

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

istanbul Gelişim Üniversitesi



Bölüm Adı

Beslenme ve Diyetetik

Dersin Adı

Besin Kimyası ve Analizleri I

Dersin Haftası: **3. Hafta**

Dersin Öğr. Üyesinin Adı: **Dr. Öğr. Üyesi Semiha YALÇIN**

E-Posta: syalcin@gelisim.edu.tr

Geçen Ders Hakkında

- Suyun moleküler yapısı
- Suyun kimyasal özellikleri
- Suyun organizmadaki fonksiyonları
- Organizmanın su kaynakları
- Gıdalarda suyun varlığı
- Suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Sertlik tanımı ve su aktivitesi
- su aktivitesi ve gıdaların bozulması
- Hammadde olarak su ve suyun temizlenmesi

DERS BİLGİLERİ

Ders Günü ve Saati

25 Ekim 2020 Pazartesi

Dersin Kredisi

5 AKTS, 4 Kredi

GBS Linki

<https://gbs.gelisim.edu.tr/ders-detay-5-48-4998-1>

Görüşme Gün ve Saatleri

Salı, Çarşamba

Dersin Öğretim Üyesinin Konumu

B Blok 1. Kat: 013 Numaralı Oda

- Besin kimyasına giriş
Suyun besinlerdeki önemi, yapısı ve fonksiyonları
Karbonhidratların kimyasal yapısı
Karbonhidratların sınıflandırılması ve özellikleri
Proteinlerin kimyasal yapısı
Proteinlerin sınıflandırılması ve özellikleri
Lipidlerin kimyasal yapısı
ARA SINAV

- Lipidlerin sınıflandırılması ve özellikleri
- Mineral maddelerin kimyasal yapısı ve fonksiyonları
- Mineral maddelerin özellikleri
- Vitaminlerin kimyasal yapısı ve fonksiyonları
- Vitaminlerin özellikleri
- Besin kimyasında kullanılan deneysel tayin sistemleri
- Lipidlerin kimyasal yapısı

FİNAL SINAVI

Karbonhidratlardaki Fonksiyonel Gruplar
Monosakkaritler
Monosakkaritlerin Sınıflandırılmaları
İzomerizm
Monosakkaritlerin Halka Yapısı Ve Mutarotasyon
Karbonhidratların Genel Özellikleri Ve Çeşitli Kimyasal
Reaksiyonları

Uygulama Zamanı

KARBONHİDRATLAR



Giriş

- Bitkiler ve hayvanlar için çatı maddeleri olarak da görev almaktadır.
- Bitkisel organizmalarda depo maddesi olarak depolanır.
- Örneğin bitkisel gıdaların önemli depo karbonhidratı olan nişasta gıda teknolojisinde çeşitli proseslerin temelini oluşturur.

Giriş

- Silindirilmeyen karbonhidratlar lif olarak da beslemede yararlıdır.
- Doğrudan tüketimi yanında, gıdalarda tatlandırıcı, jel yapıcı, stabilize edici, kıvam arttırıcı ve kalori azaltıcı gibi bir çok teknolojik fonksiyonları vardır.
- Bir dizi kimyasal reaksiyon sonunda gıda boyaları ve aroma maddelerine dönüştürülebilirler.

Giriş

- Karbonhidratlardan glikoz, sakkaroz, nişasta ve selüloz gibi başlıcaları en iyi bilenen organik bileşiklerdir.
- Bunların dışında kimyasal özellikleri sebebiyle diğer bir kısım bileşikler de örneğin pektinler, amino şekerler ve şeker alkolleri de karbonhidratlara dahildirler.



Giriş

- Karbohidratlar, insan diyetinin en önemli kısmını oluştururlar



KARBONHİDRATLAR

Uygulama Zamanı

- Yiyeceklerimizde (özellikle bitkisel kaynaklı) en çok bulunan besin ögesidir.
- Temel enerji sağlayıcıdırlar. (4kkcal/g) Yetişkinlerin normal diyetlerinde günlük enerjinin %55-60'ı CHO' lardan sağlanır.
- Diğer bazı biyomoleküllerin oluşmasında ön maddedirler.
- İskelet eklemlerini kayganlaştırırlar ve hücreler arası yapışmayı sağlarlar.
- Yapısal ve koruyucu elemanlar olarak fonksiyon görürler.

KARBONHİDRATLAR

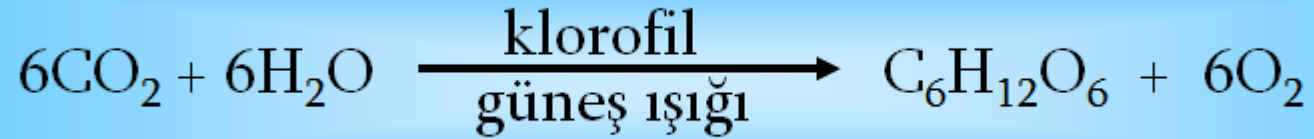
Uygulama Zamanı

- Çözünür olmayan karbonhidrat polimerleri , bakteri ve bitkilerin hücre duvarlarında ve hayvanların bağ dokusunda yapısal ve koruyucu olarak bulunurlar.
- Hücre zarının yapısında yağ ve proteinlere bağlı olarak bulunurlar. (glikolipid ya da glikoprotein şeklinde)
- glikoz + lipid glikolipid
- glikoz + protein glikoprotein

KARBONHİDRATLAR

Uygulama Zamanı

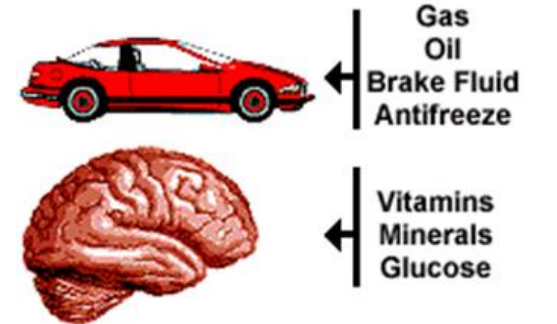
- Karbonhidratların büyük bölümü **su**, **güneş ışığı enerjisi** ve **atmosferik CO2** kullanılarak gerçekleştirilen fotosentez ile elde edilmektedir (yeşil bitkiler ve algler).



KARBONHİDRATLAR

Uygulama Zamanı

- Karbonhidratların düzenli miktarda günlük olarak diyetle alınması önemli
- **Beyin sinir hücreleri** ile gelişmekte olan kırmızı kan hücrelerinin sentezi veya fonksiyonları için enerji kaynağı olarak **glikoza ihtiyaç**
- Enerji diyetinde **sadece yağlardan** temin edilirse söz konusu hücrelerin fonksiyonları gerçekleşmez.



KARBONHİDRATLAR

Uygulama Zamanı

- Yetersiz karbonhidrat alımında proteinler parçalanarak glikoza dönüşür ve proteinler enerji kaynağı olarak kullanılmış olduğundan kendi fonksiyonlarını yerine getiremezler.
- Karbonhidratların ihtiyaç düzeyinde diyetle alımıyla proteinin enerji kaynağı olarak kullanımının önlenmesine **karbonhidratların proteini koruyucu etkisi** denilmektedir.



