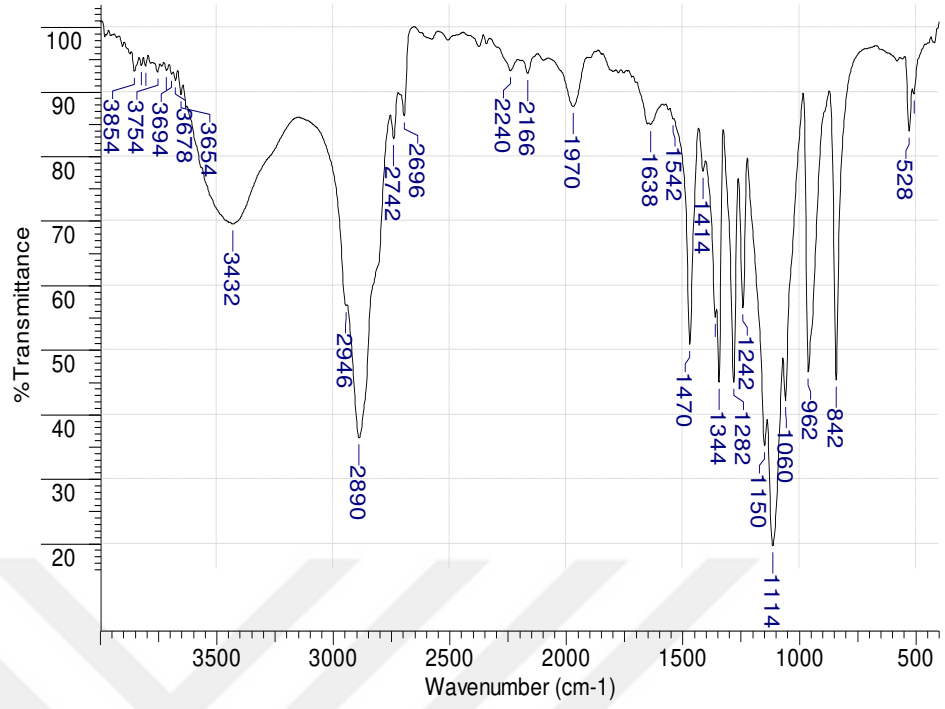
Şekil 5.1. Mikrokristalin selüloza ait FTIR sonucu



