

# POLİMERİK BİYOMALZEMELER

## Prof. Dr. Atilla EVCİN

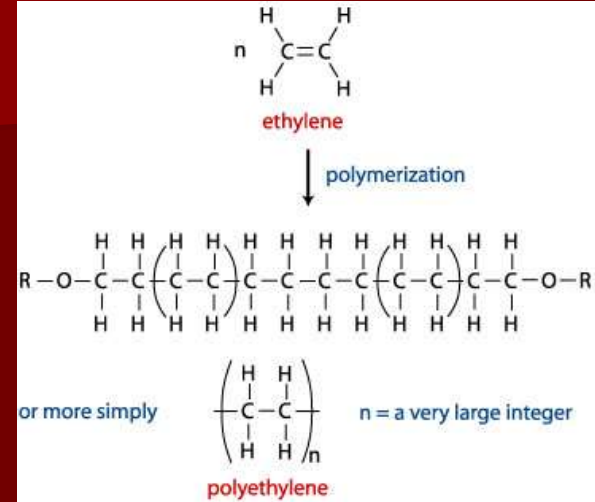
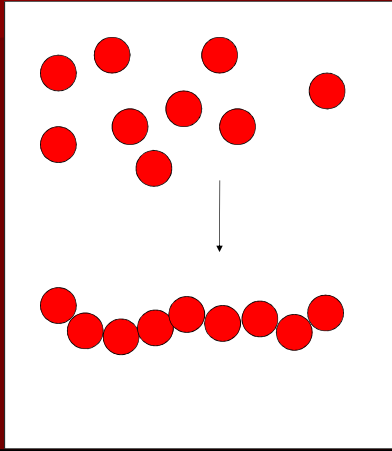
1

## Polimer Nedir?

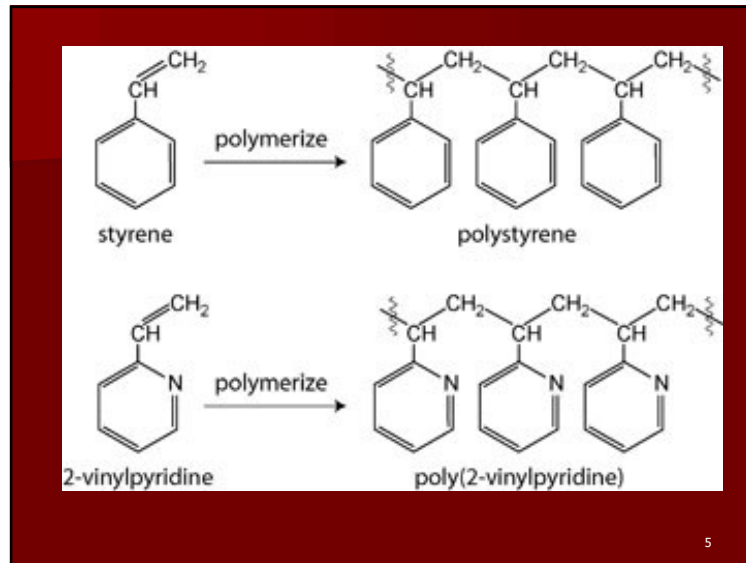
- Polimerler; çok sayıda aynı veya farklı atomik gruplarının kimyasal bağlarla, az veya çok düzenli bir biçimde bağlanarak oluşturduğu uzun zincirli-yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir.
- Tek bir polimer zincirinde binlerce yada milyonlarca monomer bulunur.
- Eğer polimer zinciri yeterince büyümemişse, bu tip polimerler **oligomer** olarak adlandırılır.

2

- Polimerler "monomer" denilen birimlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır.



4



Some Common Addition Polymers

Name(s)	Formula	Monomer	Properties	Uses
<b>Polyethylene</b> low density (LDPE)	$-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)-$	ethylene $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	soft, waxy solid	film wrap, plastic bags
<b>Polyethylene</b> high density (HDPE)	$-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)-$	ethylene $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	rigid, translucent solid	electrical insulation bottles, toys
<b>Polypropylene</b> (PP) different grades	$-(\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3))-$	propylene $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$	atactic: soft, elastic solid isotactic: hard, strong solid	similar to LDPE carpet, upholstery
<b>Poly(vinyl chloride)</b> (PVC)	$-(\text{CH}_2-\text{CHCl})-$	vinyl chloride $\text{CH}_2=\text{CHCl}$	strong rigid solid	pipes, siding, flooring
<b>Poly(vinylidene chloride)</b> (Saran A)	$-(\text{CH}_2-\text{CCl}_2)-$	vinylidene chloride $\text{CH}_2=\text{CCl}_2$	dense, high-melting solid	seat covers, films
<b>Polystyrene</b> (PS)	$-(\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5))-$	styrene $\text{CH}_2=\text{CHC}_6\text{H}_5$	hard, rigid, clear solid soluble in organic solvents	toys, cabinets packaging (foamed)
<b>Polyacrylonitrile</b> (PAN, Orlon, Acrilan)	$-(\text{CH}_2-\text{CHCN})-$	acrylonitrile $\text{CH}_2=\text{CHCN}$	high-melting solid soluble in organic solvents	rugs, blankets clothing
<b>Polytetrafluoroethylene</b> (PTFE, Teflon)	$-(\text{CF}_2-\text{CF}_2)-$	tetrafluoroethylene $\text{CF}_2=\text{CF}_2$	resistant, smooth solid	non-stick surfaces electrical insulation
<b>Poly(methyl methacrylate)</b> (PMMA, Lucite, Plexiglas)	$-(\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{CH}_3)-$	methyl methacrylate $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CO}_2\text{CH}_3$	hard, transparent solid	lighting covers, signs skylights
<b>Poly(vinyl acetate)</b> (PVAc)	$-(\text{CH}_2-\text{CHOCOCH}_3)-$	vinyl acetate $\text{CH}_2=\text{CHOCOCH}_3$	soft, sticky solid	latex paints, adhesives
<b>cis-Polyisoprene</b> natural rubber	$-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2)-$	isoprene $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$	soft, sticky solid	requires vulcanization for practical use
<b>Polychloroprene</b> (cis + trans) (Neoprene)	$-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CCl}-\text{CH}_2)-$	chloroprene $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CCl}=\text{CH}_2$	tough, rubbery solid	synthetic rubber oil resistant

7

- **Yapısal özelliklerinin istenildiği gibi ayarlanabilme özelliği** ; monomerlerin kendi kendileriyle ve diğer monomerlerle bağlanmalarının, bağlanma şekillerinin ve bağlanma miktarlarının fazlalığının bir sonucudur.
- 8

- Ayrıca istenilen fonksiyonlara sahip polimerler de **uygun fonksiyonel gruplu monomerler** kullanılarak kolayca hazırlanabilir.
- Anorganik polimerlerde esas zincir karbona dayalı yapıya sahip değildir ve genellikle organik polimerlere kıyasla **daha fazla ısıya dayanıklı ve daha serttirler.**

9

## Ne Tür Yapılar Polimerleşir?

- Çift bağ açılması verebilecek yapılar monomer yapı olarak polimerleşir ( $C=C$ ,  $C=O$  vb.).
- Halka açılması, halkasal yapılar, nispeten kararsızdır ve halka açılması yapabilirler



- Çift fonksiyonallığa sahip yapılar (**örn hem halkalı hem de çift bağı yapılar**) polimerleşir.