KARBONHİDRATLAR

Uygulama Zamanı

- İlk kez Fransız kimyacılar tarafından analiz edilerek C, H ve O olmak üzere sadece üç çeşit elementten oluştukları, O ve H elementlerini 1/2 oranında içerdikleri görülmüştür.
- Bu yüzden genel kapalı formülleri **C_nH_{2n}O_n** şeklinde gösterilmiştir.
- Ancak bazı karbonhidratlar bu kapalı formüle uymazlar. Çünkü C, H ve O dışında bazı elementler de (**N,P,S**) bulunabilir.



KARBONHİDRATLAR

Uygulama Zamanı

- Bunun dışında, asetik asit, laktik asit gibi bazı bileşikler de bu kapalı formüle uyduğu halde karbonhidratlar grubuna dâhil değildir.
- Asetik asit $C_2H_4O_2$
- Laktik asit $C_3H_6O_3$
- Formaldehit CH_2O
- Ayrıca genel formülü farklı olup karbonhidrat olan bileşikler (örn/ ramnoz $C_2H_{12}O_5$) de bulunmaktadır.



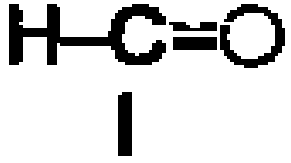
KARBONHİDRATLAR

Uygulama Zamanı

- Karbonhidratlar;
- polihidroksilik alkollerin aldehit veya keton türevleri (monosakkaritler), **bunların polimerleri** (oligo- ve polisakkaritler), **oksidasyon ürünleri** (şeker asitleri), **redüksiyon ürünleri** (şeker alkolleri), **substitüsyon ürünleri** (amino şekerler) ve **esterleri** (sülfatlı veya fosfatlı esterleri)'dir.

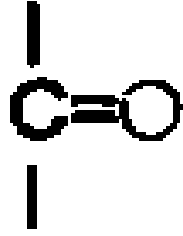
Karbonhidratlardaki fonksiyonel gruplar

Uygulama Zamanı

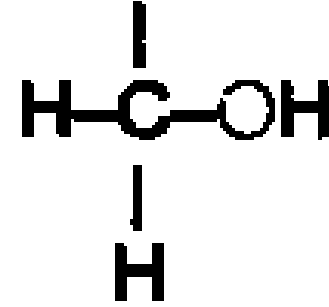


Aldehit grubu

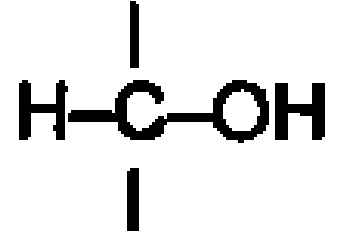
Karbonil grupları



Keton grubu



Primer alkol grubu



Sekonder alkol grubu

Alkol grupları

MONOSAKKARİTLER (BASİT ŞEKERLER)

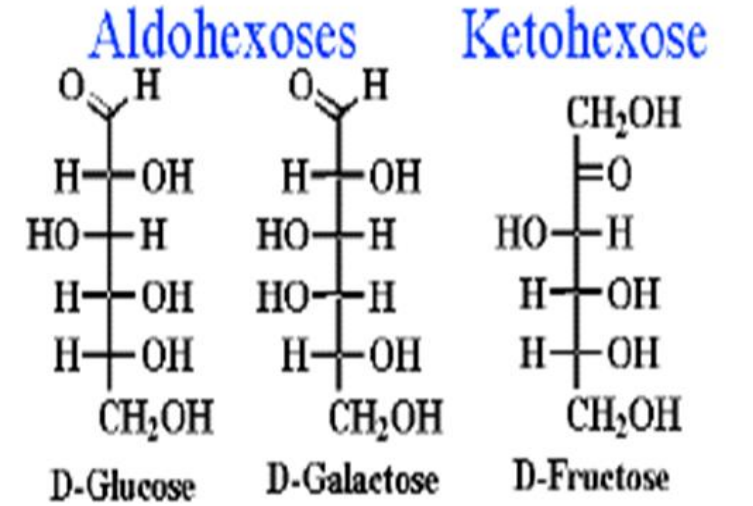
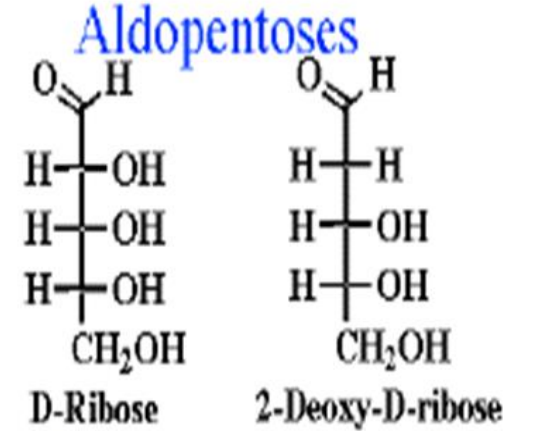
Uygulama Zamanı

- Karbonhidratların yapıtaşıdır.
- En küçük karbonhidrat birimi monosakkaritdir.
- Disakkaritler, oligosakkaritler ve polisakkaritlerin alt ünitelerini oluştururlar.
- Basit şekerler olarak adlandırılır.
- C, H ve O'den oluşmuş hidrolizle daha küçük parçalara ayrılmayan tek moleküllü maddelerdir.
- Doğada en çok bulunanların yapısında 6 karbon (heksoz) vardır.
- Renksiz ve kristal yapıdadır.
- Suda kolay çözülür, polar yapıda olmayan çözücülerde çözünmez.

MONOSAKKARİTLER (BASİT ŞEKERLER)

Uygulama Zamanı

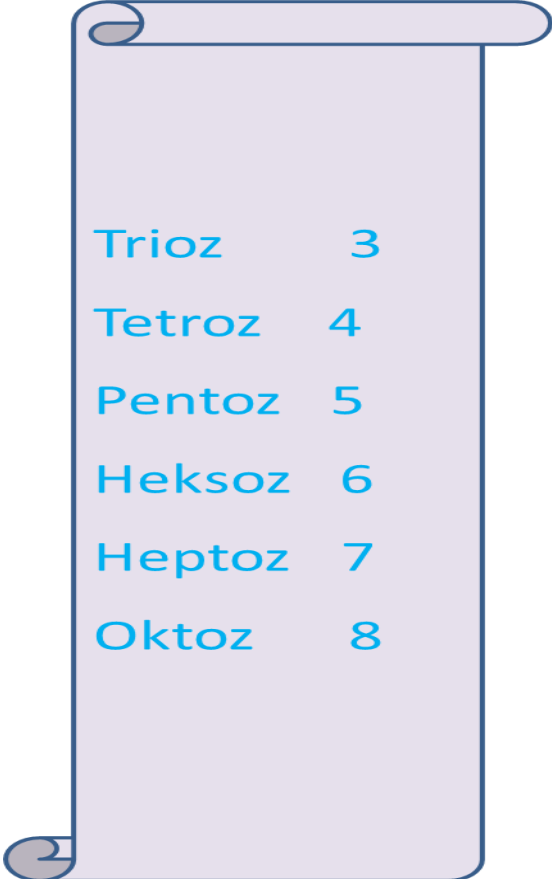
- Monosakkaritlerin aldehit grubu içerenleri **aldoz**, keton grubu içerenleri **ketoz** olarak adlandırılırlar.
- Dolayısıyla monosakkaritler reaktif gruplarına göre aldoz ve ketoz şeklinde ikiye ayrılırlar.
- Monosakkaritlerin aldehit veya keton gruplarına (**karbonil grubu**) reaktif şeker grupları adı verilir.



