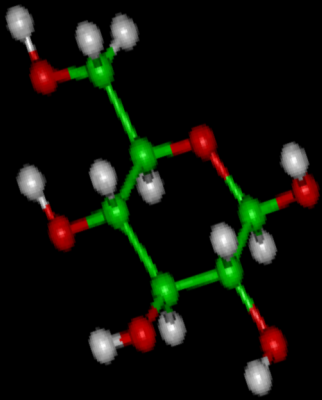


# Karbonhidratlar 1

## GIDA KİMYASI -2

Doç. Dr. Nevzat Konar



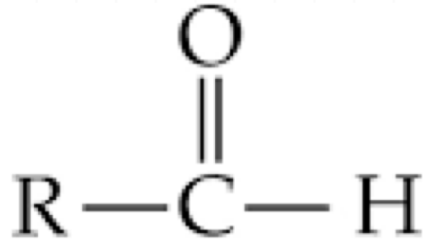
# Karbonhidratlar

- o Karbonhidratlar birçok organizmanın yaşamı için gerekli ana öğelerden biri olarak tanımlanmaktadır.
- o Karbonhidratlar şeker ve nişasta şeklinde insan, hayvan ve mikroorganizma diyetinde kalori alımı için gerekli maddelerdir.
- o Karbonhidratlar fotosentez yapan bitkilerce  $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$ 'dan sentezlenmektedir.

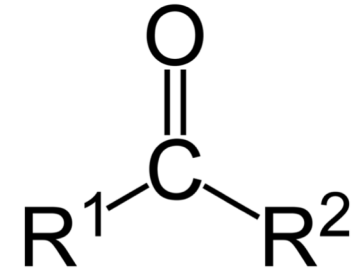
## Çeşitli Gıdaların Genel Karbonhidrat İçeriği (g / 100 g)

Gıda Türü	Karbonhidrat İçeriği	Gıda Türü	Karbonhidrat İçeriği
Şeker	99	Süt	4-5
Bal, Pekmez	70-75	Yumurta	0,7
Tahin Helvası	54	Karaciğer	0,9
Tahıllar	70-75	Pates	17-
Ekmek	53-55	İspanak, Domates	2-3
Makarna	75	Taze Fasulye, Bamya	2-3
Yağlı Tohumlar	13-16	Salatalık, Marul	2-3
Kuru Baklagiller	55-60	Havuç, Soğan	7-8
İncir, Uzüm, Nar	15-17	Şeker Pancarı	16
Muz	23	Şeker Kamışı	20
Portakal	10	Reçeller	65
Sığır Eti	0,1	Kavun, Karpuz, Patlıcan	5-6

# Karbonhidratlar



Aldehit



Keton

**Karbonhidratlar, genel olarak dallanmamış zincire sahip, polihidroksi aldehit ve ketonlardır.**

**$(\text{CH}_2\text{O})_n = \text{Sakkaritler} = \text{Şekerler}$**

*Doç. Dr. Nergiz Konar*

- OH  
- OH  
- OH  
- OH

# Sınıflandırma

## o Buldukları Yerlere Göre

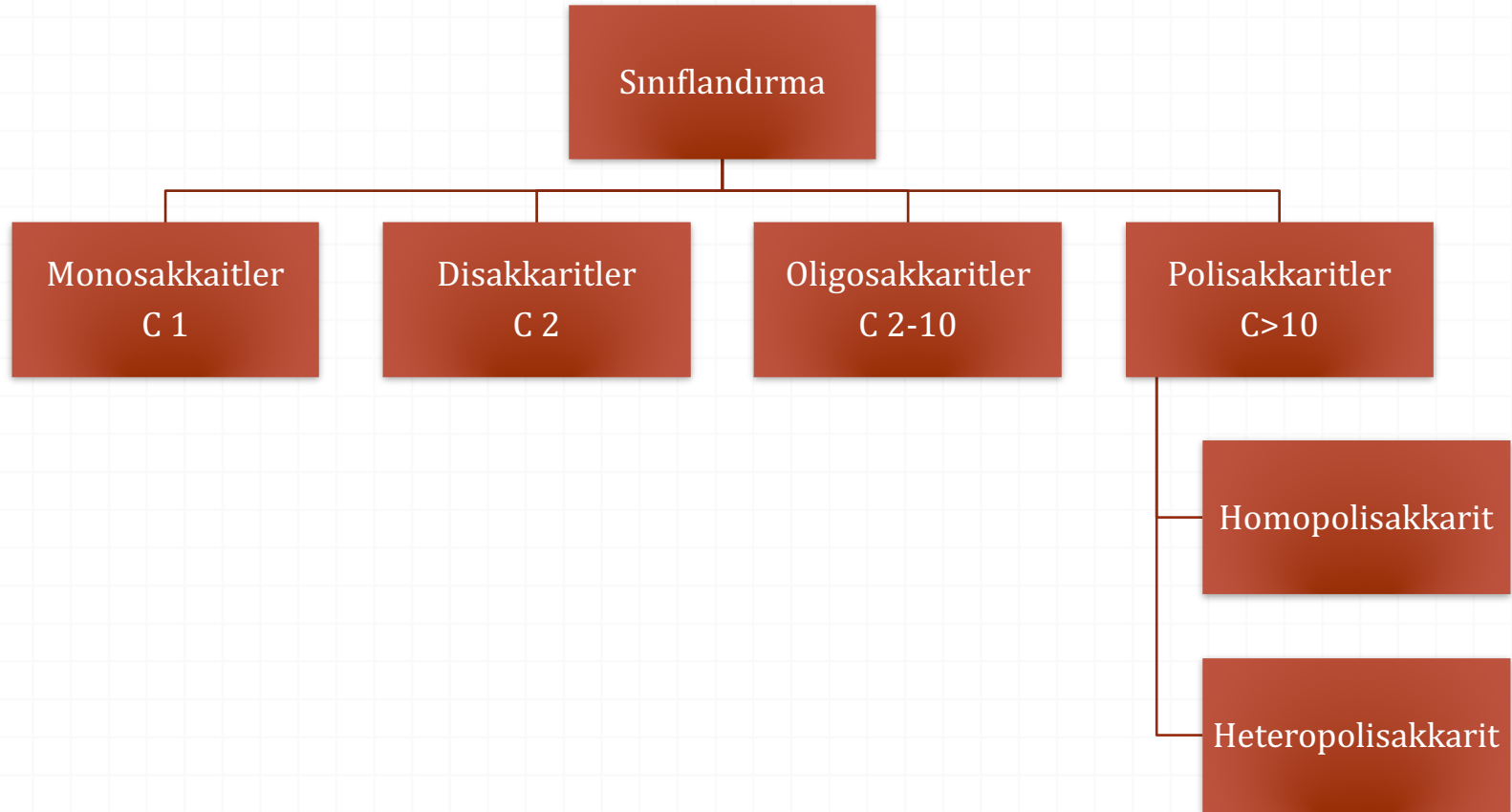
1. Bitkisel Karbonhidratlar (Tüm şekerler, Nişasta, Selüloz)
2. Hayvansal Karbonhidratlar (Laktoz, Glikojen)

## o Fonksiyonlarına Göre

1. Çatı-İskelet Bileşeni Olan Karbonhidratlar (Selüloz, Hemiselüloz, Kitin)
2. Rezerv Maddesi Olan Karbonhidratlar (Nişasta, Glikojen, İnulin)
3. Jelleşme Maddesi Olan Karbonhidratlar (Pektin, Agar-agar)

## o Kimyasal Yapılarına (Sakkarit Birimlerine) Göre

# Sınıflandırma



# Karbonhidratların Genel Özellikleri

# Optik Aktivite



- o Bir maddenin doğrusal polarize ışığın salınım yüzeyini çevirme özelliğidir.
- o Karbonhidratların polarize ışığı çevirme özelliklerinden faydalanarak, optik aktivite ve özgül çevirme gösterdikleri için, onların kalitatif ve kantitatif özellikleri belirlenebilmektedir.
- o Çözünen karbonhidratların bazılarının çevirme gücü çözünme başlangıcından itibaren değişir. Sonra sabit bir çevirme derecesine ulaşır. Bu olaya **mutarotasyon** adı verilmektedir.