10

## Polimerlerin sınıflandırılması

- Kaynağına göre sınıflandırma

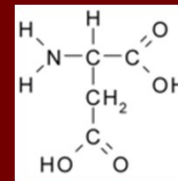
Doğal polimerler  
Sentetik

11

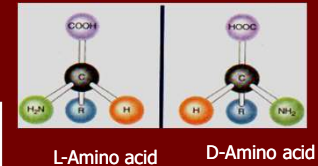
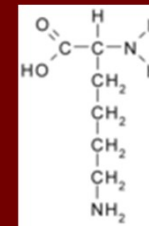
**Proteinler** 20 amino asitten oluşurlar

L- ve D- formları vardır

L-Aspartic Acid



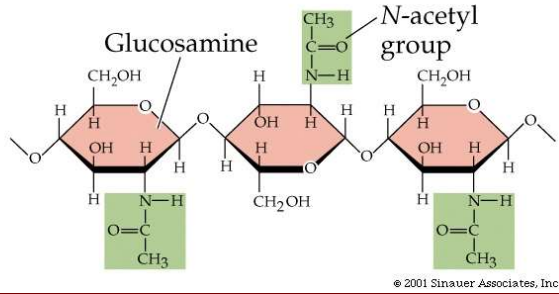
L-Lysine



12

## Polisakkaritler

(c) Chitin



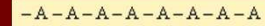
13

## ■ Yapıya göre sınıflandırma

Heterozincir polimerler

Homozincir polimerler

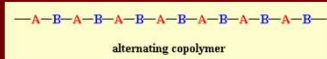
Bir polimer tek bir monomer biriminin tekrarlanmasından oluşuyorsa buna "**homopolimer**" denir. Örnek olarak, etilenden elde edilen polietilen ve stirenden elde edilen polistiren verilebilir.



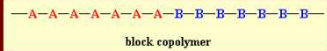
14

Eğer polimer molekülü iki farklı monomerin birleşmesinden oluşuyorsa buna "**kopolimer**" denir. Kopolimerlerin çeşitlerini dörde ayırabiliriz.

### 1. Ardışık kopolimer



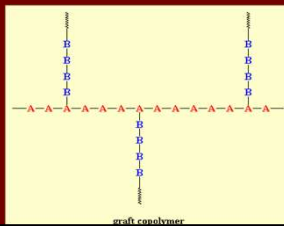
### 2. Blok kopolimer



### 3. Düzensiz kopolimerler



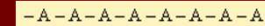
### 4. Graft kopolimerler



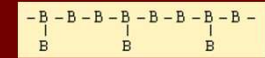
15

Polimer zincirler ister homopolimer ister kopolimer olsun, üç farklı formda bulunabilirler.

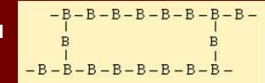
### 1. Doğrusal



### 2. Dallanmış



### 3. Çapraz Bağlı



16

SHORT      LONG      STAR

Kısa-zincirli dallanmış:

(kristal özelliği azalır)

Uzun-zincirli dallanmış:

(Reolojik özelliğini değiştirir)

(Dayanıklılık ve termal kararlılık sağlar)

-A- (a)

-A-A-B-A-B-B-A-B-A-A-B-A-A-A-B-A-B-B-A-B-B-A-B-A-A- (b)

-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A- (c)

-A-A-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-A-A-A-A-A- (d)

a.) Homopolimer

b.) Düzenli kopolimer

c.) Ardışık kopolimer

d.) Blok kopolimer

17

■ Kimyasal bileşimlerine göre sınıflandırılabilirler

Organik polimerler: Yapılarında C,H,O,N ve halojen atomları içerirler

İnorganik polimerler: Ana zincirde C atomu yerine periyodik cetveldeki IV-VI grup elementleri yer alır.

**Alumina Silikat**

**Polisiloksan**

18

■ Isıya veya çözücülere karşı gösterdikleri davranışa göre sınıflandırılabilirler

**Termoplastikler:** Isı ve basınç altında yumuşar, akarlar ve böylece çeşitli formda şekillendirilebilirler.

**Termosetler:** Çözünmez ve erimez polimerlerdir.

**(a) Termoplastik: no cross-linking**

Weak forces between polymer chains easily broken by heating; polymer can be moulded into new shape.

**(b) Thermoset: extensive cross-linking**

Strong covalent bonds between polymer chains cannot be easily broken; polymer keeps shape on heating.

19

## Termoplastik Polimerler

- Alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen
- Lineer alçak yoğunluklu polietilen
- Yüksek molekül ağırlıklı polietilen
- Polivinilklorür ve vinil kopolimerleri
- Polistiren
- Polipropilen
- Termoplastik poliamid
- Poliamid
- Sulfon polimerleri
- Polimetil penten
- Fenilen oksit kökenli reçine
- Asetal Hopolimerleri
- Asetal kopolimerleri
- Polikarbonat
- Termoplastik polyester
- Polibütlen
- Poliüretan
- Selülozler
- Stiren akrilonitril
- Poliakrilat
- Naylon

20

## Termosetting Polimerler

- Alkidler
- Melamin
- Epoksi reçineler
- Fenolikler
- Polyester
- Poliüretan

21

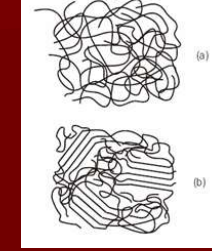




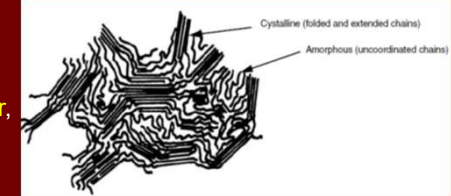
## ■ Fiziksel durumlarına göre sınıflandırılabilirler

(a) **Amorf polimerler**, düşük sıcaklıkta katı ve parlayan (camsı) özellik gösterirler.

Yüksek sıcaklıkta yumuşak ve şekil verilebilir (plastikimsi)dir.

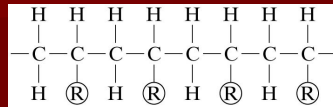


(b) **Kristalin polimerler**, daha serttir.

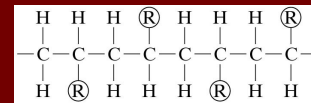


## ■ Uzaydaki yapılarına göre

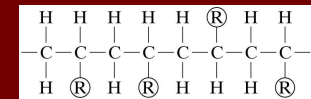
### ■ İzotaktik



### ■ Sindiyotaktik

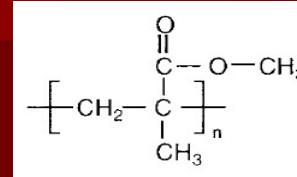


### ■ Ataktik

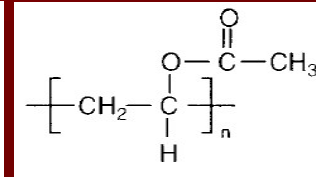


27

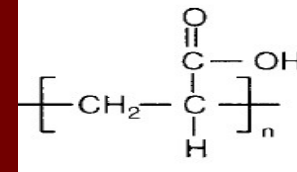
## Yaygın bilinen bazı polimerlerin kimyasal yapıları



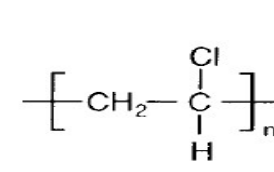
Poli(metilmetakrilat) "PMMA"



Poli(vinilasetat) "PAC"



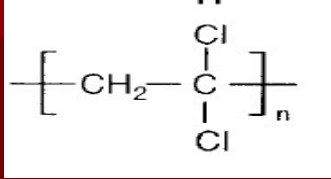
Poli(akrilat) "PAA"



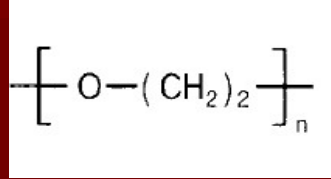
Poli(vinilklorür) "PVC"

28

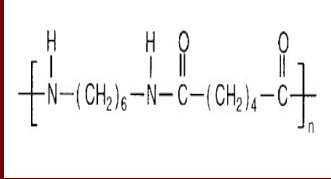
## Yaygın bilinen bazı polimerlerin kimyasal yapıları