Monosakkaritler

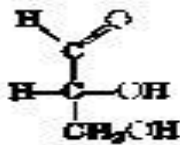

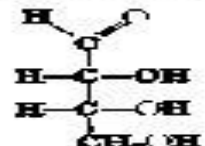
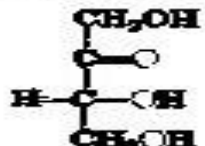
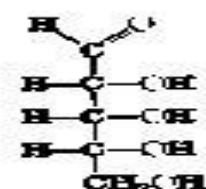
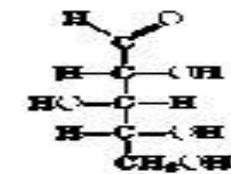
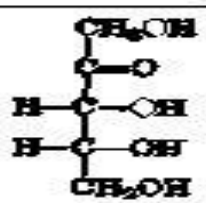
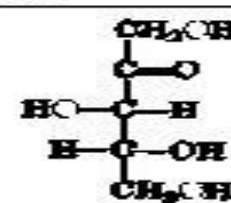
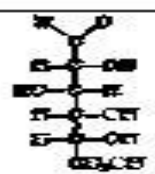
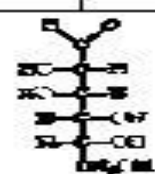
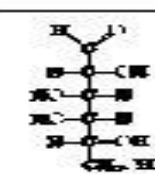
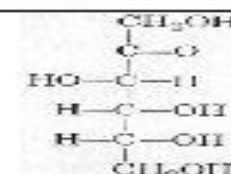
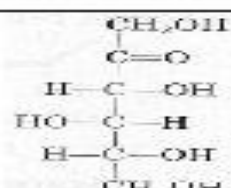
Uygulama Zamanı

- Monosakkaritler, moleküllerindeki toplam karbon sayılarına göre de trioz, tetroz, pentoz, heksoz olarak adlandırılırlar.
- Bunların içerisinde en önemli grup **heksozlardır**. (molekülde 6 oksijen ve 6 karbon atomu bulunmaktadır).



Trioz	3
Tetroz	4
Pentoz	5
Heksoz	6
Heptoz	7
Oktoz	8

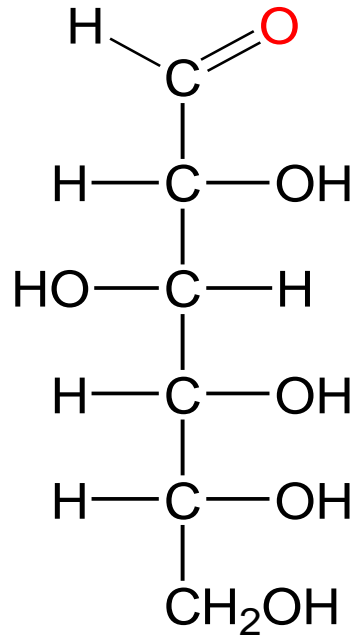
Monosakkaritlerin sınıflandırılmaları

Karbon sayısına göre	Karbonil grubunun cinsine göre				
	Aldoz		Ketoz		
<i>Trioz</i> (3 karbonlu)					
	Gliseraldehit		Dihidroksi aseton		
<i>Tetroz</i> (4 karbonlu)					
	Eritroz		Eritrülöz		
<i>Pentoz</i> (5 karbonlu)					
	Riboz	Xsiloz	Ribüloz	Xsitülöz	
<i>Heksoz</i> (6 karbonlu)					
	Glukoz	Mannoz	Galaktoz	Fruktoz	Sorboz

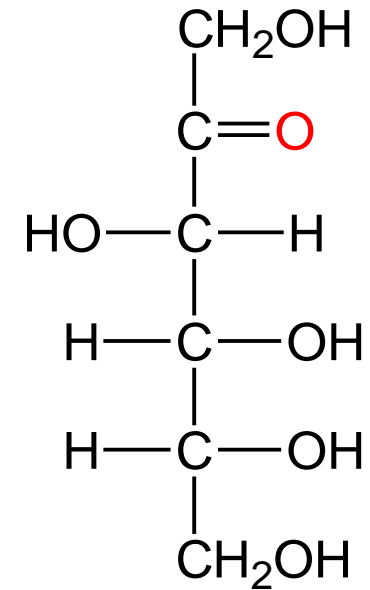
Monosakkaritler

Aldozlar (Örn. glikoz) **aldehit** grubu

Ketozlar (Örn Fruktoz) **keto** grubu (genelde C2'de)



D-glucose



D-fructose

PENTOZLAR ($C_5H_{10}O_5$)

Uygulama Zamanı

- Doğada serbest olarak az miktarda bulunurlar.
- **Arabinoz** : Araban, hemiselüloz, zamk
- **Ksiloz** : Ksilan, hemiselüloz
- **Riboz** : RNA, DNA , ATP

HEKSOZLAR ($C_6H_{12}O_6$)

Uygulama Zamanı

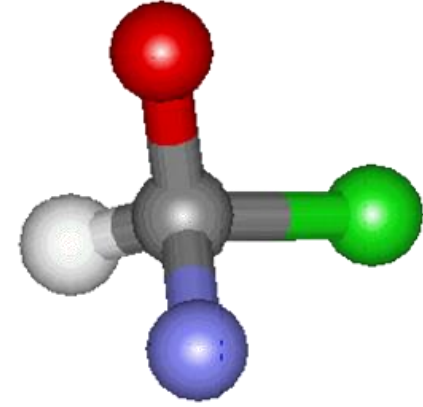
Şekerlerin çoğunluğudur.

- **Glikoz** : Meyve, bitki, bal, kan, lenf
- **Fruktoz** : Meyve, yeşil yaprak, bal
- **Mannoz** : Mannan ve glikoproteinlerin bileşiminde
- **Galaktoz** : Laktoz, galaktolipidler, zamklar bileşiminde

İZOMERİZM

Uygulama Zamanı

- Bir organik moleküldeki bir karbon atomuna dört farklı atom **veya** fonksiyonel grup bağlanmışsa karbon atomunun **asimetrik karbon** olarak adlandırılır.
- Asimetrik C atomlarının varlığı izomerlerin oluşmasını sağlar.
- **izomer**: Aynı molekül formülü ile gösterilebilen iki veya daha fazla sayıda farklı bileşiklere izomer denir.
- Bunlar aynı molekül formülüne sahip fakat atomlarının düzeni farklı olan bileşiklerdir.
- Yapısal formülü aynı olup uzaysal konfigürasyonu farklı olan bileşikler **stereoizomer**