# Optik Aktivite

o Glukoz	+52,5
o Fruktoz	-92,3
o Sakaroz	+66,5
o Maltoz	+136,8
o Laktoz	+52,5

(-)  
Levo-  
rotary

(+)  
Dextro-  
rotary

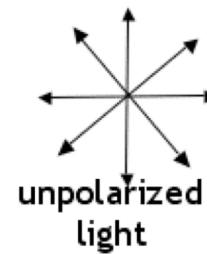
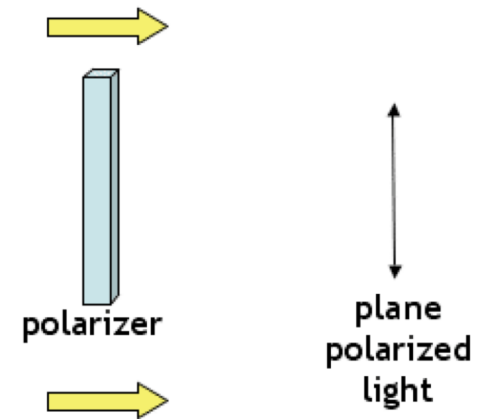


FIGURE 1

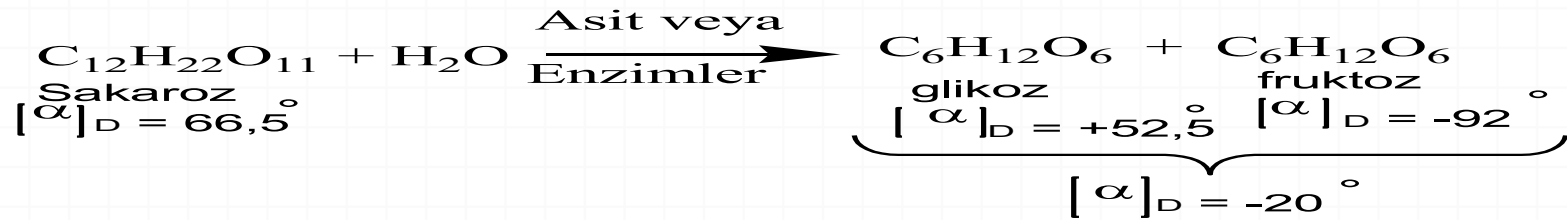


# Hidroliz

- o Karbonhidratların kimyasal olarak parçalanması bünyelerine su alarak olmaktadır.
- o Bu olaya hidroliz denir.
- o Hidroliz işleminde asit ve enzimler rol oynamaktadır. Asit hidrolizi enzimatik hidrolizden daha hızlı seyreder.
- o Hidroliz hızı ve derecesi, ortamın pH ve sıcaklığına bağlıdır.

# Hidroliz

- İncersiyon yoluyla meydana gelen şekere invert şeker denir. Sakarozun parçalanmasına incersiyon denir. (İncert Şeker = Fruktoz + Glukoz)' dur.



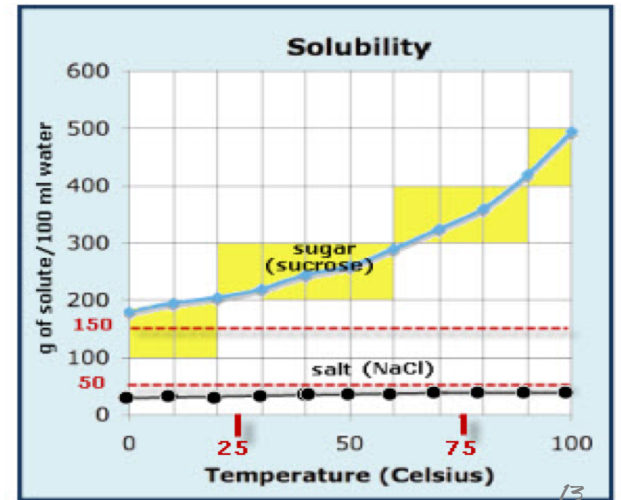
- Karbonhidratların enzimatik yolla hidroliz olarak parçalanması, sindirim sisteminde karbonhidrat sindiriminin esasını teşkil eder.

# Çözünürlük

- o Çözünürlük bakımından karbonhidratlar birbirinden çok farklılık gösterir.
- o Genel olarak karbonhidratların çözünürlüğü molekül ağırlığına bağlılık göstermektedir.
- o Çözünme olayı suyun dipol özelliği ile ilgilidir

# Çözünürlük

- Değişik sıcaklık derecelerindeki suda, karbonhidratların çözünürlüğü farklı olmaktadır. Buna doyma miktarı denir. Karbonhidrat çözeltilerini doymamış çözeltiler, doymuş çözeltiler, aşırı doymuş çözeltiler şeklinde üçe ayırabiliriz.



# Çözünürlük

## o Karbonhidrat

Glukoz, Fruktoz

Sakaroz

Maltoz

Laktoz

Nişasta, Selüloz

## Çözünürlük Düzeyi

Çok İyi Çözünen

Çok İyi Çözünen

İyi Çözünen

Az Çözünen

Çözünmez

Higroskopi



Hidrofilik



Hidrofobik

# Kristalizasyon

- o Şekerler bazı şartlar altında kristalizasyona uğrarlar. Kristalizasyon için öncelikle belli bir kristalizasyon çekirdeğinin oluşması gereklidir.
- o Kristallerin büyüklüğü ve sertliği soğumanın hızına bağlıdır.
- o Şayet fazla doymuş bir çözelti, yavaş yavaş soğutulursa çok iri ve sert kristaller oluşur



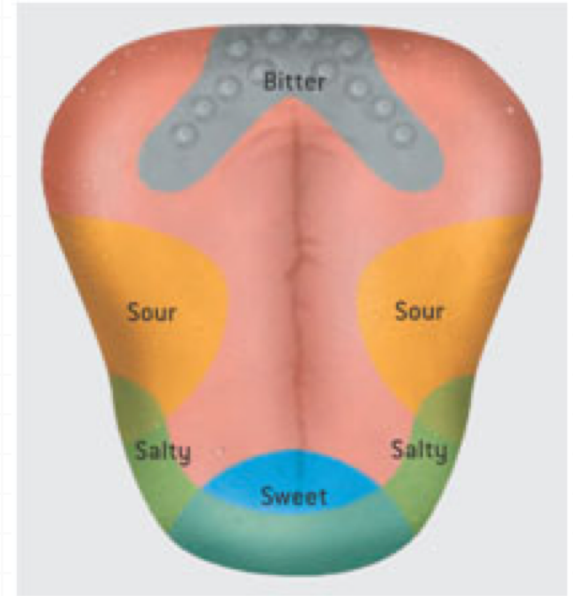


# Tatlılık

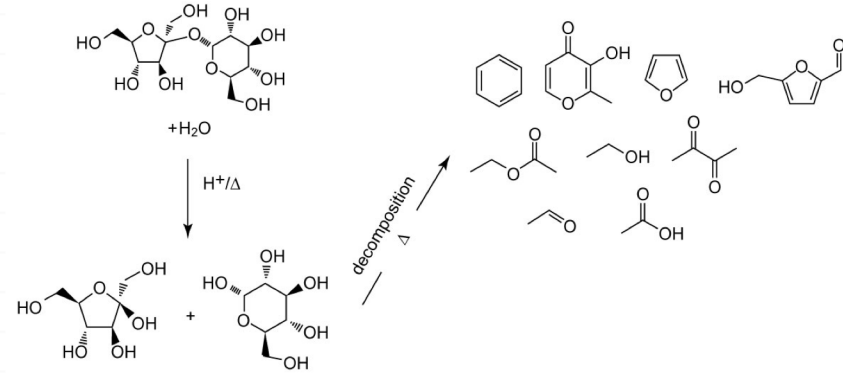
## *0 (Çeşitli Karbonhidratların Tatlılık Derecesi)*

Karbonhidrat \_\_\_\_\_ Sakkaroza Kıyasla Tatlılık Derecesi

Fruktoz	173
İnvert Şeker(glukoz + fruktoz)	130
Sakaroz(glukoz + fruktoz)	100
Glukoz	74
Sorbitol	54
Maltoz (Glukoz + Glukoz)	32
Laktoz (galaktoz + Glikoz)	16
Nişasta, Selüloz	0



# Karamelizasyon



- o Şekerler gıdalarda sadece tadlandırma amaçlı kullanılmaz. Şekerli gıdaların ısıyla reaksiyonu sonucu karamel ve Maillard ürünleri oluşur. Sakaroz, kuru formda  $210^{\circ}C$ 'ye kadar ısıtılır ise önce erir ve sonra sarıdan kahverengiye değişen bir renk alır. Bu olaya karamelizasyon adı verilir
- o Sakaroz eritildiği zaman ( $180-190^{\circ}C$ 'de erir), renk reaksiyonundan başka, tipik karamelizasyon tadını oluşturan diasetil meydana gelmektedir.