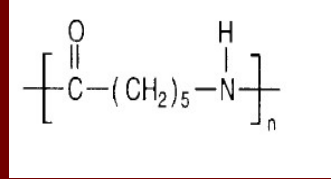
Poli(viniliden klorür) "PVC"



Poli(etilen oksit) "PEO"

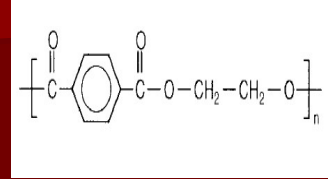


Poli(heksametilen adipamid) "Nylon 6,6"

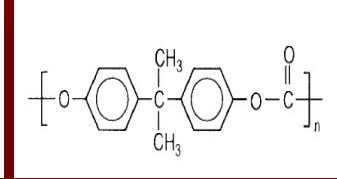


Poli(kaprolaktam) "Nylon" 29

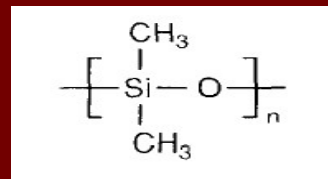
## Yaygın bilinen bazı polimerlerin kimyasal yapıları



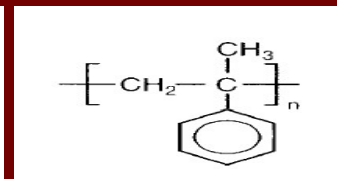
Poli(etilen tereftalat) "PET"



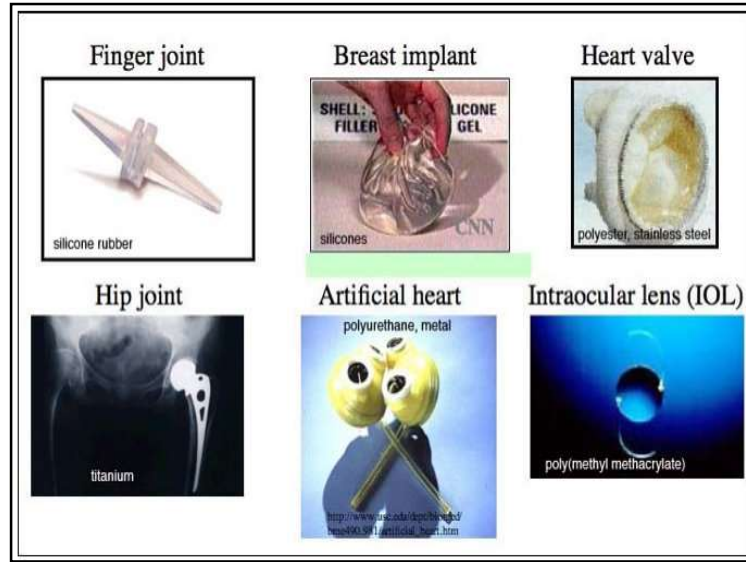
Poli(karbonat)



Poli(dimetil siloksan)



Poli(metil stiren) 30



- Polimerik malzemelerin bu kadar geniş kullanım alanlarına sahip olmalarının nedeni,
- Yapısal özelliklerinin istenildiği gibi ayarlanabilir olmasından ve ekonomik olarak elde edilebilmelerinden kaynaklanmaktadır.



## Ana avantajları

- Farklı şekillerde üretilebilmelerinin kolaylığı
- Tekrar işlenebilirlikleri
- Makul fiyatları
- İstenen mekanik ve fiziksel özellikleriyle uygunluğu

33

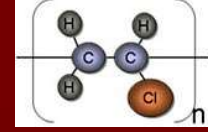
- Yüzlerce polimer çeşidi kolayca sentezlenebilmesi ve biyomalzeme olarak kullanılabilmesine rağmen, sadece 10-20 polimer çeşidi medikal alet üretiminde kullanılır.
- Tek kullanımlıktan, uzun süreli implantlara kadar polimerlerin medikal alet olarak genel kullanımları tabloda verilmiştir.

34

SENTETİK POLİMERLER	UYGULAMA ALANLARI
Polivinilklorid (PVC)	Kan ve solüsyon torbası, cerrahi paketleme, IV setleri, diyaliz cihazları, sonda şişeleri, konnektörler ve kanül.
Polietilen (PE)	Eczacığa ait şişeler, örgüsüz kumaş, sonda, torbacık, esnek taşıyıcı ve ortopedik implantlar.
Polipropilen (PP)	Tek kullanımlık şırıngalar, kan oksijenatör membranları, dikiş ipi, örgüsüz kumaş ve yapay damar dokuları.
Polimetakrilat (PMMA)	Kan pompa ve rezervuarları, kan diyalizeri için membran, nakledilebilir göz lensleri ve kemik çimentosu.
Polistiren (PS)	Doku kültür kapları, silindirik şişeler ve filtre malzemeleri.
Polietilentereftalat (PET)	Nakledilebilir dikiş ipi, ağ, yapay damar dokuları ve kalp kapakekları.
Politetrafluoretilen (PTFE)	Sonda ve yapay damar dokuları.
Poliüretan (PU)	Film, tüpler ve tamamlayıcı parçaları.
Poliamid (Naylon)	Paketleme filmleri, sondalar, dikiş ipleri ve küllendirme parçaları.

35

## Polivinilklorür (PVC)

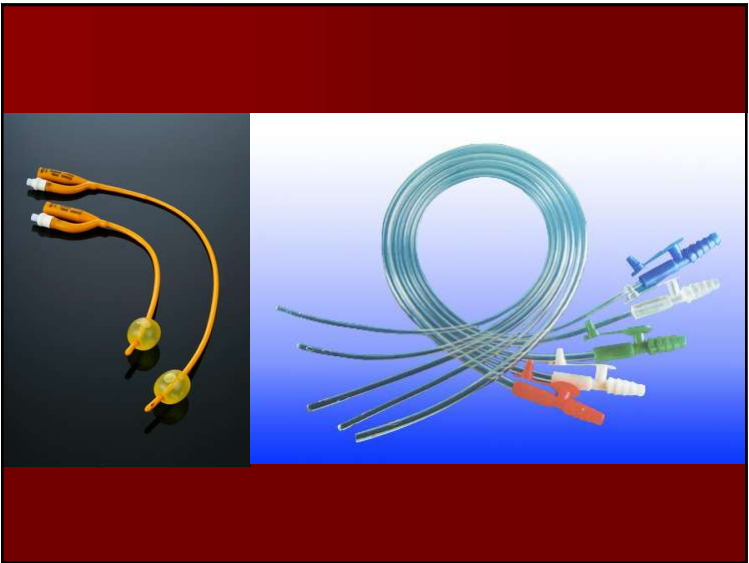


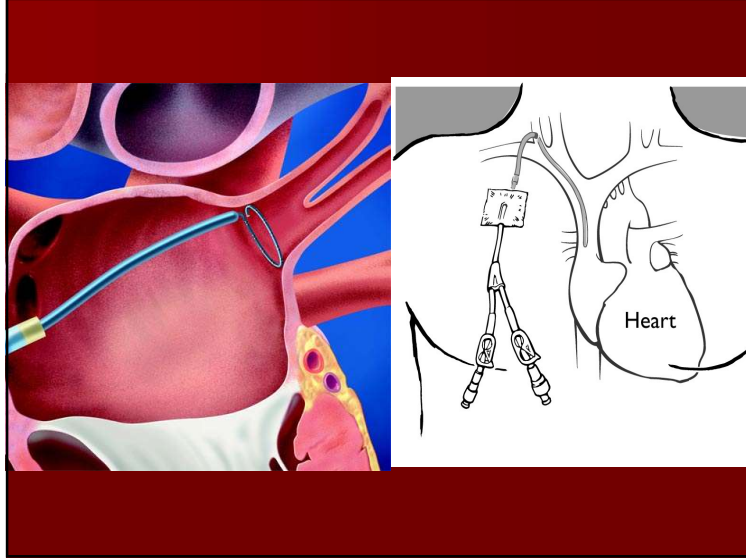
- Normalde sert ve kırılğan özelliğe sahiptir ancak içine plastikleştirici denen malzemelerden ilave edildiğinde yumuşak ve esnek hale gelebilirler.
- 75~105 °C Tg noktası ile yüksek yumuşama viskozitesine sahiptir; bundan dolayı işlenmesi zordur. Polimerin termal bozunmasını (HCl salımı) önlemek için metalik sabun yada tuz gibi termal stabilizörler eklenmiştir.
- PVC yapraklar ve filmler, kan ve çözelti depolama torbalarında ve cerrahi paketlemelerde kullanılır. PVC tüpler ise yaygın olarak, damar içi uygulamalarda, diyaliz cihazlarında, sonda ve kanüllerde kullanılır.