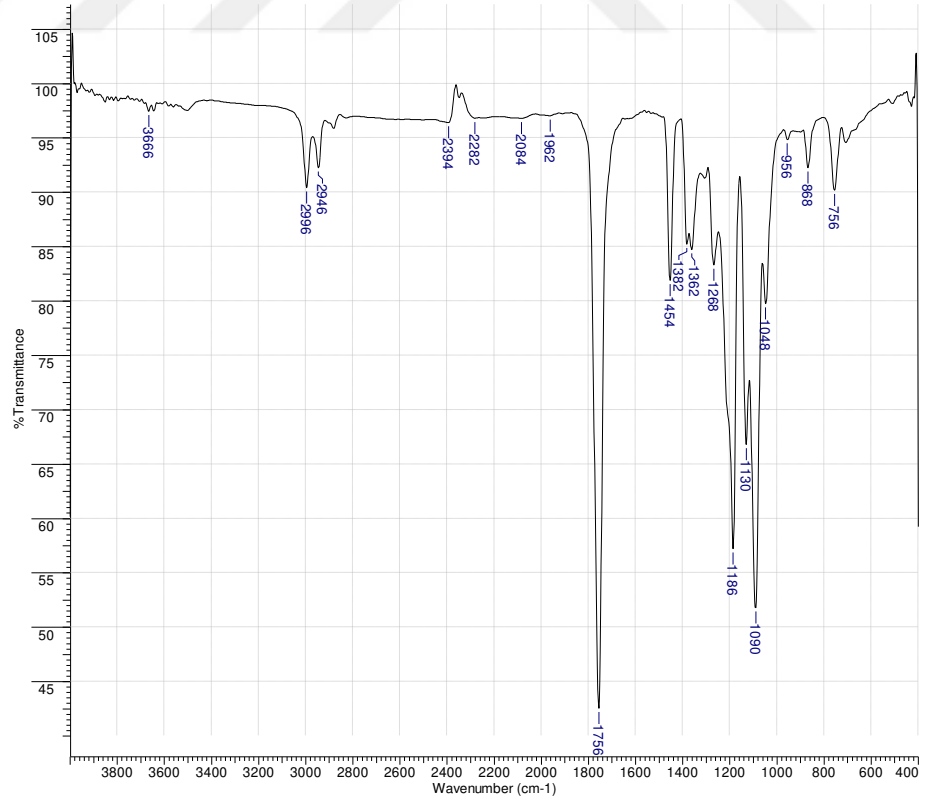
Şekil 5.2. 2,3-DAC'a ait FTIR sonucu



Şekil 5.3. Mikrokrystalin selüloz ve 2,3-DAC FTIR sonuçları

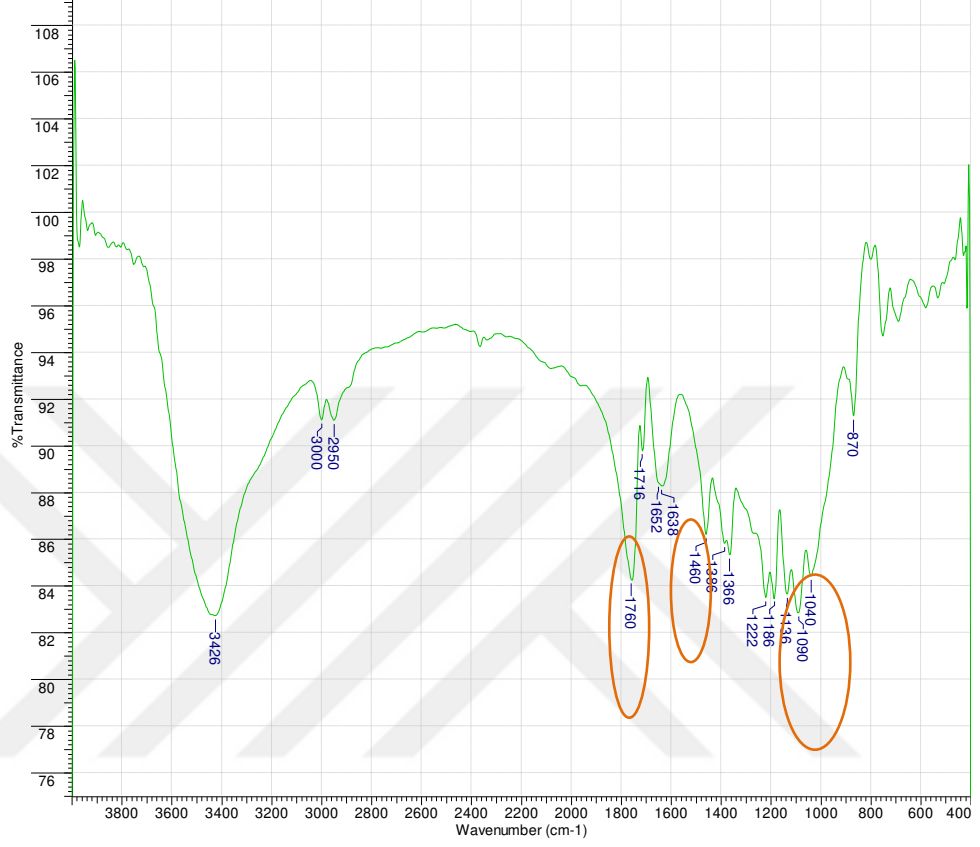


Şekil 5.4.PEG 3000'e ait FTIR sonucu



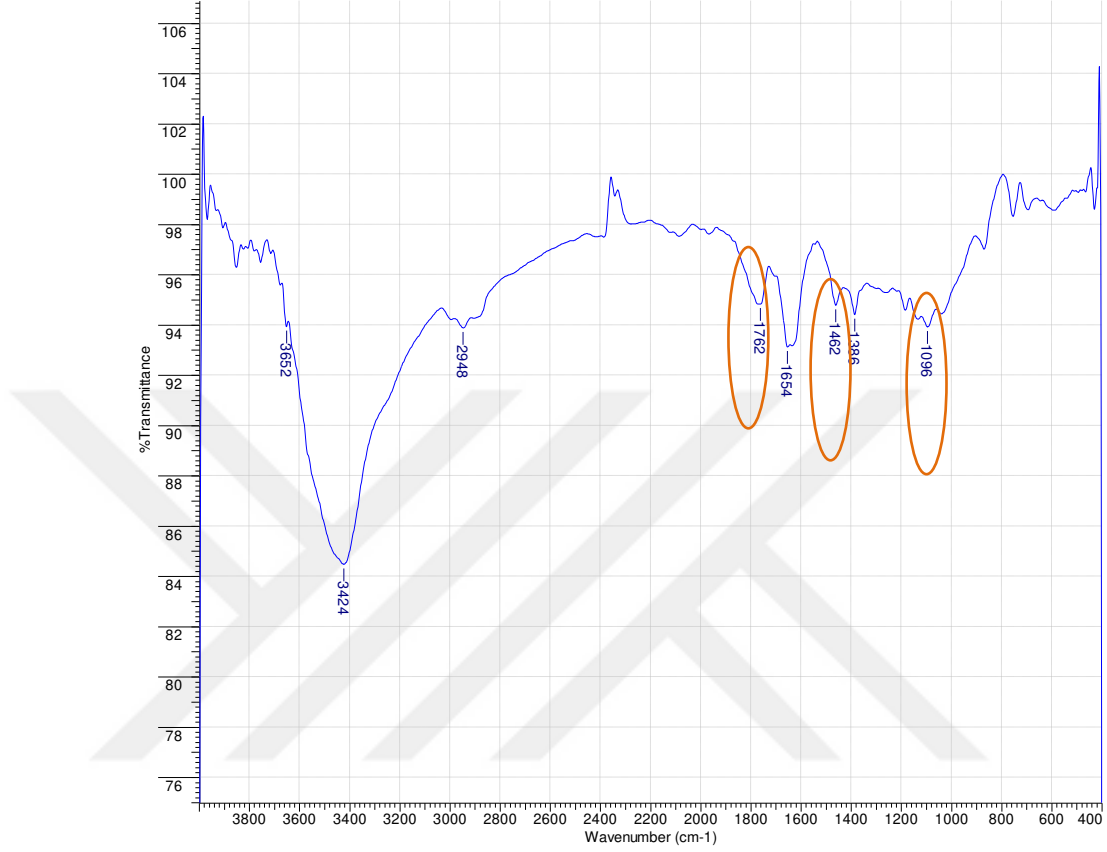
Şekil 5.5. PLA'ya ait FTIR sonucu

Şekil 5.6.'da 2,3-DAC/PLA kompozisyonuna ait FTIR sonucu verilmiştir. 1760 cm^{-1} , 1460 cm^{-1} ve 1090 cm^{-1} 'de görülmekte olan pikler oluşan biyokompozite aittir [28, 29].



Şekil 5.6. 2,3-DAC/PLA kompozisyonu FTIR sonucu

Şekil 5.7.'de 2,3-DAC/PLA/PEG kompozisyonuna ait FTIR sonucu görülmektedir. 1762 cm^{-1} , 1462 cm^{-1} ve 1090 cm^{-1} 'deki pikler elde edilen biyokompozite aittir.