# Fermantasyon

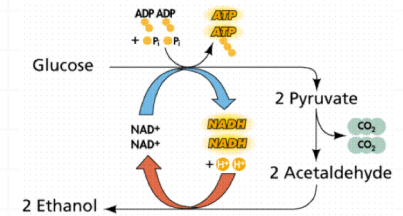
o Karbonhidratların, mayalar, bakteriler ve küf mantarları enzimlerince parçalanmasıdır. Oksijenli şartlarda olur ise aerob, oksijensiz şartlarda olur ise anaerob fermantasyon adı verilmektedir.

## Fermantasyon Çeşidi

- Alkol Fermantasyonu
- Laktik Asit Fermantasyonu
- Propiyonik Asit Fermantasyonu
- Sitrik Asit Fermantasyonu

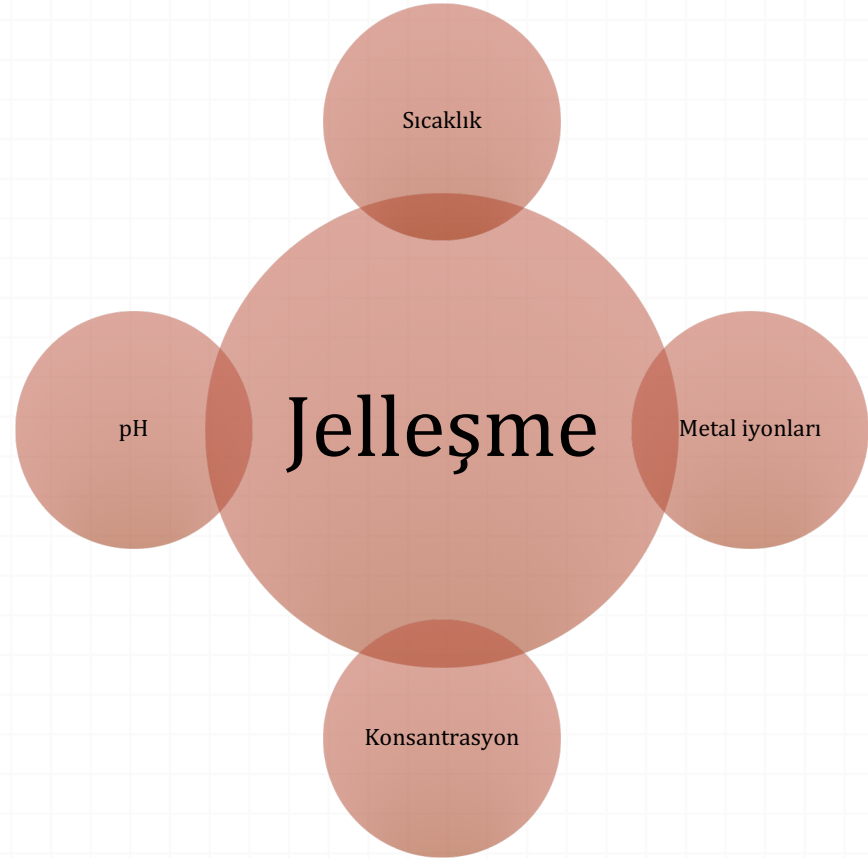
## Ortam

- Anaerob  
Anaerob  
Anaerob  
Aerob

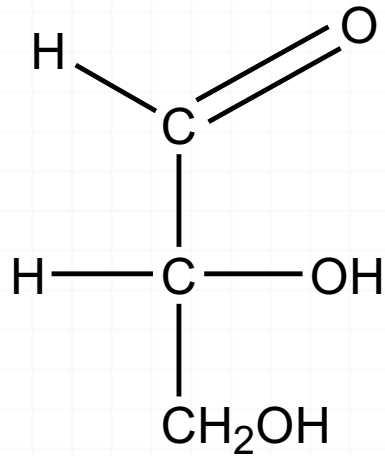


# Jelleşme

- o Polisakkaritler bünyelerine su alarak kesilebilecek sertlikte jel oluşturma özelliğindedir. Bu olaya jelleşme denir.



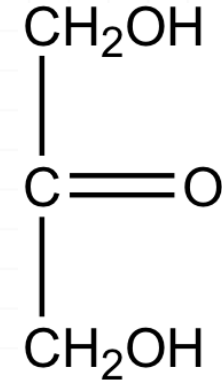
# Monosakkaritler



D-Gliseraldehit

Monosakkaritler veya basit şekerler tek bir polihidroksi aldehit veya keton birimi içerir ve dallanmamışlardır. Normal koşullar altında daha küçük birimlere hidrolize edilemez.

Karbonhidrat tanımına ve belirtilen genel formüle uyan en basit monosakkarit bir aldehit keton grubu (aldoz) ihtiva eden gliseraldehit ve bunun izomeri olan keton (ketoz) grubu ihtiva eden dihidroksi asetondur



Dihidroksi aseton

# Monosakkaritler

o Monosakkaritler;  
iki türlü  
sınıflandırılır;