36

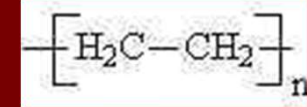


37





## Polietilen (PE)

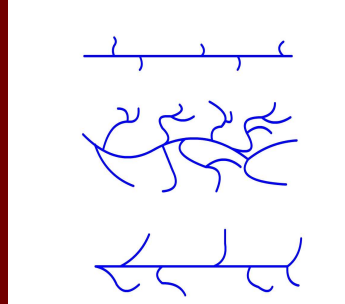


- Sertliğinin iyi olması, yağlara karşı dirençli olması ve ucuz olması sebebiyle tıbbi uygulamalarda tercih edilir.
- PE ticari olarak 5 çeşittir.
  - 1) yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE);
  - 2) düşük yoğunluklu polietilen (LDPE);
  - 3) lineer düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE);
  - 4) çok düşük yoğunluklu polietilen (VLDPE); ve
  - 5) ultra yüksek molekül ağırlıklı (UHMWPE).

42

## 5.0 Polymer Polietilen (PE)

- Low density
- High Density
- Linear low density



43

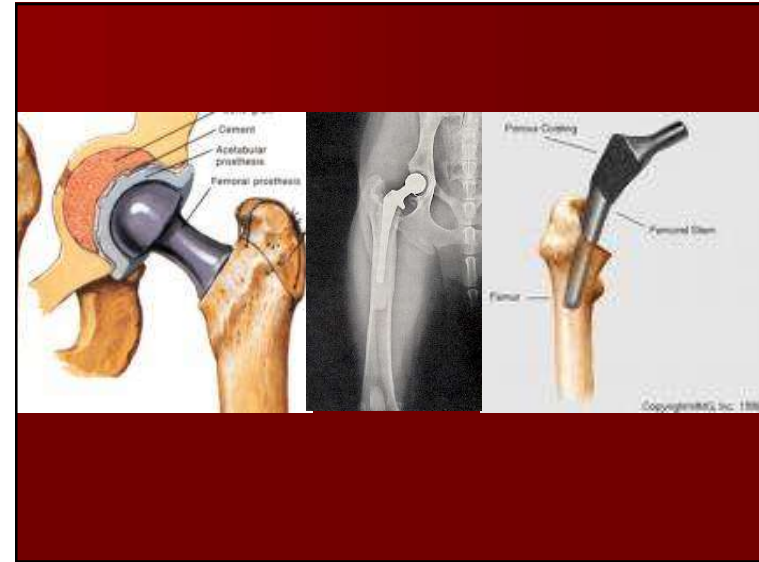
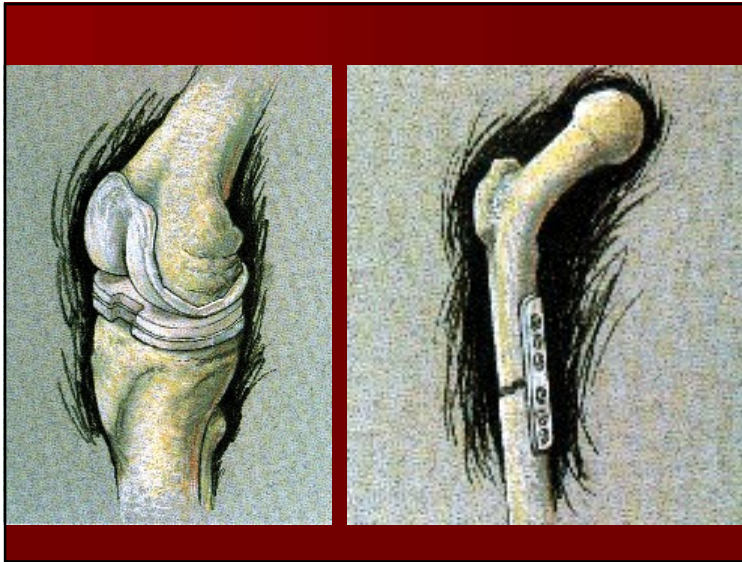
## Polietilen (PE)

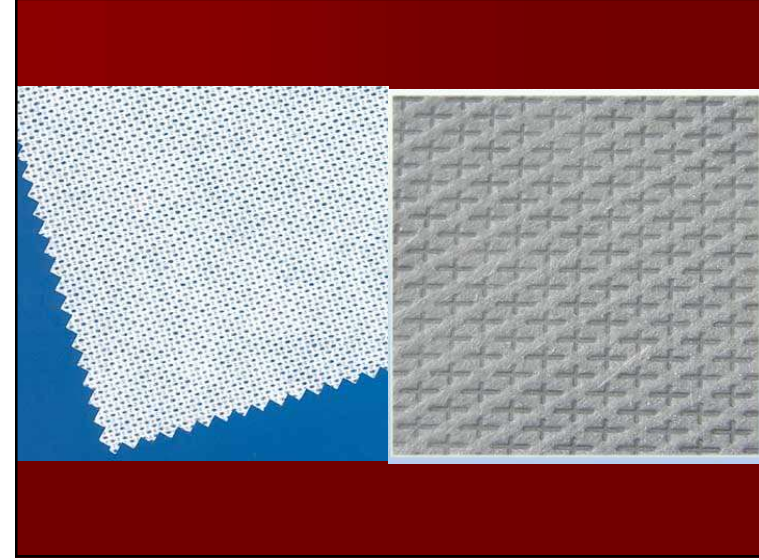
Property	Low-density polyethylene	Linear-low-density polyethylene	High-density polyethylene
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.92-0.93	0.922-0.926	0.95-0.96
Tensile strength, (x 1000 psi)	0.9-2.5	1.8-2.9	2.9-5.4
Elongation (%)	550-600	600-800	20-120
Crystallinity (%)	65	...	95

44

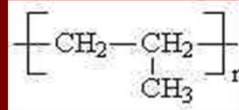
- Medikal olarak;
- HDPE, eczacılığa ait şişelerde, örgüsüz kumaşlarda ve başlıklarda kullanılır.
- LDPE, esnek taşıyıcı uygulamalarında, örgüsüz tek kullanımlık ve ince tabakalı (yada kağıtla birlikte çekilmiş) folyo ve paketlenme polimerlerinde kullanılır.
- LLDPE, torba ve çantalarda mükemmel delinme dayanımından dolayı sıkça kullanılır.
- VLDPE, çekilmiş tüplerde kullanılır.
- UHMWPE, (MA > 2x1000000 g/mol) ortopedik implant üretmek için, özellikle yük üstlenme (çekme) uygulamalarında, toplam kalça kemiği, kaval kemiği platosu, diz eklemlerinde ve diz kapağı yüzeylerinde kullanılır.
- PE için biyoyumluluk testleri ASTM standartlarında F981, F639 ve F755 de verilmiştir.