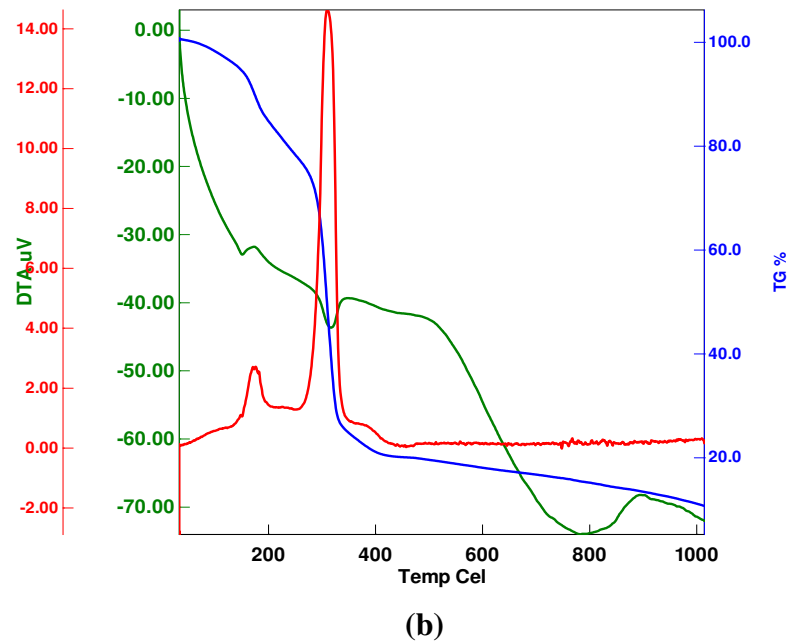
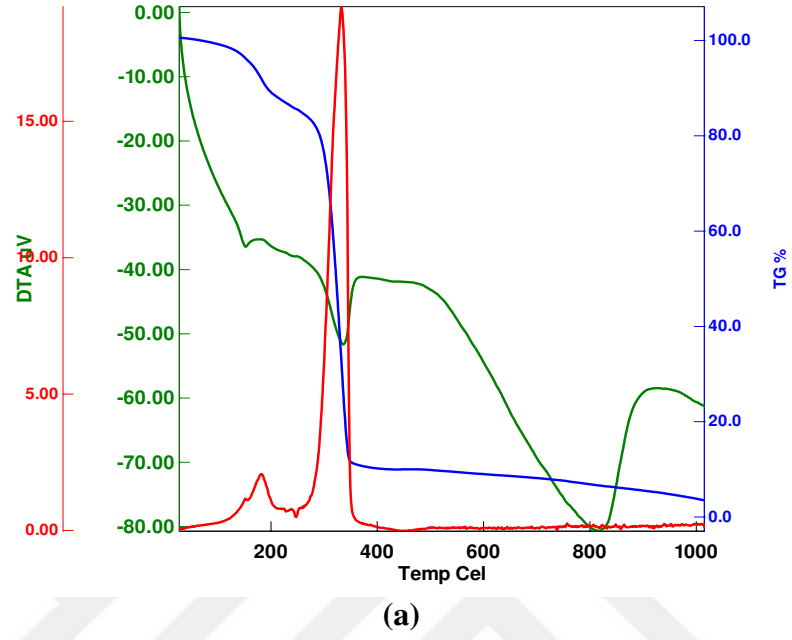


Şekil 5.7. 2,3-DAC/PLA/PEG FTIR sonucu

Şekil 5.3., **Şekil 5.6.** ve **Şekil 5.7.**'deki FTIR grafikleri incelendiğinde $3400\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ ve $3000\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$ civarındaki pikleri sırası ile O-H ve C-H gerilmelerine aittir. $1762\text{--}1758\text{ cm}^{-1}$ 'deki güçlü absorpsiyon piki C=O gerilmesine ait iken, $1092\text{--}1770\text{ cm}^{-1}$ ve $1462\text{--}1453\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikler sırasıyla C-O grubu ester bağı ve CH₃ grubunun asimetric gerilmesini temsil etmektedir. 1040 cm^{-1} 'deki C=O piki, 1090 cm^{-1} 'deki C-O piki, 1762 cm^{-1} ve 1090 cm^{-1} 'deki pikler ise biyokompozitlere aittir. 1453 cm^{-1} 'deki pik biyokompozitlerde daha yüksek dalga boyuna $1462\text{--}1460\text{ cm}^{-1}$ 'e doğru ilerlemiştir. Sonuçlar incelendiğinde PLA ve selüloz yüzeyleri arasındaki etkileşimlerin varlığını görülmektedir.