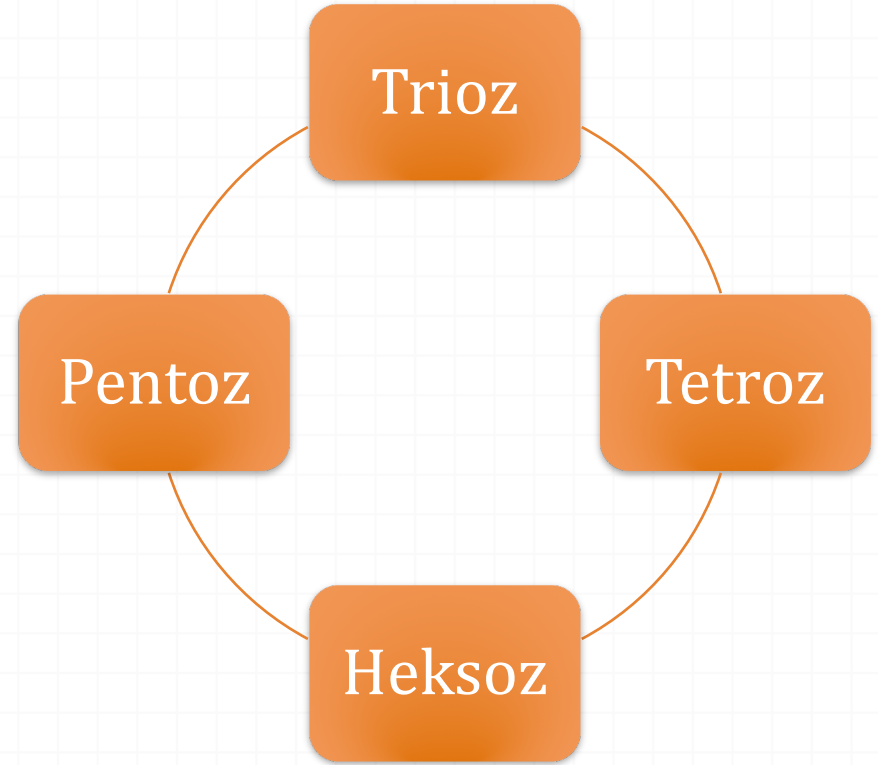
1.Karbon sayısı

2.Aktif grup

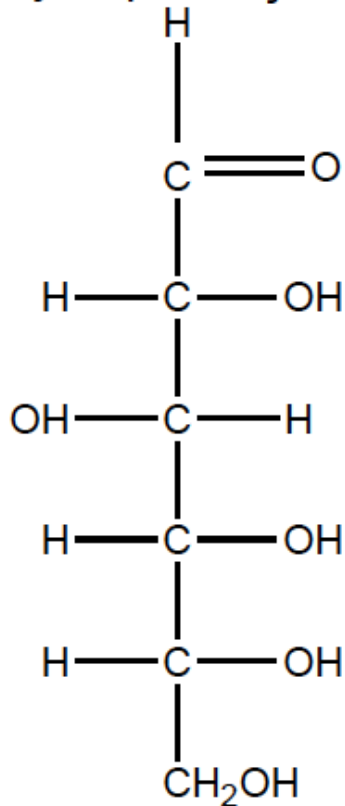
Ketoz

Aktif  
grup

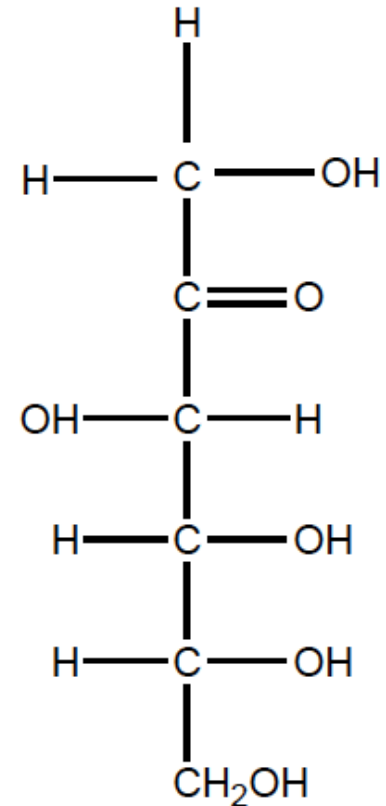
Aldoz



# Monosakkaritler

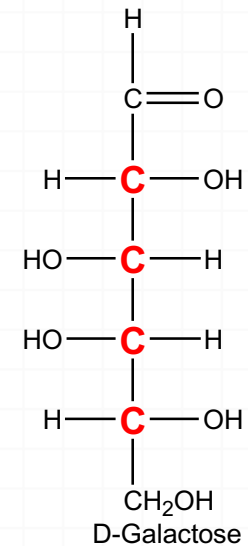
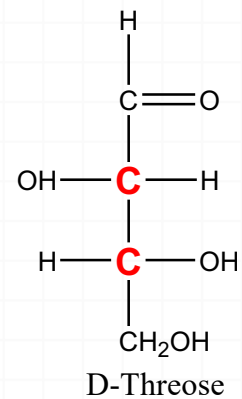
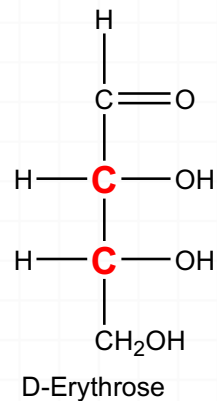
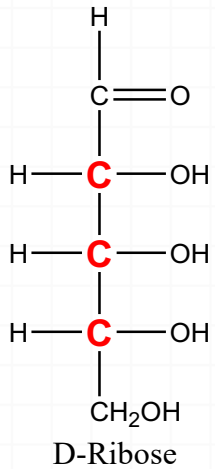
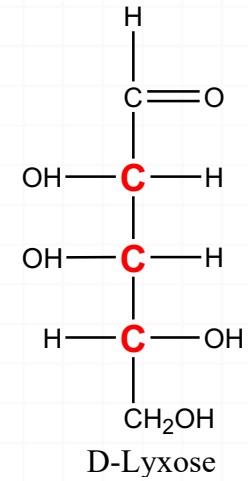
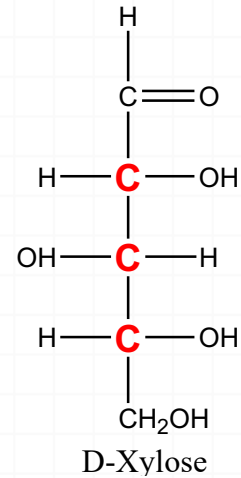
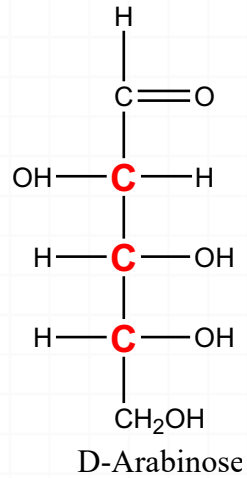
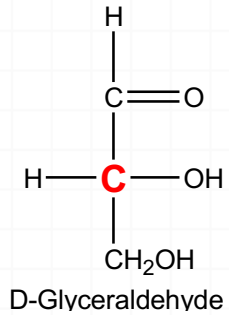


D-Glikoz (Aldoheksoz)



D-Fruktoz (Ketoheksoz)

# Monosakkaritler



*Doç. Dr. Nevzat Konar*



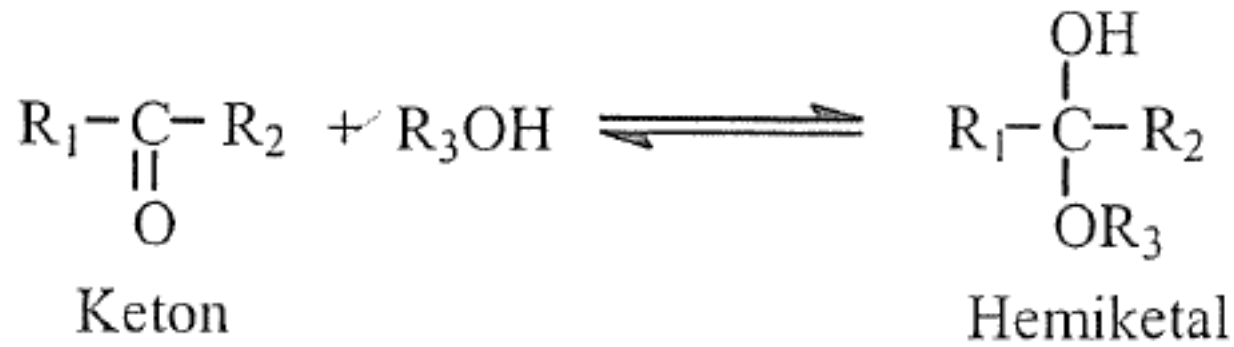
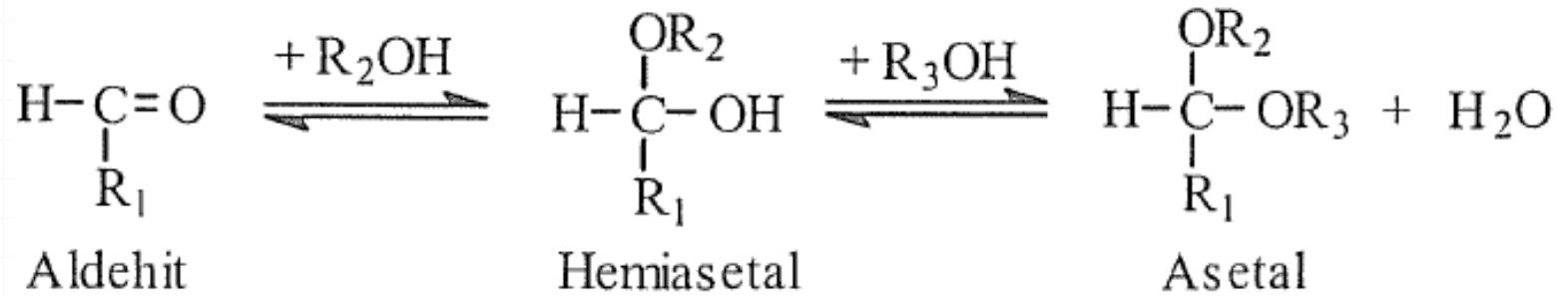
# Monosakkaritler

- Beş ve daha fazla C atomu içeren monosakkaritler çözelti halinde iken düz zincir halinde olmayıp halka yapısındadır.
- Bu yapıda karbonil grubu serbest olmayıp, zincirdeki diğer bir C atomuna bağlı bir OH grubu ile kovalent bağ oluşturmuştur. Bunun belirtilerinden birisi, D-glukozun özellikleri birbirinden çok az farklı olan iki değişik kristal formunun mevcut olmasıdır.
- D-glukozun piranoz halkasına dönüşmesinin nedeni, aldehitler ve alkoller arasında hemiasetallerin meydana geldiği genel bir reaksiyondur.