45





## Polipropilen (PP)

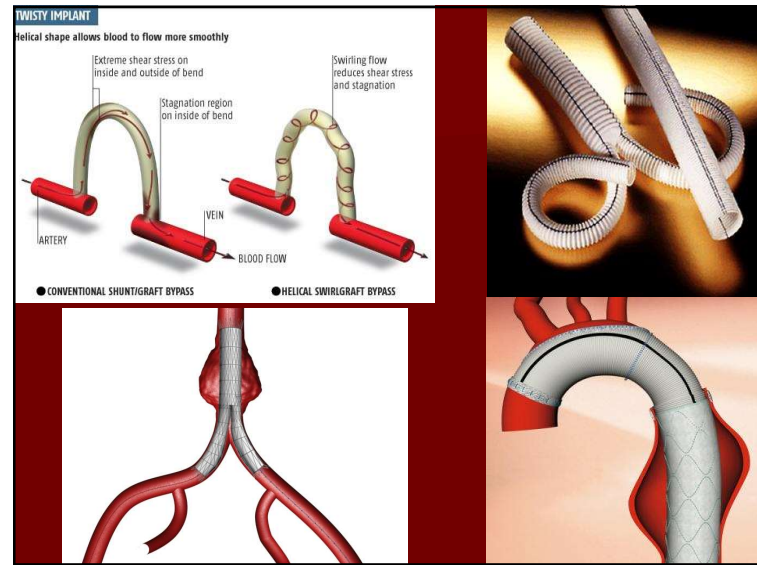
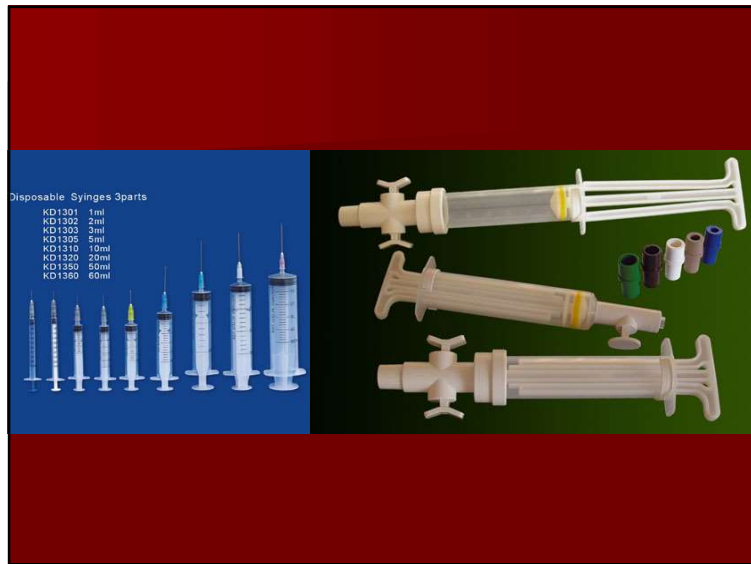


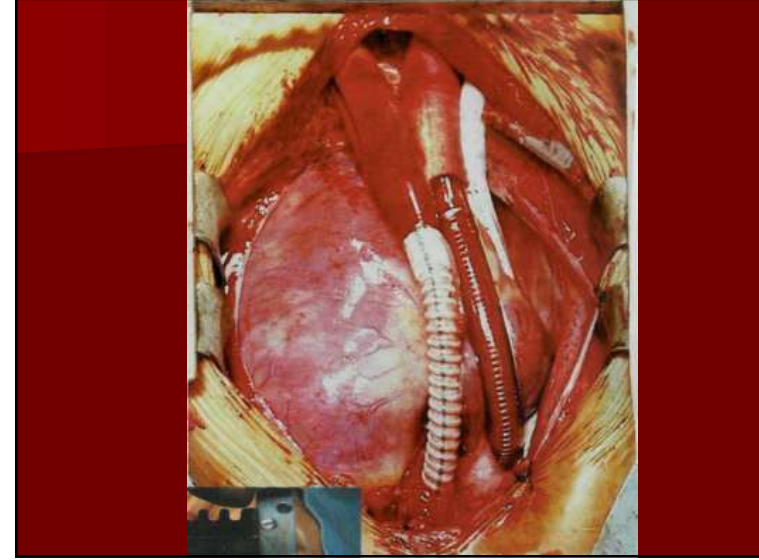
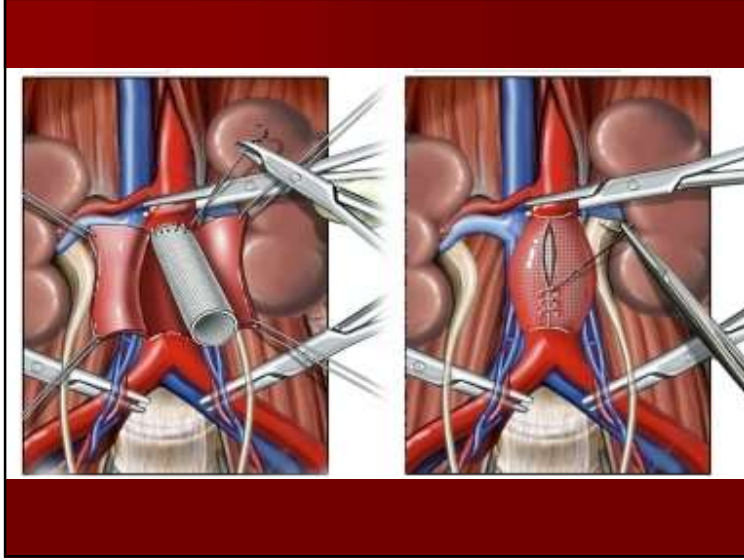
- PP `nin fiziksel özellikler genel olarak PE `ye benzer.
- Termal özellik olarak,  $T_g$ :  $-12^\circ\text{C}$  ve  $T_m$ :  $125\sim 167^\circ\text{C}$  dir.
- Yoğunluğu ise;  $0,85\sim 0,98 \text{ g/cm}^3$  dür.
- Ticari PP nin ortalama molekül ağırlığı değerleri  $2,2\sim 7,0 \times 100000 \text{ g/mol}$  dür.
- PP, son derece esnek bir ömre ve mükemmel gerilme-çatlama dayanımına sahiptir.

51

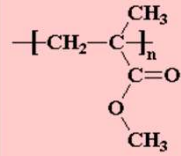
- Fiziksel özelliklerini ve prosesi geliştirmek için formülize edilirken PP ye antioksidanlar, stabilizörler, çekirdeklenme ajanları, yağlayıcılar, ergime kolaylaştırıcı ajanlar, antibloklar ve kaydırıcı ajanlar gibi katkıları eklenir.
- PP, tek kullanımlık düşük sıcaklık şırıngaları, kan oksijeneratör membranları, aletler için paketleme, solüsyon ve ilaç, dikiş ipi, yapay damar dokuları ve örgüsüz kumaş yapımında kullanılır.

52





## Polimetil metakrilat (PMMA=Lucite or Plexiglas)



- Ticari PMMA, alkalilerin ve diğer inorganik çözeltilerin etkisini azaltma dayanımlı amorf bir malzemedir.
- $T_g$ : 105°C ve yoğunluğu 1,15~1,195 g/cm<sup>3</sup> dür. PMMA, olağan üstü ışık geçirgenliği (% 92 geçirim) ve yüksek kırılma (ışık) indeksi (1,49) için bilinen en iyi malzemedir.
- Aynı zamanda en biyoyumlu polimerlerden biridir.
- Hidrofobik (su sevmeyen), doğrusal yapıda bir zincir polimeridir.