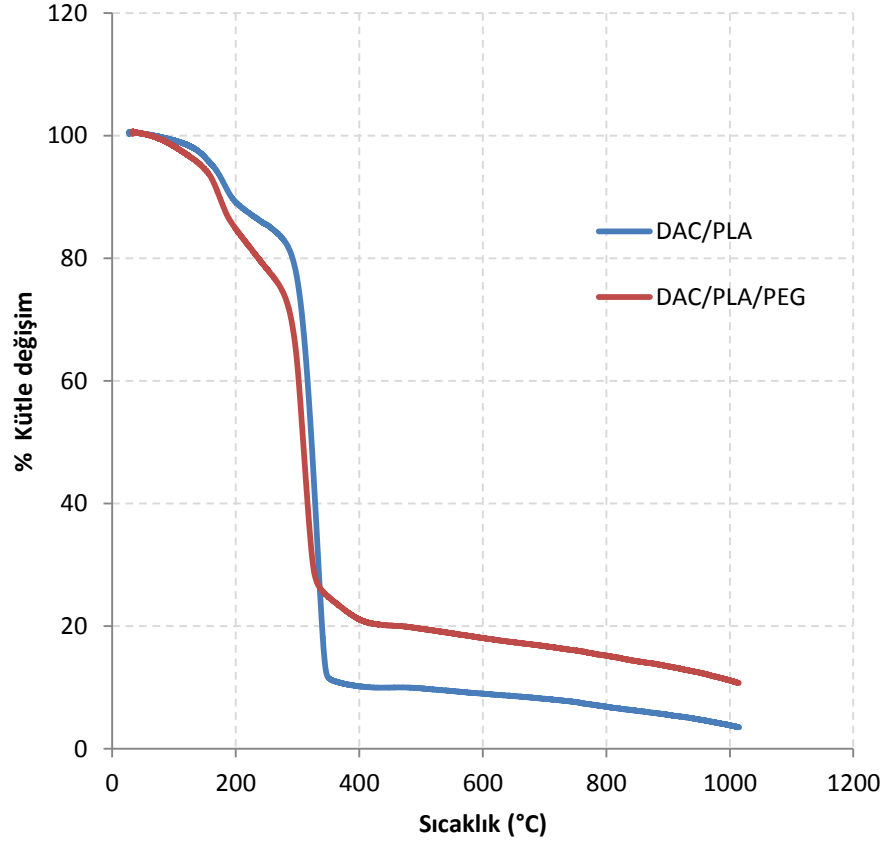
5.2. Termal Analiz Tekniği Sonuçları

Elde edilen biyokompozisyonlara ait termal analiz sonuçları **Şekil 5.8.** ve **Şekil 5.9.**'da verilmiştir.



Şekil 5.8. Termal analiz sonuçları (a) DAC/PLA kompozisyonu (b) DAC/PLA/PEG kompozisyonu

Şekil 5.9.'de elde edilen iki kompozisyona ait % kütle değişim-sıcaklık grafiği verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre DAC/PLA/PEG kompozisyonuna ait kalıntı oranının yüksek olduğu görülmektedir. Her iki kompozisyon iki basamaklı bir reaksiyon sonucu oluşmuştur. DAC/PLA kompozisyonuna ait grafikteki 2.basamak kütle değişimi ~280 °C'de gerçekleşmeye başlamıştır. Kalıntı oranı % 5 civarında olarak görülmüştür. DAC/PLA/PEG yapısına ait grafikte 2.basamak kütle değişimi 270 °C'de başlamıştır ve kalıntı oranı % 12 olarak gözlenmiştir.