# Monosakkaritler

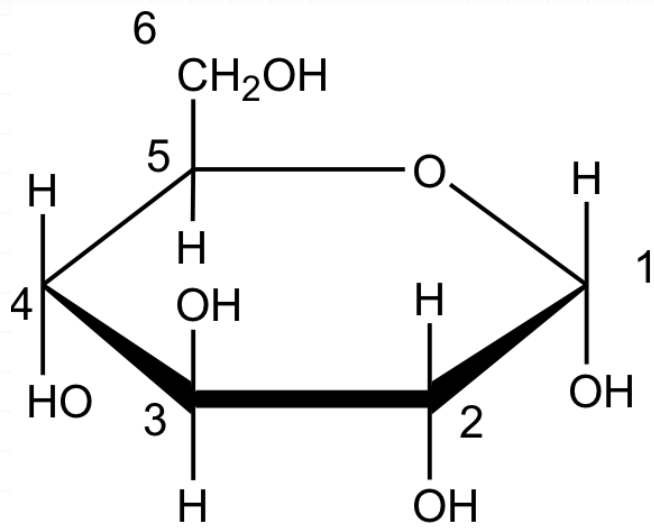
- o Hemiasetal oluşumunda yeni bir asimetric karbon atomu ortaya çıktığından, iki farklı stereoizomerik form söz konusudur.
- o Aldoz şekerler hem aldehit ve hem de alkol yapısında olduklarından intramoleküler hemiasetal verirler ve bunlar halka yapısındadır. Benzer şekilde ketoz şekerler hem keton ve hem de alkol yapısında olduklarından intramoleküler hemiketal verirler.

# Monosakaritler

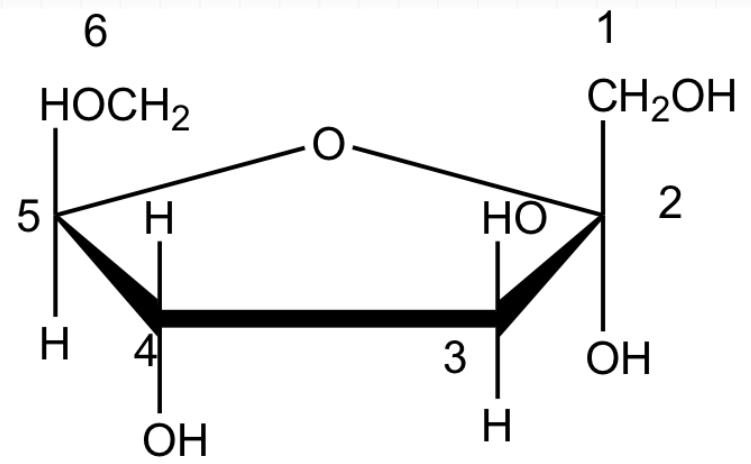


# Monosakkaritler

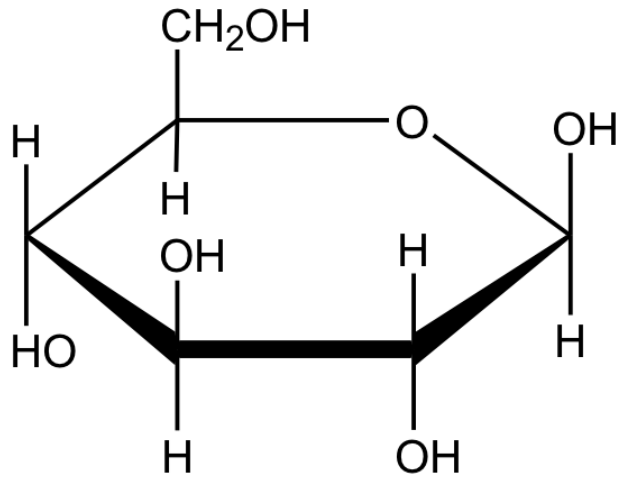
- o D-glukopiranoz intramoleküler hemiasetal oluştururken C5 karbon atomu ile aldehit grubunu taşıyan karbon atomu birleşir ve C1 asimetric hale gelir. Halka yapısındaki D-glukopiranozda 1 adet fazla asimetric C atomu olduğu için alfa ve beta olmak üzere iki farklı stereoizomerik formu söz konusudur.
- o Bir monosakkaritin konfügurasyonları sadece hemiasetal C atomunda farklılık gösteren izomerik formlarına **anomer** denir.