59

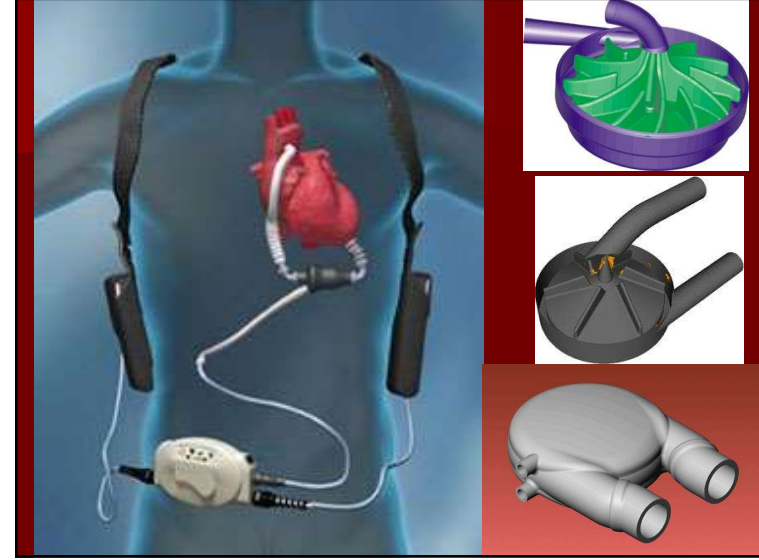
- Işık geçirgenliği, sertliği ve kararlılığı nedeniyle genellikle göz içi lensler ve sert kontakt lenslerde kullanılmaktadır.
- PMMA, medikal uygulamalarda geniş bir yere sahiptir; kan pompası ve rezervuarı, IV sistemi, kan diyalizi için membran ve in vitro teşhislerinde kullanılır.
- Ayrıca, mükemmel optik özelliklerinden dolayı kontakt lens ve nakledilebilir göz lensi yapımında;
- Fiziksel ve renksel özelliklerinden dolayı maxillofacial protez ve takma diş yapımında ve eklem prostati sabitleşmesi için kemik çimentosu olarak (ASTM F451) kullanılır

60



- Yumuşak kontakt lensler ise metil metakrilata alkol grubundan olan metil alkol eklenerek elde edilen 2-hidroksimetil metakrilat (HEMA) monomerinin az miktarda etilen glikol dimetakrilat ile yapısında çapraz bağ oluşturulması sağlanarak hazırlanır.

61







## Polistiren (PS)

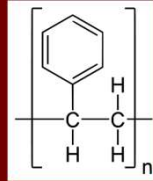
### ■ Üç çeşidi mevcuttur:

- Modifiye edilmiş genel amaçlı PS (GPPS) (Tg:100°C),
- Yüksek darbe PS (HIPS) ve
- PS köpük.

■ GPPS, iyi saydamlığa, üretim rahatlığına, termal stabiliteye, düşük özkütleyle (1,04~1,12 g/cm<sup>3</sup>) ve ilgili yüksek modüle sahiptir.

■ HIPS, kimyasal bağlayıcı formunda bir lastiksi modifiye edici içeriği ile PS zincirinin büyümesiyle üretilir. Bundan dolayı sünektir, darbeye karşı güçte artış olur ve çevresel gerilme çatlaması dayanımı gelişir.

■ PS, temel olarak 180~250 °C de enjeksiyon kalıplamayla üretilir. Üretimi, stabilizör, yağlayıcı ve ergime kolaylaştırıcı katkıları katılarak kolaylaştırılabilir.



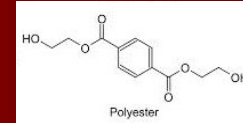
67

- GPPS, çoğunlukla, doku kültür şişelerinde, silindir şişelerde, vakum kutuları ve filtrelerde kullanılır.
- Akrilonitril-Bütadien-Stiren (ABS) kopolimeri üç monomer tarafından üretilir; Akrilonitril, bütadien ve stiren.
- ABS polimerinin istenen fiziksel ve kimyasal özellikleri, bu monomerlerin oranları değiştirilerek geniş bir aralıkta kontrol edilebilir.
- Bunlar, genel inorganik çözeltilere dayanıklıdır; iyi yüzey özelliklerine ve ölçülü stabiliteye sahiptir.
- ABS, IV setleri kışaçları, kan diyalizeri ve teşhis test kiti yapımında kullanılır.

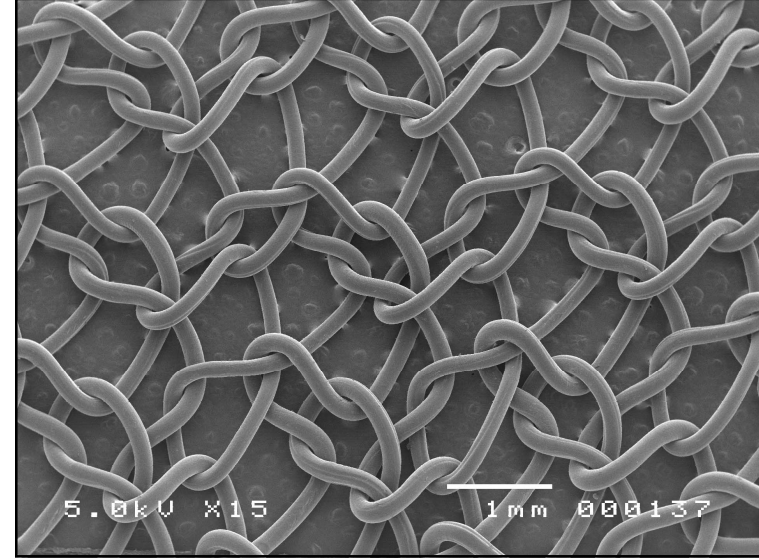
68



## Polyesterler

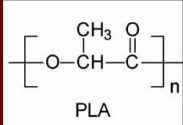


- Polyesterler de polietilentereftalat (PET) gibi onların benzersiz fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı çoğunlukla medikal uygulamalarda görülür.
- PET bu grup polimerlerin en önemli biyomedikal uygulamalar ifadesinde; yapay damar dokuları, dikiş ipi ve ağ yapımında kullanılır.
- Yüksek kristaliteli ve yüksek ergime sıcaklığına sahiptir (T<sub>m</sub>: 265 °C), hidrofobiktir ve seyreltik asitte hidrolize karşı dayanıklıdır.
- İlave olarak, PET konveksiyonel tekniklerle şekillendirilebilir. Luer filtreler, çek valfler ve sonda barınakları yapılabilir.

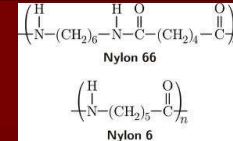


## Polilaktik asit (PLA)

Biyolojik olarak emilebilen bir polimer olduğu için kullanımı uzun süre sadece biyo-medikal alanında kullanılmaktadır



## Polyamidler (Nylon)



- Poliamidde -CONH- grubunun varlığından dolayı hidrojen bağları sayesinde zinciri güçlü bir şekilde bir diğerine çeker.
- Hidrojen bağları belirli özelliklerde majör rolü oynadığından ötürü, -CONH- gruplarının sayısı ve dağılımı önemli faktörlerdir.
- Örneğin, Tg noktası -CONH- gruplarının azalışıyla azalabilir; diğer taraftan naylonlardaki güçlülük farkları gibi -CONH- gruplarının sayısındaki artış fiziksel özellikleri geliştirebilir.
- Nylon 66, Nylon 610 dan daha güçlüdür ve Nylon 6, Nylon 11 den daha güçlüdür.

76

- İlave olarak ileri (gelişmiş) naylonlarda (610 ve 11) **aramid** diye adlandırılan aromatik poliamidler vardır.
- Bunlardan biri, DuPont tarafından yapılan ve Kevlar diye bilinen poli (p-fenil tereftalat) tır.
- Bu malzeme fiber içinde de yapılabilir.
- Bu tür fiberlerin özel gücü çeliğinkinden 5 kat daha fazladır ve bu nedenle kompozit yapımına en uygun malzemedir.
- İmplanted Naylonlar hidroskopiktir ve in vivo içinde güçlerini kaybederler.