Şekil 5.9. Karşılaştırmalı % kütle değişim-sıcaklık grafiği

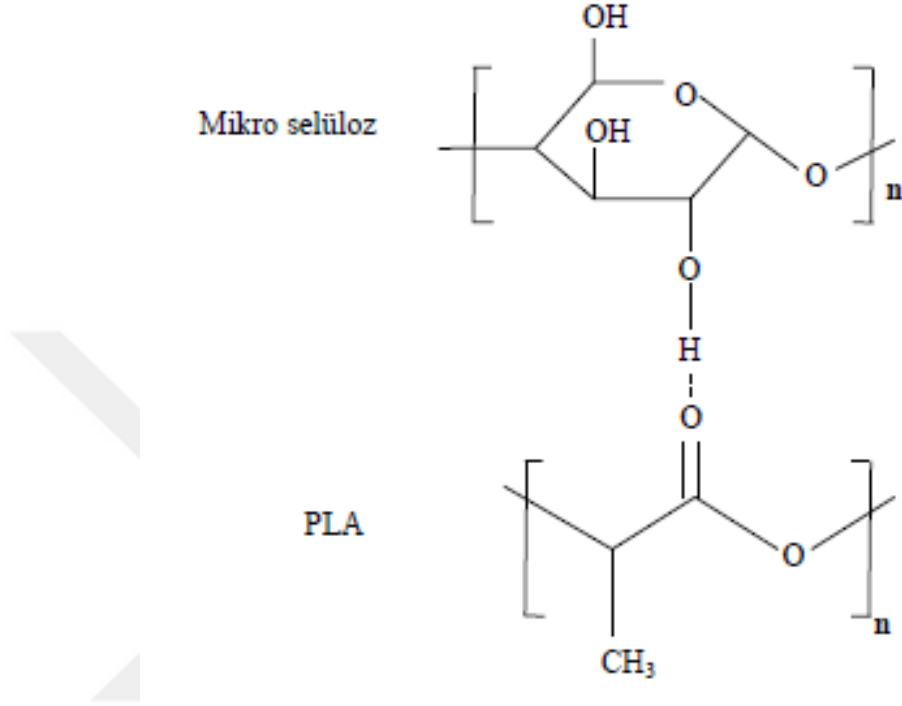
6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1736 ve 886 cm^{-1} bölgelerinde iki spesifik FTIR bandı 2,3-DAC'e ait yapı sonucunda görülmektedir. Bu piklerin varlığı periodat selülozun bildirilen FTIR spektrumları ile tutarlı sonuç göstermektedir. 1736 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bandı, karakteristik aldehit karbonil gruplarına ait iken, 882 cm^{-1} bant yeni elde edilen aldehit grupları ve bunların komşu hidroksil grupları arasındaki hemiasetal bağların oluşumuna karşılık gelmektedir. Bu sonuçlar, aldehit gruplarının, selülozun periodat oksidasyonu ile yapıya sokulduğunu göstermektedir. Bu regioselektif oksidasyon sırasında oluşan aldehit grupları, ilave modifikasyona karşı yüksek reaktiviteye sahiptir ve protein amino grupları ve polisakaritlerin mevcut aldehitleri arasındaki etkileşime dâhil olabilirler [28, 29]. Biyokompozitlere ait FTIR sonuçları literatür ile karşılaştırıldığında elde edilen verilerin uyumlu olduğu görülmüş ve biyokompozit eldesinin başarılı bir şekilde sentezlendiği sonucuna varılmıştır.

Termal analiz sonuçları incelendiğinde her iki biyokompozitin de iki basamaklı bir reaksiyon olduğu görülmektedir. PEG ilavesi ile elde edilen biyokompozitin analiz sonunda yaklaşık % 12 kalıntı bıraktığı, ikinci basamaktaki bozulmanın da yaklaşık 285 °C'de başladığı görülmüştür. **Şekil 5.9.** incelendiğinde 2,3-DAC/PLA/PEG kompozisyonuna sahip biyokompozitin ilk basamaktaki bozulmasının daha düşük sıcaklıkta başladığı sonucuna varılmaktadır. Bu sonuç da yapıda ilk olarak PEG'in bozulmaya başladığının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Bu çalışmada PEG kullanılmasının sebebi; hidrofobik olan PLA ile hidrofilik olan selüloz arasında uyumlaştırıcı olarak davranmasıdır. PEG, PLA için iyi bir uyumlaştırıcıdır. PEG'in hidroksil grupları selüloz ile etkileşime girmektedir. PEG ilavesinin bir diğer sebebi ise blendlerin mekanik özellikleri iyileştirmek istememizdir. PEG, moleküller arası etkileşimi iyileştirmenin yanında arayüzey etkileşimini de geliştirmektedir. Bunun sebebi C-O-C ve O-H bağları, PLA ile selülozun birbirine bağlayan hidrojen bağı veya dipolar etkileşimler arasında köprü gibi davranır [29,30].