Monosakkaritlerin İzomerliği

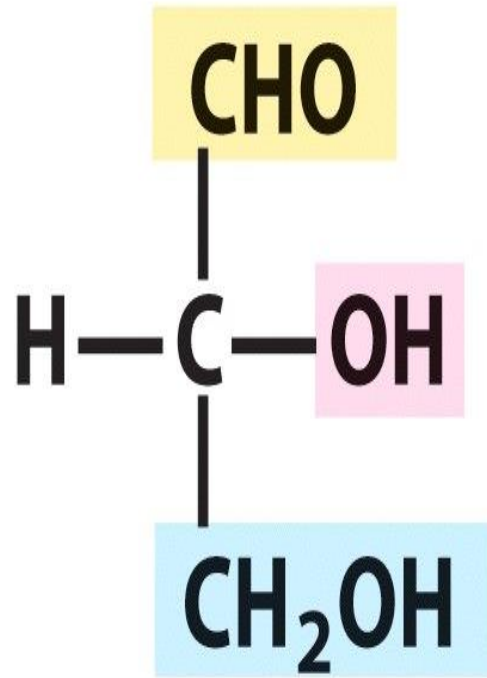
Uygulama Zamanı

- İzomerler aynı kimyasal formüle ancak farklı kimyasal yapıya sahip bileşiklerdir.
Örn/Glikoz, Fruktoz, Mannoz ve Galaktoz (C₆H₁₂O₆)
- Monosakkaritlerden örneğin heksozlar C₆H₁₂O₆ şeklinde yazılan aynı kapalı formüle sahiptirler.
- Buna karşın, yapı formüllerindeki farklılık, farklı kimyasal özelliklerini sağlamaktadır.
- Açık zincirli formüller (Fischer projeksiyon formülleri) monosakkaritlerin konfigürasyon farklarını göstermeye uygun olsa da, asıl yapı doğru olarak gösterilemez.
- Çünkü beş veya daha fazla C atomu içeren monosakkaritler halka yapısındadırlar.
- Monosakkarit moleküllerinin yüzde olarak çok az bir kısmı zincir formunda bulunurlar.

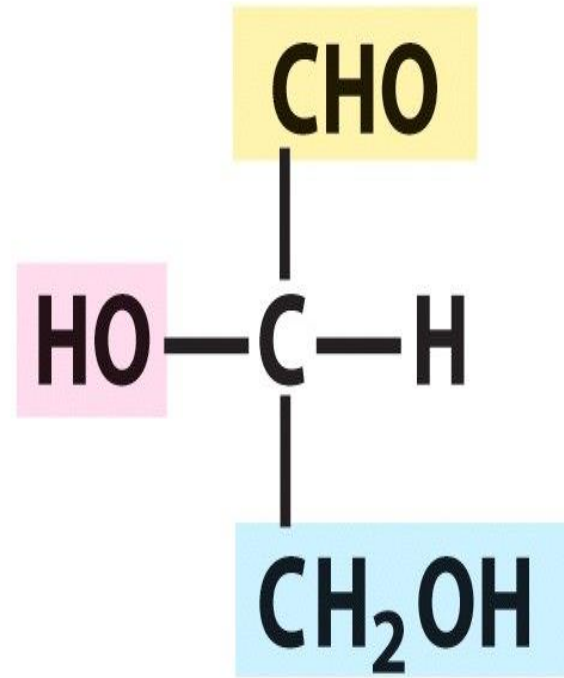
Monosakkaritlerin İzomerliği

Uygulama Zamanı

- Konfigürasyonu (biçimlenme) belirlemek için asimetric C atomu taşıyan üç karbonlu en basit şeker (trioz) **gliseraldehit** molekülü temel alınmıştır.
- Diğer bileşiklerin konfigürasyonuna gliseraldehit ile karşılaştırılarak karar verilmektedir.
- Gliseraldehitin bu iki stereozomeri D ve L şeklinde gösterilmektedir.



D-Glyceraldehyde



L-Glyceraldehyde

Fischer projection formulas

Monosakkaritlerin İzomerliği

Uygulama Zamanı

- Monosakkaritlerin D ve L formu şeklinde ayrılmasını, primer alkol grubuna komşu veya aktif şeker grubuna en uzaktaki asimetric C atomu belirler.
- Asimetric C atomundaki OH'ın durumu D- gliseraldehitin aynı ise (OH grubu sağda ise) monosakkarit D serisindedir.
- L- gliseraldehitin aynı ise (OH grubu solda ise) monosakkarit L serisindedir.