77

## Naylon (Nylon)

- Genellikle diaminlerin (  $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$  hekzametilen diamin)

asitlerle (  $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$  adipik asit)

reaksiyonu sonucu (  $\text{H}-\left[ \text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} \right]_n-\text{OH}$  )

ya da laktomların (  $\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}$  ε-kaprolaktam) halka

açılması polimerizasyonu (  $\left[ \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}-(\text{CH}_2)_5 \right]_n$  ) oluşurlar.

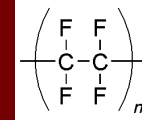
78

- Naylonlar ameliyat ipliği olarak kullanılırlar.



79

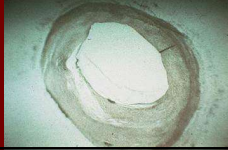
## Floro Polimerler



- En iyi bilinen fluorokarbon polimer, genellikle Teflon diye bilinen (DuPont) politetrafluoretilen (PTFE) dir.
- Diğer fluor içeren polimerler: politrifluorokloroetilen (PTFCE), polivinilfluorid (PVF) ve fluorlanmış etilen propilen (FEP) dir.
- Burada sadece PTFE söz konusu olacaktır; çünkü diğerleri fiziksel ve kimyasal özellik olarak düşük seviyededir ve nadiren implant üretiminde kullanılır.

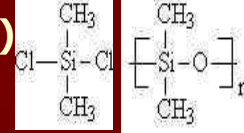
80

- İmplantlanabilir PTFE için standart tanımlama ASTM F754 de verilmiştir.
- PTFE nin alışılmadık bir özelliğide, mikroskobik boyutta genişletilebilir olmasıdır.
- Şekillendirmede PTFE ye enjeksiyon kalıplaması ve benzeri yöntemler yapılamaz; çünkü çok yüksek ergime viskozitesine sahiptir ve plastikleştirilemez.
- Bu yüzden genellikle tozları 327 °C civarında ve basınç altında sinterlenerek implant üretilir.



81

## Polidimetilsiloksan (PDMS) (Siloksan kauçuğu)



- PDMS, karbon ana zinciri yerine silisyum-oksijen ana zincirine sahiptir.
- Silikon kauçuk, en biyoyumlu polimerlerden biridir ve yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır.
- Medikal amaçlı silikon kauçuklar kalay oktat gibi bir katalizör içerir ve implant üretiminde temel bir polimerle karıştırılabilir.
- İnsan sağlığına zarar vermediği için gıda ile ilgili makinelerin parçaları yapımında da kullanılır.

82

- Diğer kauçuklara nazaran ısıya daha az duyarlıdır. Yüksek esnekliğe ve kararlılığa sahiptir.
- Göğüs estetiklerinde yaygın kullanılır.
- Damar protezlerinde, solunum cihazlarında, kataterlerde (dar&geniş esnek tüp) ve drenaj borularında kullanılmaktadır.
- Bunun yanında, parmak eklemlerinde, kan damarlarında, kalp kapakçıklarında, dış kulak, çene ve burun implantlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

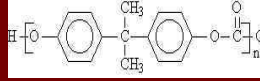
83



84

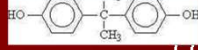

## Polikarbonat

(Calibre, Lexan, Makrolon)



- Bu polimerler kuvvetlendirilmiş ana zincirlerinden dolayı mükemmel mekanik, termal ve kimyasal özelliklere sahiptirler.
- Poliasetaller ve polisülfonlar implant malzemesi olarak kullanım için test edilmeye başlanmıştır.
- Polikarbonat ise, kalp/akciğer destek cihazı ve gıda paketlenme uygulamalarında kullanılmaktadır.
- Kuvvetli kimyasallara karşı kararlıdır; fakat klorlu hidrokarbonlar ve ketonlar gibi polar organik çözücülere karşı kararlı değildirler.

85

- Bisfenol A (  ) ve fosgenin (  ) polimerizasyonu sonucu elde edilir.


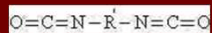
- Sert bir malzeme olduğundan dolayı yüksek çarpma dayanımı gösterir.
- Bu nedenle gözlük camlarında,
- oto camlarında,
- emniyet camlarında,
- kalp ve akciğer cihazlarında kullanılır.



86

## Poliüretan ( PÜ )

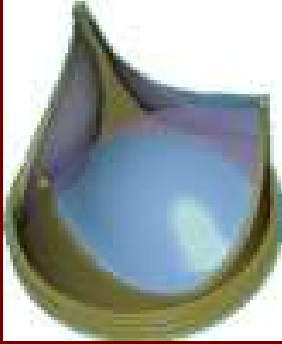


- Diol veya gliserinin (  ) diizosyanat (  ) ile polimerizasyonundan (blok kopolimer) oluşur.
- Özellikle kanla biyouyumluluğu yüksek olduğu için kalp damar uygulamalarında kullanılır.
- Poliüretanlar genellikle termoset polimerlerdir ve medikal olarak geniş ölçüde kaplama implantlarında kullanılırlar.
- Poliüretan lastikler oldukça güçlü ve iyi derecede yağ ve kimyasal dayanımına sahiptir.

87



Kalp kapakçığı



Yapay kalp



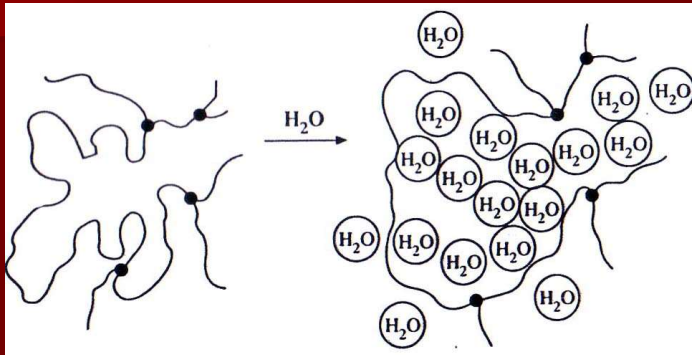
89

## Hidrojeller

- Yapılarına çözücü alabilen ve çözücü alma sırası kendi kütlesinin en az %20'si olan çapraz bağlı polimerler **kserojel** olarak tanımlanır.
- Çözücü olarak su kullanıldığında bu jellere **hidrojel** denir.
- Hidrojeller, tıbbi uygulamalar açısından sahip oldukları üstün özellikler nedeniyle son 30 yıldır ilgi odağı durumundalar.

90

## Hidrojeller



91

- Tıbbi uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan hidrojel, çapraz bağlı PHEMA.
- Sahip olduğu su içeriği nedeniyle, doğal dokulara büyük bir benzerlik gösterir.
- Normal biyolojik reaksiyonlarda inert'tir.
- Bozunmaya dirençlidir, vücut tarafından emilmez, ısıyla steril edilebilir, çok değişik şekil ve formlarda hazırlanabilir.
- Tıbbi öneme sahip diğer hidrojel, poliakrilamid'dir.