Çalışma sonucunda elde edilen blend görsel olarak homojen bir yapıya sahiptir. PLA ile selüloz arasında oluşan bağ hidrojen bağıdır. **Şekil 6.1.**'de PLA ve mikro selüloz arasında gerçekleşen bağlanma gösterilmektedir.



Şekil 6.1. PLA-Selüloz blend yapısı

KAYNAKLAR

1. Beşergil, B., .Polimer Kimyası. Ankara, Gazi Kitapevi, 2008, 487 s.
2. MEGEP, Plastik Teknolojisi: Polimerlerin Fiziksel Özellikleri, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2006, 71 s.
3. Güven, Y. Ş., Biyouyumluluk ve Biyomalzemelerin Seçimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2014, 2 (3) 303-311.
4. Palabıyık, M.İ, Poliamid 6 (PA6) ve Yüksek Yoğunluklu Polietilenin (HDPE) Düzenleyici Katkılı ve Katkısız Karışımlarının Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin Deneysel İncelenmesi. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul , 2000, 112 s. (Yüksek Lisans Tezi).
5. Altundağ, Ö, Bazı Polimer Yapılarının Küçük Açılı X-Işını Saçılma Yöntemi (SAXS) ile İncelenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012, 87 s. (Yüksek Lisans Tezi).
6. Ögmen, G., Kitosan ve İkili Polimer Karışımlarının Hazırlanması ve Özelliklerinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi, 2008, 55 s. (Yüksek Lisans Tezi).
7. Uzluk, E., Polimerlerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Özelliklerinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008, 180 s. (Yüksek Lisans Tezi).
8. Buzoğlu, L., Blok Kopolimer Sentezi ve Biyolojik Uygulamaları, Selçuk Üniversitesi, 2012, 93.s. (Yüksek Lisans Tezi).
9. Özdemir, Z.Ö., Functional Properties and Uses of Chitin, Chitosan, Türkiye Kimya Derneği, 2014, s. 104-114.
10. Kırıcı, H., Ateş, S., Akgül, M., Selüloz Türevleri ve Kullanım Yerleri, Fen ve Mühendislik Dergisi, (2), 2001, 119-130.
11. Saçak, M., Polimer Kimyasına Giriş, A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, Ankara, 1998, 164 s.
12. Arıcıoğlu, M.K., Mert, B., Soydan, Y., Polimer Malzemelerin Mekanik Analiz Yöntemleri, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2000, (4) s. 51-58.
13. Sevinç, V., Atabek, E., PVC/PMMA Blendlerinin Karışılabilirliğinin Viskozimetrik ve Spektroskopik Yöntemler ile İncelenmesi, Adapazarı : SAÜ Fen Bilimleri ENstitüsü Dergisi, 2005, (9), 8-14 s.
14. Kekevi, B., Polietilenin Biyopolimerlerle Blendlerinin Hazırlanması ve Biyobozunur Özelliklerinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, fen Bilimleri ENstitüsü, 2015, 175 s. (Doktora Tezi).