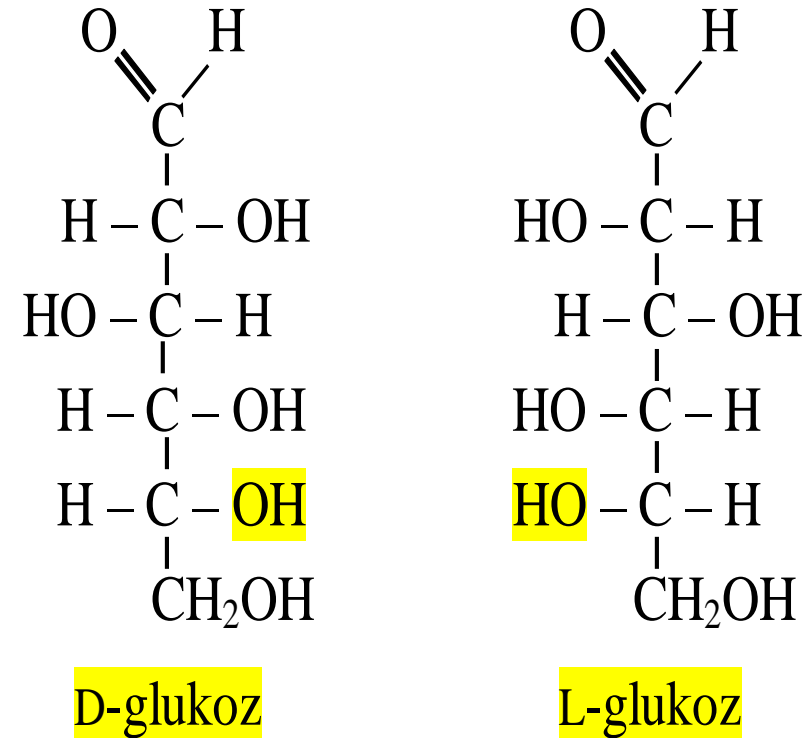
Şekerlerde D ve L şeklinin tanımlanması

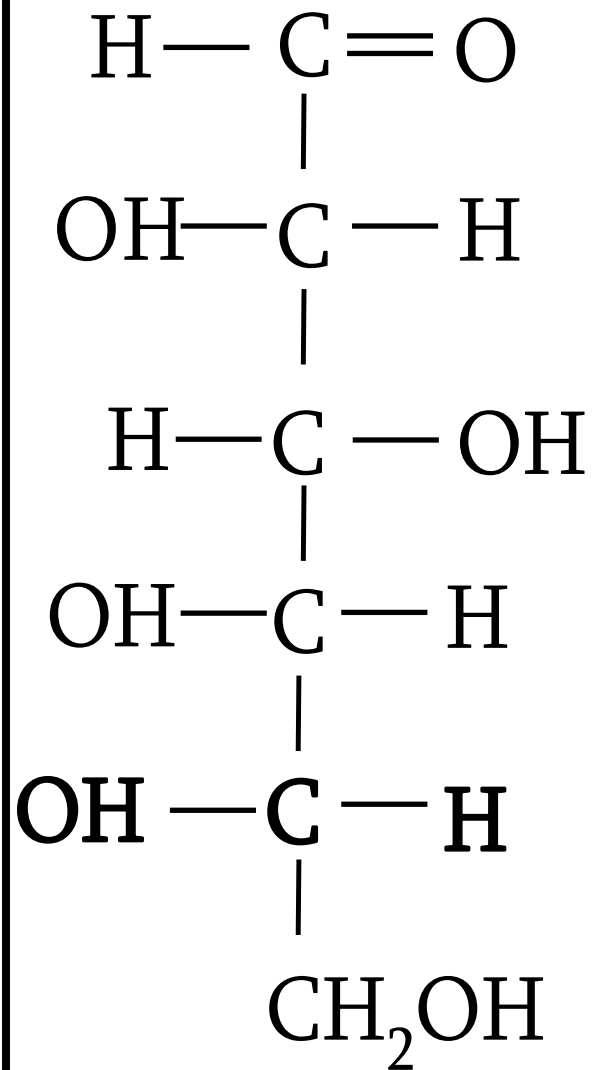
Uygulama Zamanı

Karbonil gruba **en uzak** asimetrik C atomunun – OH grubuna göre:

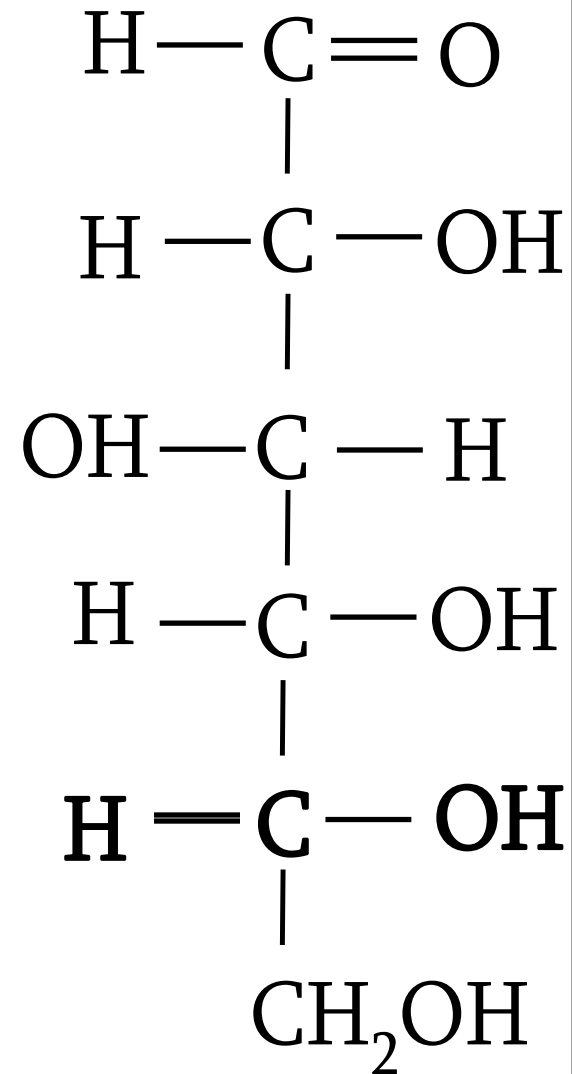
- Sağda \Rightarrow **D**
- Solda \Rightarrow **L**

Çok büyük kısmı **D** izomeri.





L-Glukoz



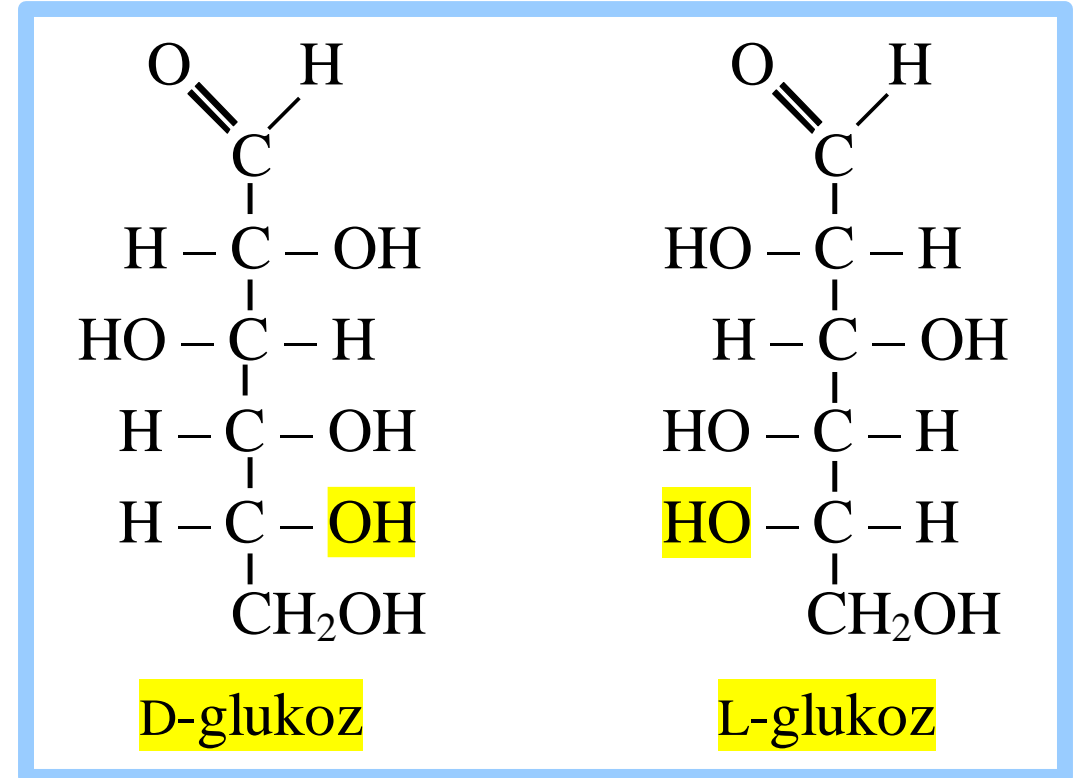
D-Glukoz

Monosakkaritlerin İzomerliği

Uygulama Zamanı

- Dehidroki aseton dışında, monosakkaritlerin hepsi bir veya daha fazla asimetric, C atomu içermektedir.
- Bundan dolayı monosakkaritlerin birçok izomeri bulunmaktadır.
- İzomer sayısı moleküldeki asimetric karbon sayısına bağlıdır.