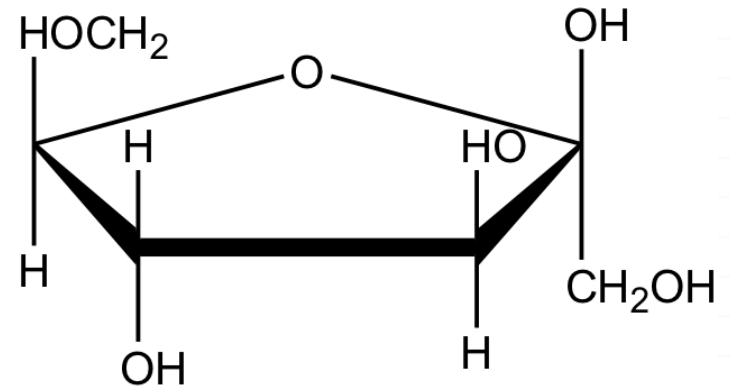
$\alpha$ -D-Glikopiranoz



$\alpha$ -D-Fruktofuranoz



$\beta$ -D-Glikopiranoz

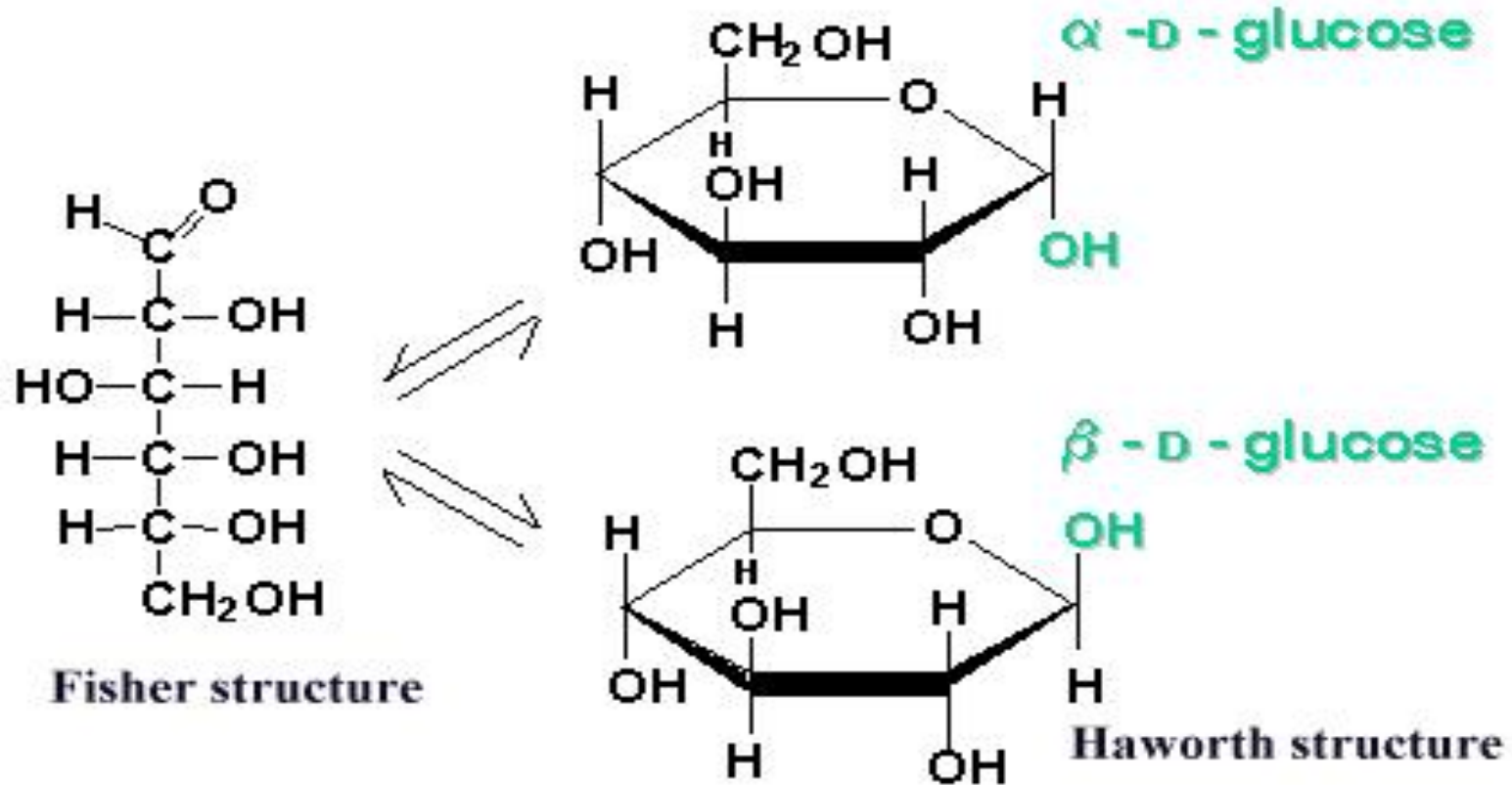


$\beta$ -D-Fruktofuranoz

# Monosakkaritler

- o Bir şekerin sadece bir anomerik formunu içeren çözeltisinin optik çevirmesi zamanla değişim gösterir.
- o Çünkü birinci anomer kısmen diğerine dönüşür ve zamanla iki anomerin denge halinde olduğu bir karışım ortaya çıkar.
- o Bu dönüşüm halka şeklini alan yapı aracılığıyla olur
- o Bu olaya **mutarotasyon** denir.

# Monosakkaritler

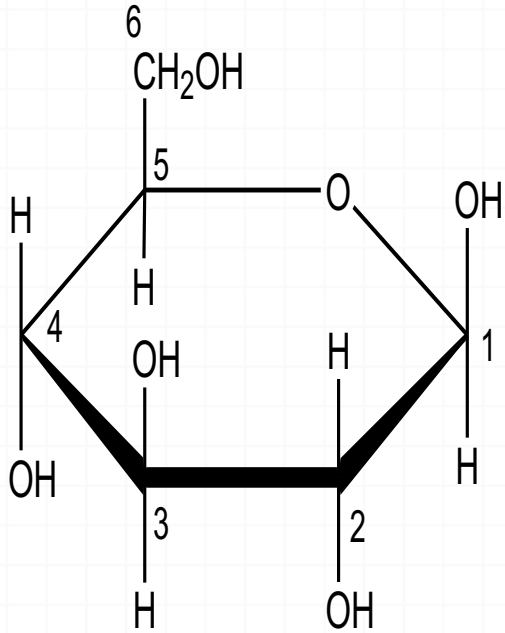


# Monosakkaritler

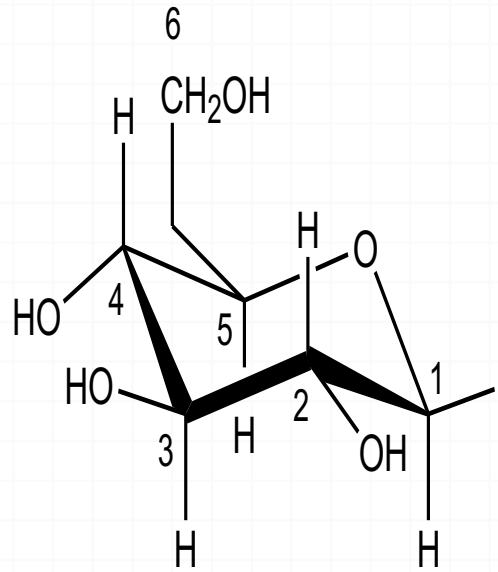
- o Doğada doğal olarak bulunan pek çok karbonhidrat serbest karbonil grubu ihtiva etmez. Doğada karbonhidratlar piran veya furan halkası oluşturarak polihidroksi asetal veya ketaller şeklinde bulunur ve böyle tanımlanmaları daha yerinde olur.
- o Karbonhidratların piranoz halkası üç boyutlu düzlemde sandalye (chair) ve kayık (boat) formu olmak üzere iki konformasyonda bulunabilir. Piranoz halkasının sandalye konformasyonundan daha sağlam ve kararlıdır.