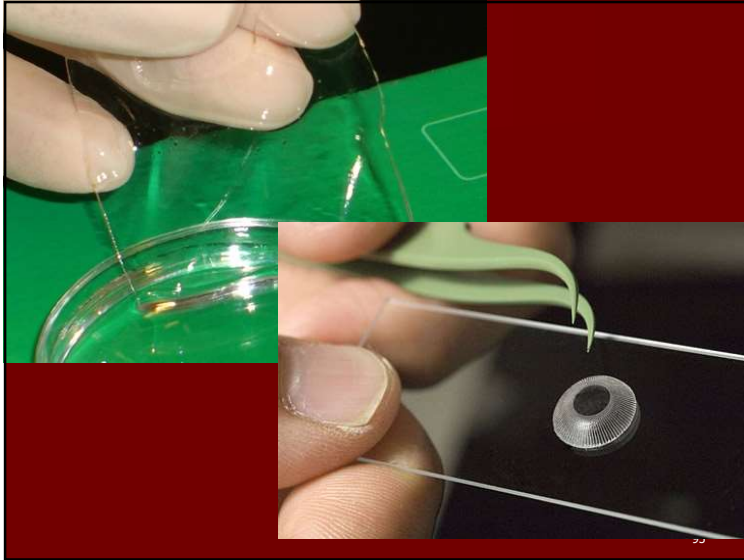
92

- Hidrojellerin ilk uygulaması, kontakt lensler olarak ortaya çıkar.
- Mekanik kararlılıklarının iyi oluşu, yüksek oksijen geçirgenliği ve uygun kırınım indisine sahip oluşları, kontakt lenslerde kullanılmalarının temel nedeni.
- Hidrojellerin diğer uygulamaları; yapay tendon materyalleri, yara-iyileşmesinde biyoyapışkan madde, yapay böbrek zarları, yapay deri, estetik cerrahide malzeme olarak kullanımları şeklinde sıralanabilir.

93

- Hidrojeller genellikle üç boyutlu ve ağ yapılıdır.
- Çapraz bağlı bu yapıda bağlar kovalent ya da iyonik olabilir.
- Bu bağlardan daha zayıf bağlar olan van der Waals ve hidrojen bağları da çapraz bağ gibi davranabilirler.
- Bir jelin hidrojel olabilmesi için yapısında  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-COOH$ ,  $-COOR$  vb. gibi polar su sever fonksiyonel grupların olması gerekmektedir.
- Bu gruplar su ile etkileşerek hidrojen bağlarını oluştururlar.

94



96



- Bağlı duruma geçen su ile çevrilen su sever gruplardan dolayı jelin hacmi ve kütlesi artar ve jel şişmeye başlar.
- Bir jeldeki su sever grupların fazlalığı şişmeyi daha da artırır.

97



## Medikal Plastik Pazarı

Dünyada tahmin edilen medikal plastik pazarı yaklaşık 6,5 milyar YTL

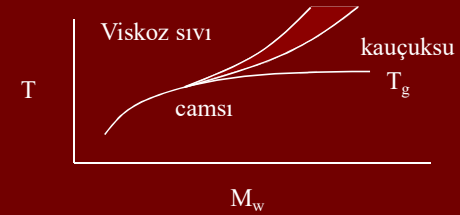


- Tek kullanımlık olmayanlar toplam hacmin % 50'sini kapsamaktadır.
- Medikal endüstride kullanılan polimerlerin yaklaşık % 80'i **PVC, polipropilen ve polistiren** oluşturmaktadır.

99

## Polimer Özelliklerine Sıcaklığın Etkisi

- amorf



100

## Termoplastik Polimerler

Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile strength (× 1000 psi)*	Impact strength, Izod (ft · lb/in) <sup>2</sup>	Dielectric strength (V/mit) <sup>2</sup>	Max-use temp. (no load)	
					°F	°C
Polyethylene:						
Low-density	0.92–0.93	0.9–2.5		480	180–212	82–100
High-density	0.95–0.96	2.9–5.4	0.4–14	480	175–250	80–120
Rigid, chlorinated PVC	1.49–1.58	7.5–9	1.0–5.6		230	110
Polypropylene, general-purpose	0.90–0.91	4.8–5.5	0.4–2.2	650	225–300	107–150
Styrene-acrylonitrile (SAN)	1.08	10–12	0.4–0.5	1775	140–220	60–104
ABS, general-purpose	1.05–1.07	5.9	6	385	160–200	71–93
Acrylic, general- purpose	1.11–1.19	11.0	2.3	450–500	130–230	54–110
Cellulosics, acetate	1.2–1.3	3–8	1.1–6.8	250–600	140–220	60–104
Polytetrafluoroethylene	2.1–2.3	1–4	2.5–4.0	400–500	550	288

101

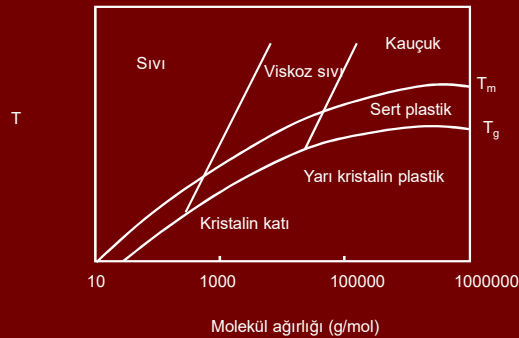
## Termoset Polimerler

Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile strength (× 1000 psi)*	Impact strength, Izod (ft · lb/in) <sup>2</sup>	Dielectric strength (V/mit) <sup>2</sup>	Max-use temp. (no load)	
					°F	°C
Phenolic:						
Wood-flour-filled	1.34–1.45	5–9	0.2–0.6	260–400	300–350	150–177
Mica-filled	1.65–1.92	5.5–7	0.3–0.4	350–400	250–300	120–150
Glass-filled	1.69–1.95	5–18	0.3–18	140–400	350–550	177–288
Polyester:						
Glass-filled SMC	1.7–2.1	8–20	8–22	320–400	300–350	150–177
Glass-filled BMC	1.7–2.3	4–10	15–16	300–420	300–350	150–177
Melamine:						
Cellulose-filled	1.45–1.52	5–9	0.2–0.4	350–400	250	120
Flock-filled	1.50–1.55	7–9	0.4–0.5	300–330	250	120
Glass-filled	1.8–2.0	5–10	0.6–18	170–300	300–400	150–200
Urea, cellulose-filled	1.47–1.52	5.5–13	0.2–0.4	300–400	170	77
Alkyd:						
Glass-filled	2.12–2.15	4–9.5	0.6–10	350–450	450	230
Mineral-filled	1.60–2.30	3–9	0.3–0.5	350–450	300–450	150–230
Epoxy (bis A):						
No filler	1.06–1.40	4–13	0.2–10	400–650	250–500	120–260
Mineral-filled	1.6–2.0	5–15	0.3–0.4	300–400	300–500	150–260
Glass-filled	1.7–2.0	10–30	...	300–400	300–500	150–260

102

## Sıcaklığın Etkisi

### ■ yarı-kristalin



103

## Mekanik Özellikleri

TABLE 1.6. Mechanical Properties of Polymers\*

Polymer	Tensile Strength $\sigma_{UTS}$ (MPa)	Young's Modulus, E (GPa)	% Elongation
Poly(methyl methacrylate) (PMMA)	30	2.2	1.4
Nylon 6/6	76	2.8	90
Poly(ethylene terephthalate)	53	2.14	300
Poly(lactic acid)	28–50	1.2–3	2–6
Polypropylene	28–36	1.1–1.55	400–900
Polytetrafluoroethylene	17–28	0.5	120–350
Silicone rubber	2.8	Up to 10	160
Ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE)	≥35	4–12	≥300

\* Compiled from J. Kohn and R. Langer, *Bioresorbable and Bioerodible Materials*, pp. 64–73 in B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Shoen, and J.E. Lemons (eds.), *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*, Academic Press, San Diego (1996); and J.B. Park and R.S. Lakes, *Biomaterials*, Plenum Press, New York (1992).

104

## Isıl Özellikler

Polimer	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)
Naylon 6,6	45	267
UHMWPE	-125	140
Silikon	-123	-29
poli(ürethan)	0-90	125-225
poli(metilmetakrilat)	105	160
poli(D,L-laktid)	50	amorf
poli(ε-kaprolakton)	- 60	57
poli(glikolik asit)	35	210

105