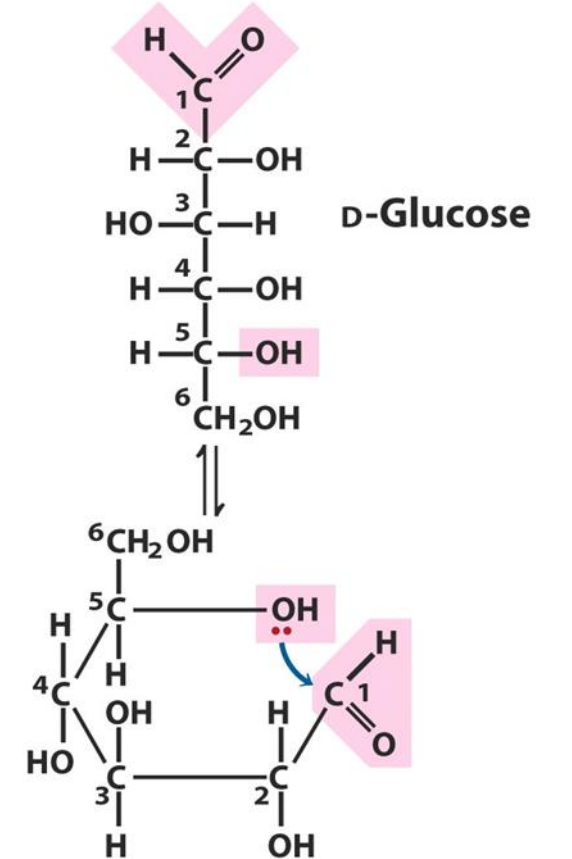
- Bir aldotetrozda iki asimetric karbon atomu, bir aldopentozda ise üç asimetric karbon atomu bulunmaktadır.
- Aldohekzozda ise 4 asimetric karbon atomu vardır.
- Bir bileşikte n kadar asimetric karbon atomu varsa Van't Hoff'un formülüne göre bu bileşiğin 2^n kadar **stereoizomeri** vardır.
- Buna göre bir aldohexoz olan glikozun 4 asimetric karbon atomu olduğuna göre $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ stereoizomeri vardır.



Monosakkaritlerin Halka Yapısı ve Mutarotasyon

Uygulama Zamanı

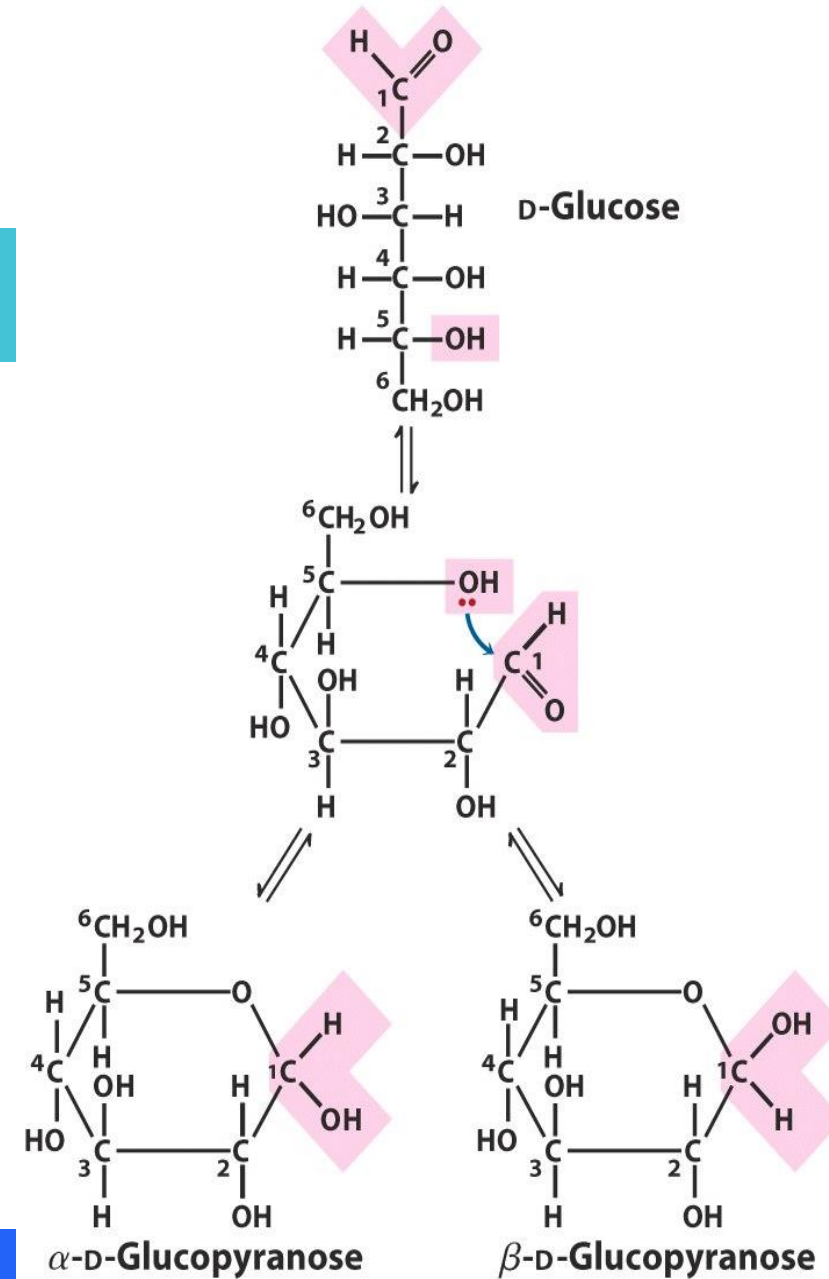
- Halka oluşumu monosakkarit molekülleri içinde meydana gelir.
- Aldehit grupları ve keto grupları bir hidroksil grubu ile bir oksijen molekülü köprüsü üzerinden bağlanırlar.



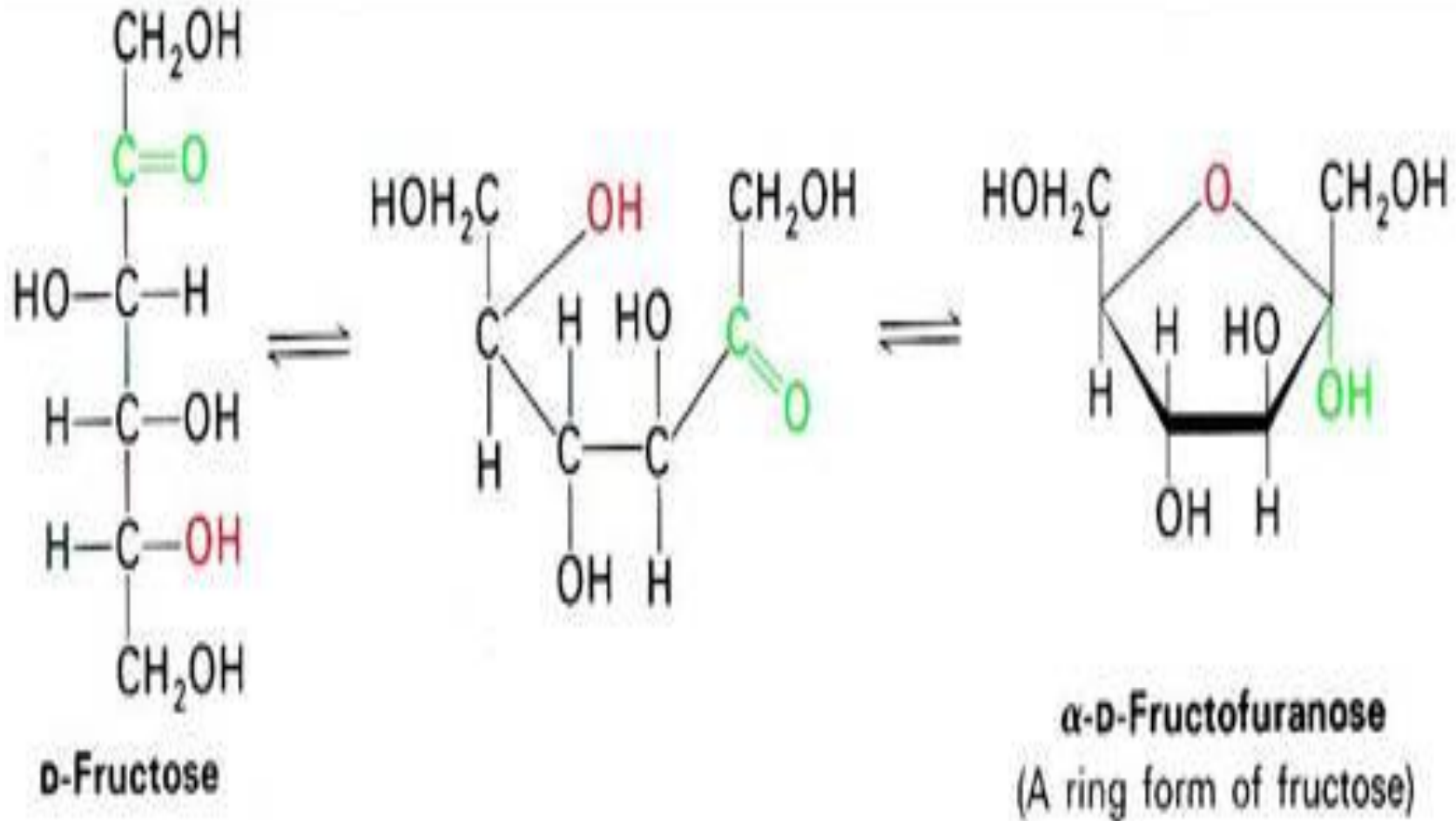
Monosakkaritlerin Halka Yapısı ve Mutarotasyon