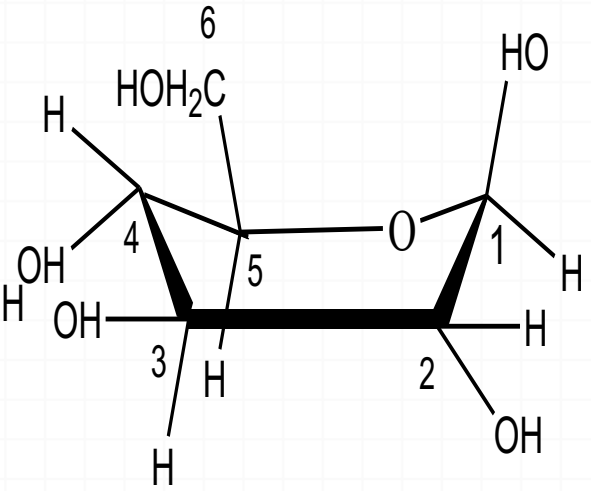
# Monosakkaritler



Haworth porjeksiyon



Sandalye konformasyon

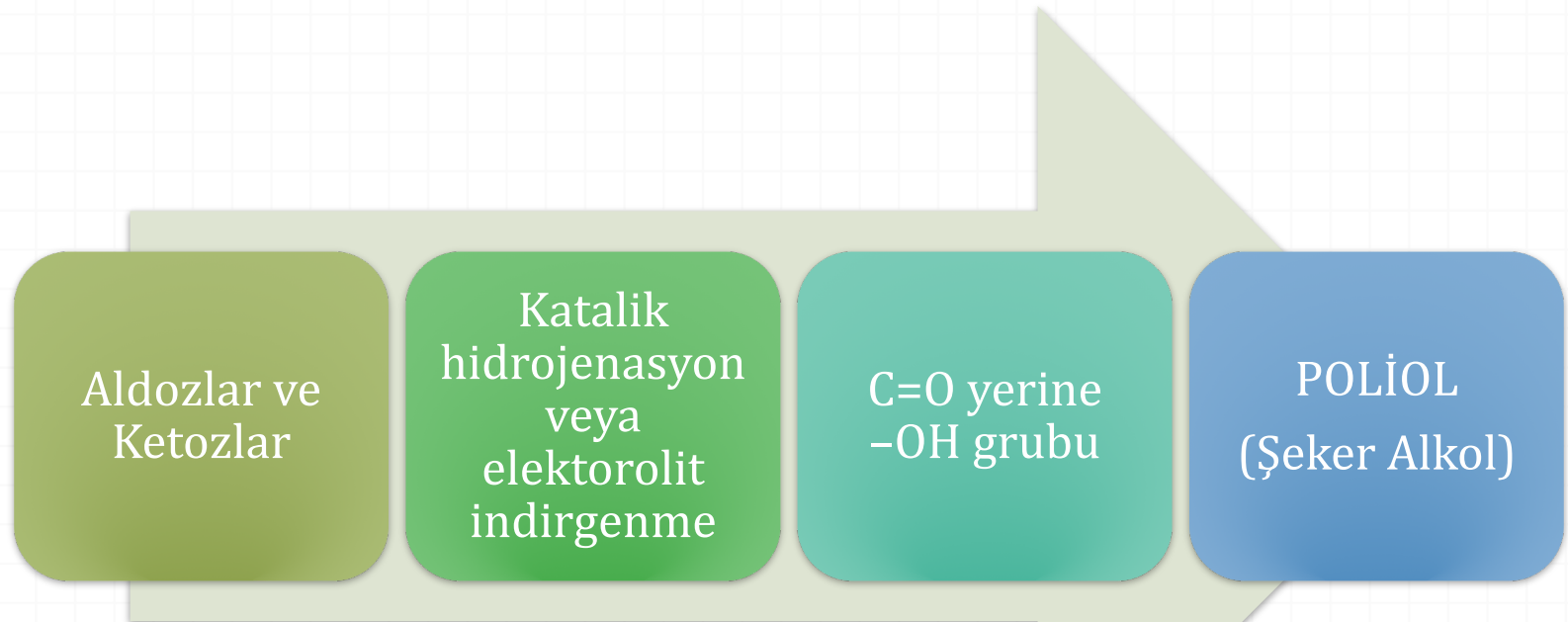


Kayık konformasyon

# Karbonhidratların Reaksiyonları

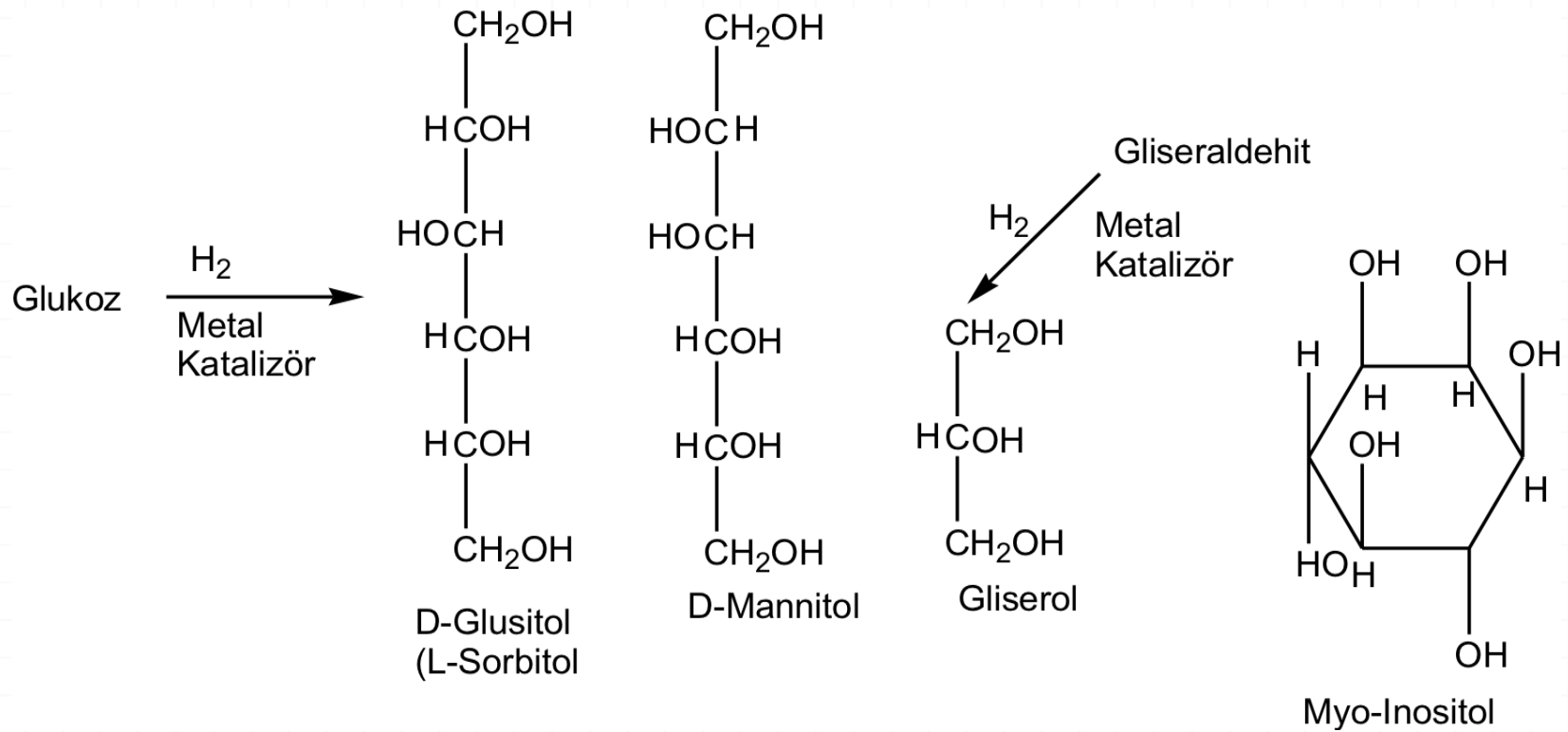


# İndirgenme Reaksiyonları



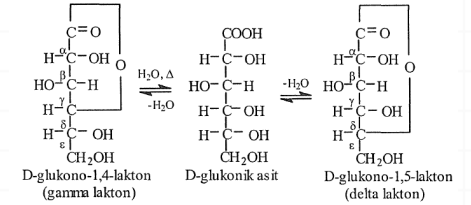
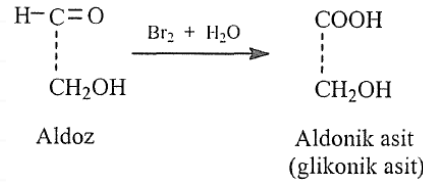
Aldozlar indirgendiğinde tek ürün, ketozlar ise yeni bir asimetrik merkez oluşumu nedeniyle iki farklı ürün verirler

# İndirgenme Reaksiyonları



# Şekerlerin Oksidasyon Reaksiyonları

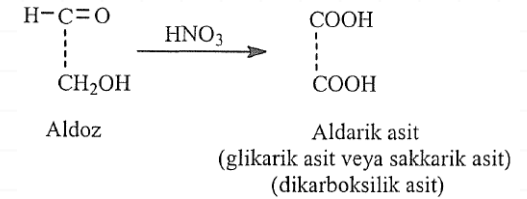
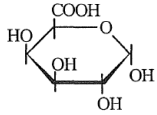
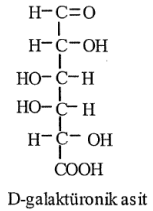
Aldonik asitler ve laktonlar



Oksidasyon

Üronik asitler

Aldarik asitler



# Şekerlerin Alkaliler ile Reaksiyonları

- o 1. İzomerizasyon
- o 2. Daha küçük parçalara ayrılma
- o 3. İç Oksitlenme, indirgenme ve yeniden düzenlenme

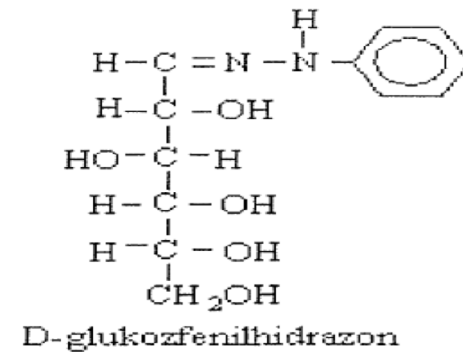
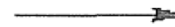
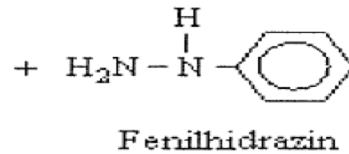
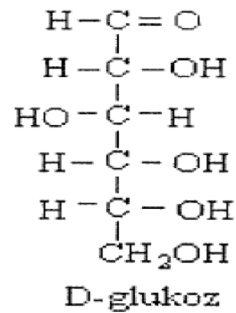
# Şekerlerin Alkali Çözeltilerdeki İndirgen Etkileri

- Serbest aldehit veya keton grubu içeren tüm şekerler indirgen özelliğe sahiptir.
- Alkali çözeltilerdeki indirgen şekerler  $Ag^+$ ,  $Hg^{++}$ ,  $Cu^{++}$  gibi okside edici metal iyonlarını indirgerler ve kompleks bir asit karışımı verecek şekilde okside olurlar.
- Şekerlerin bu indirgen etkileri onların kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmelerinde kullanılabilir.
- İndirgen şekerler birçok oksidan madde (Benedict, Barfoed, Fehling) bu esaslara dayanan reaksiyonları verirler.