15. Cengiz, B., Hidroksiapatit Nanoparçacıklarının Sentezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007, 82 s. (Yüksek Lisans Tezi).
16. Şengül, B., Poli(laktik asit)/Tabakalı Silikat Nanokompozitlerin Hazırlanması, Karakterizasyonu ve Gıda Ambalajı Olarak Uygulanabilirliğinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013, 242 s. (Doktora Tezi).
17. Karagöz, F., Synthesis and Characterization of Poly(D,L-lactic acid-co-Serine-NH₂) Copolymer. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014, 113 s. (Yüksek Lisans Tezi).
18. Dash, R., Synthesis and Characterization of Novel Cellulosics, Georgia Institute of Technology, School of Chemistry and Biochemistry, 2012, 246 s. (Doktora Tezi).
19. Eichhorn, S.J., Young, R. J., The Young's Modulus of a Microcrystalline Cellulose. Cellulose, 2001, (8), 197-207 s
20. Coseri, S., Cellulose: To depolymerize... or not to?. Biotechnology Advances, 2007, (35), 251-266 s.
21. Höglund, E., Production of Dialdehyde Cellulose and Periodate Regeneration: Towards Feasible Oxidation Processes. Karlstad University, 2015, 70 s. (Yüksek Lisans Tezi).
22. Gupta, B., Revagade, N., Hilborn, J., Poly(lactic acid) fiber: An overview, Progress in Polymer Science. 2007, (32), 455-482 s.
23. Üner, İ., Koçak, E. D., Poli(laktik asit)'in Kullanım Alanları ve Nano Lif Üretimindeki Uygulamaları. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2012, 79-88 s.
24. Devi, R., Miscibility and Biodegradation Studies of Poly(lactic acid) Blends. Fiji : The University of the South Pacific, 2008, 100 s. (Yüksek Lisans Tezi).
25. Hayta, E. N., Polikaprokaltan-Polietilen Glikol-Kitosan Bazlı Mikrokürecik üretimi ve Kontrollü İlaç Salınımında Kullanılması İçin Ön Çalışma. İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi-Yüksek Lisans Tezi, 2014, 113 s. (Yüksek Lisans Tezi).
26. Shameli, K., Ahmad, M. B., Jazayeri, D. J., Sedaghat, S., Shabanzadeh, H., J., Mahdavi, M., Abdollahi, Y., Synthesis and Characterization of Polyethylene Glycol Mediated Silver Nanoparticles by the Green Method, International Journal of Molecular Sciences, 2012, (13), 6639-6650 s.
27. Pietrucha, K., Safandowska, M., Dialdehyde Cellulose-Crosslinked Collagen and Its Physicochemical Properties, Process Biochemistry, 2015, 50 (12), 2105-2111 s.

28. Sun, B., Hou, Q., Liu, Z., Ni, Y., Sodium Periodate Oxidation of Cellulose Nanocrystal and Its Application as a Paper Wet Strength Additive. *Cellulose*, 2015, 22 (2), 1135-1146 s.
29. Qu, P., Bai, L., Gao, Y., Wu, G. F, Compatibilizing Effects of Poly(ethylene glycol) on PLA/ Cellulose Nanowhiskers Composites. *Advanced Material Science and Technology*, 2011, 675-677: 395-398 s.
30. Qu, P., Gao, Y., Wu, G., Zhang, L., Nanocomposites of Poly(lactic) Acid Reinforced with Cellulose Nanofibrils. *BioResource*, 2010, 5 (3), 1811-1823 s.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ü. Gülsüm SEZİŞ

E-posta : gsezis@gmail.com

Eğitim Durumu

Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Kimya Bölümü
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalürji ve Malzeme
Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimler
Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fizikokimya Anabilim Dalı

Yayınları

Şirin, K., Ay, K., Ay, E., Seziş, Ü.G., Modification of the dialdehyde cellulose with PLA and PEG, 2018, MCBÜ, Manisa.

Çelebi, A., Seziş, Ü.G., Simulation with simufact additive software of the effect on distortion of support structure and sample positioning. 3rd International Congress on 3D Printing Technologies and Digital Industry (3D-PTC2018), 2018, Antalya.

Seziş, Ü. G., Semerci, T., Üstün, A. M., Turutoğlu, T., Erkan, S., Sökmen, İ., Şentürk, U., Sülfür gazı ile dealkalizasyon uygulaması yapılmış düzcamların atmosfer yüzeyinde meydana gelen morfolojik değişimler. 31. Şişecam Cam Sempozyumu, 2016, İstanbul, 31.Şişecam Cam Sempozyumu –Sürdürülebilir Gelecekte Cam Bildiri Özetleri Kitabı, 83 s.

Seziş, Ü. G., Sökmen, İ., Semerci, T., Erkan, S., Bahçeci, M., Şentürk, U., Atomik kuvvet mikroskobu ile inceleme öncesi düzcam yüzeyinin temizlenmesi, 2016, İstanbul 31.Şişecam Cam Sempozyumu –Sürdürülebilir Gelecekte Cam Bildiri Özetleri Kitabı, 95 s.

Seziş, Ü.G., Investigation of the surfaces of dealkalized and weathered float glass, IZTECH, 2016, 87 s. (Yüksek Lisans Tezi).