Uygulama Zamanı

- Halka sonunda aldehit veya keto gruplarının taşıyıcısı olan karbon atomunda yeni bir reaksiyon kabiliyetinde hidroksil grubu meydana gelir, buna **glukozidik** hidroksil grubu denir.
- Glukozidik hidroksil grubunun durumuna göre monosakkarit moleküllerinde **α** ve **β** formu ayrıt edilmektedir.



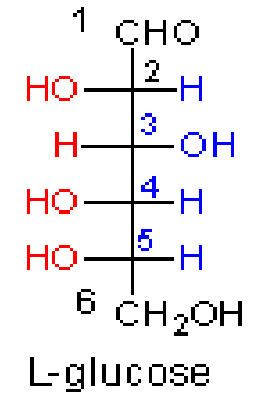
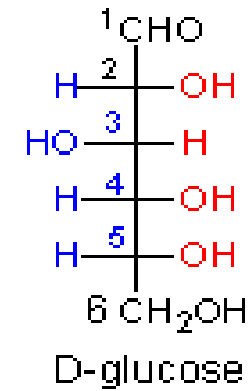
Monosakkaritlerin Halka Yapısı ve Mutarotasyon



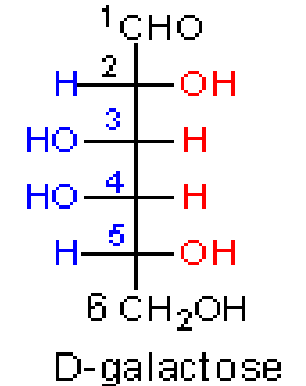
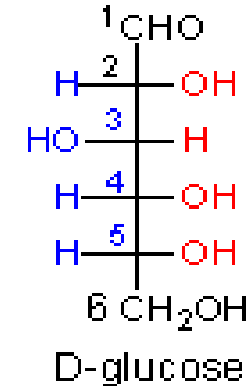
Monosakkaritlerin çeşitli izomer formları

- **D- ve L-izomerler**
(**enantiyomerler**)
- **Epimer şekerler**
- **Enol şekerler**
- **α - ve β - formları**
(**anomerler**)

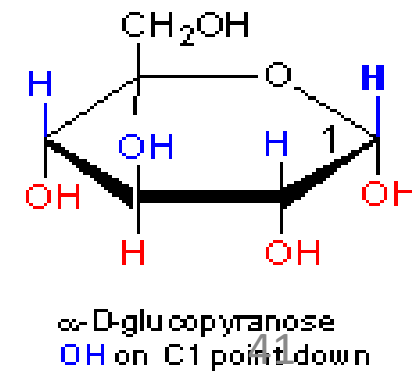
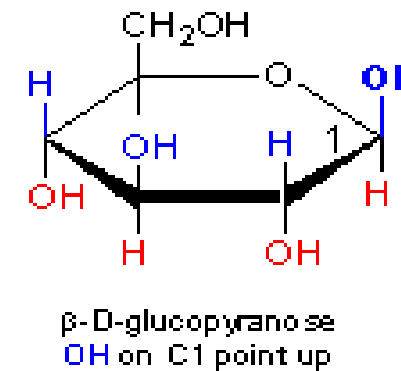
enantiomers
stereoisomers that are mirror images



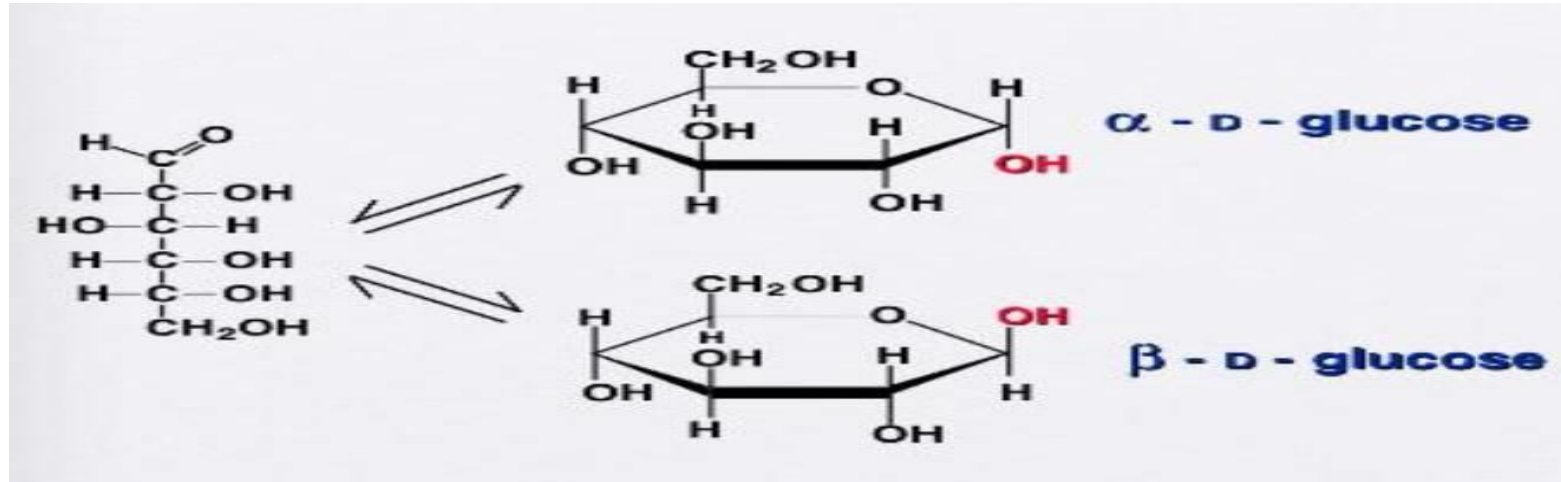
diastereomers
stereoisomers that are not mirror images