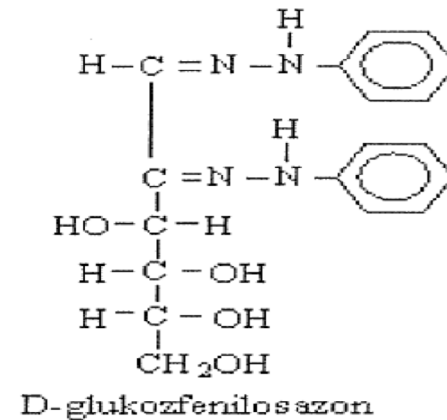
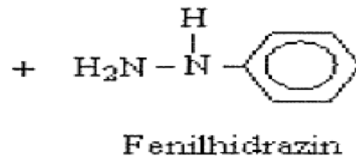
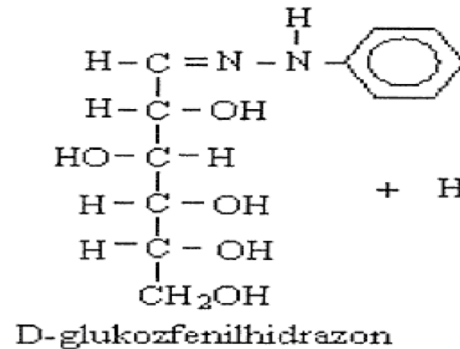


# Fenilhidrazin ile Kondensasyon

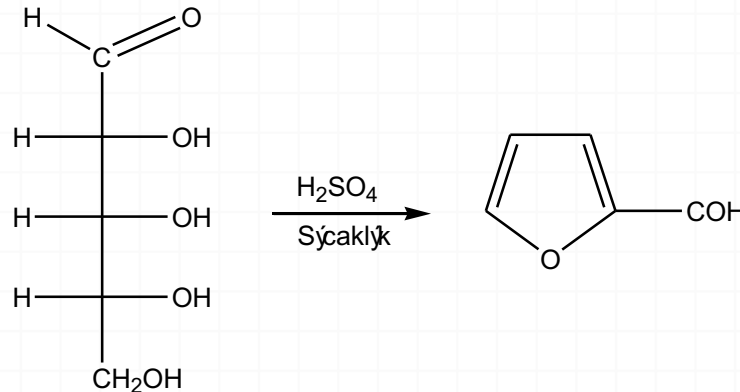
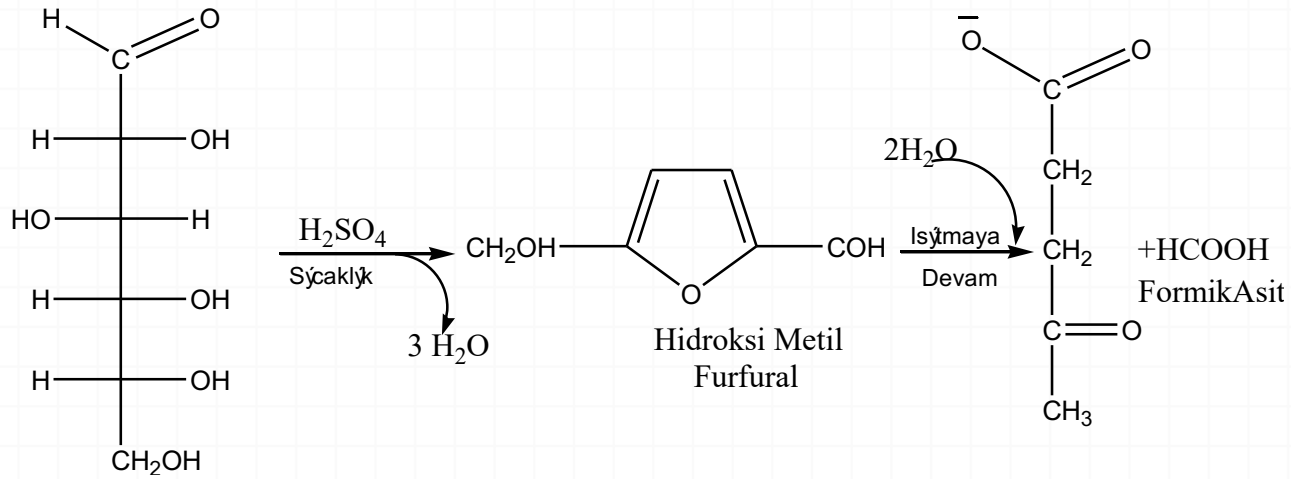
## I. Aşama



## II. Aşama



# Şekerler Üzerine Asitlerin Etkisi



# Enzimatik Olmayan Esmerleşme Reaksiyonları

o Maillard Reaksiyonu

o Karamelizasyon

o Akrilamid Oluşumu

# Maillard Reaksiyonu

- o Maillard reaksiyonu, gıdalarda bulunan amino grupları ile karbonil (C=O) grupları arasındaki tüm reaksiyonları kapsar. Bunlar arasında aminler, amino asitler ve proteinlerin şekerlerle, aldehitlerle, ketonlarla ve lipit oksidasyon ürünleriyle reaksiyonları sayılabilirler.
- o Maillard Reaksiyonu avantajları; Renk ve aroma oluşumu, bazı antioksidan ve antimikrobiyal maddelerin açığa çıkması iken, dezavantajları istenmeyen esmerleşmeler ve besin değeri kaybıdır

# Maillard Reaksiyonu

- o Maillard Reaksiyonun basamakları;
- o 1.Basamak: İndirgen şekerin karbonil (C=O) karbonu amino grubu (NH<sub>2</sub>) azotu ile reaksiyona girer. H<sub>2</sub>O kaybı ile birlikte kapalı halka formundaki N-glikozil amin oluşur (Shiff Bazı)
- o 2.Basamak (Amadori Dönüşümü): Zayıf asidik koşullarda, N-glikozil amin, 1-amino-1-deoksi-2-ketoza (veya başlangıç şekeri ketoz ise 2-amino aldoza) dönüşür. Aldoz formdan ketoz forma dönüşüm, Amadori yeniden düzenlemesi olarak adlandırılır. İlerleyen aşamalarda Strecker reaksiyonu meydana gelir ve CO<sub>2</sub> ve amonyak da açığa çıkar.
- o 3.Basamak: Şekerlerin dehidrasyonu (zincir kopması) sonucu furfural bileşikleri oluşur (furfural, 5-hidroksi metil furfural). Kompleks bir seri reaksiyonla, aldol kondensasyonu ve polimerizasyon sonucunda kolloidal, çözünmeyen nitelikte melanoidin bileşikleri meydana gelmektedir.

# Maillard Reaksiyonu

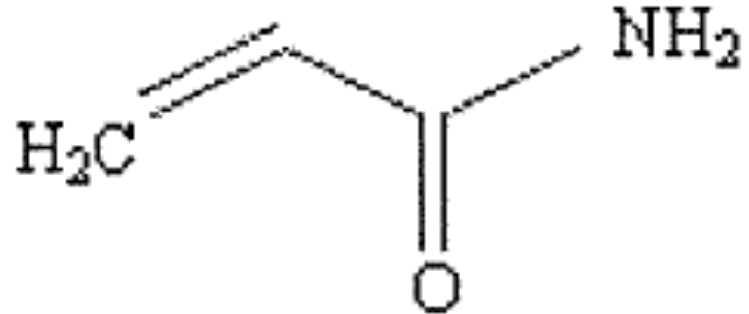
- o Maillard Reaksiyonunu Etkileyen Faktörler
- o a.Su aktivitesi : Düşük ve yüksek su aktivitesinde reaksiyon hızı düşer. Max. reaksiyon hızı, 0.6-0.7 aw, optimum nem, %65-70 nisbi nem.
- o b.pH: Yüksek pH'da reaksiyon hızı artar, çünkü, protein ve aminoasitlerin amin grupları, bazik formdadır.
- o c.Sıcaklık ve Süre: Her 10°C'lik artış ile reaksiyon hızı dört kat artar.
- o d.Ketozlar aldozlara göre daha çok reaksiyona katılırlar.

# Akrilamid

- o Gıdalarda yüksek sıcaklıklarda akrilamid oluşumu;
- o Hipotez 1: Kızartmada kullanılan yağların bileşimindeki trigliseritler yüksek sıcaklıkta önce akroleine daha sonra da akrilamide dönüşmektedir.
- o Hipotez 2: Isıl işlem gören gıdaların bileşiminde bulunan bazı amino asitler ile şekerler arasında Maillard reaksiyonu sonucu ortaya çıkan ürünlerden oluşmaktadır.

# Akrilamid

Maillard reaksiyonu sırasında, asparajinin, glukoz ile birleşerek akrilamid oluşumu için gerekli N-glukozil asparajine dönüştüğü belirlenmiştir. Daha sonraki çalışmalarda, glukoz yerine başka bir karbonil bileşiğinin de aynı tipteki reaksiyona girebileceği gösterilmiştir.







Dikkatiniz İçin Teşekkürler !