anomers
stereoisomers and diastereomers that differ in config. around anomeric C

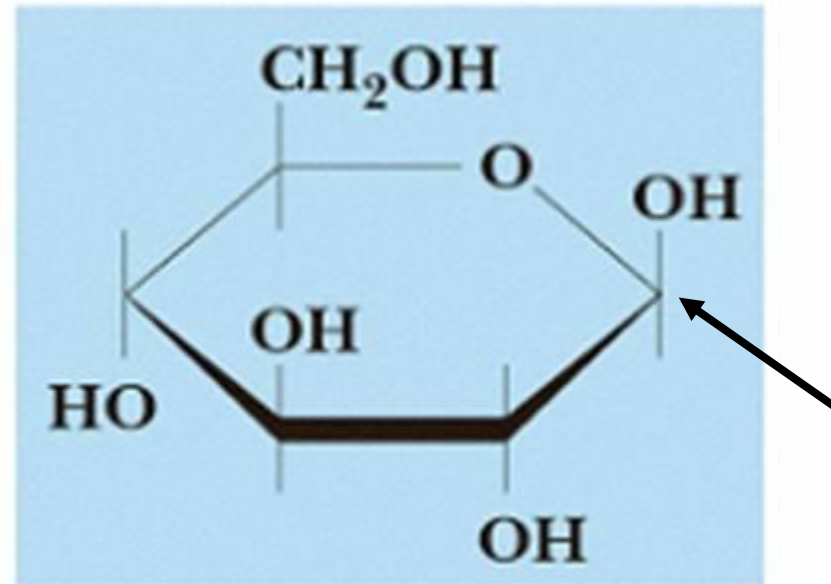
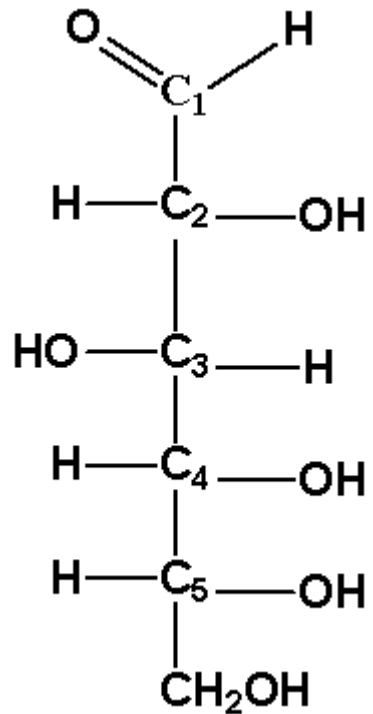


Monosakkaritlerin α - ve β - formları, 5 ve daha fazla karbonlu monosakkaritlerin sulu çözeltilerde halkalı yapılar meydana getirmeleri sonunda ortaya çıkar



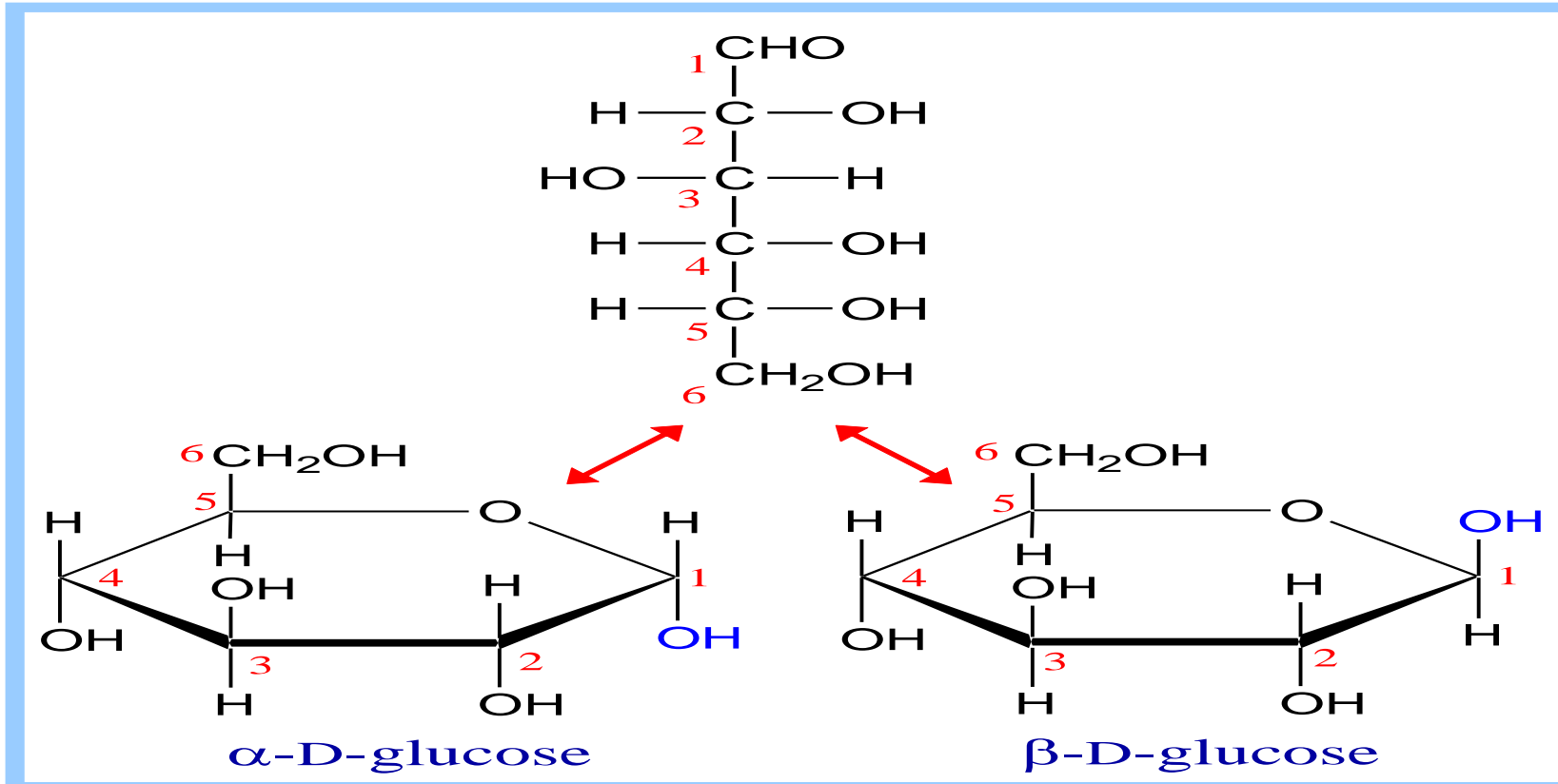
α formunun OH grubu aşağıda, β formunun OH grubu ise yukarıda gösterilmektedir.

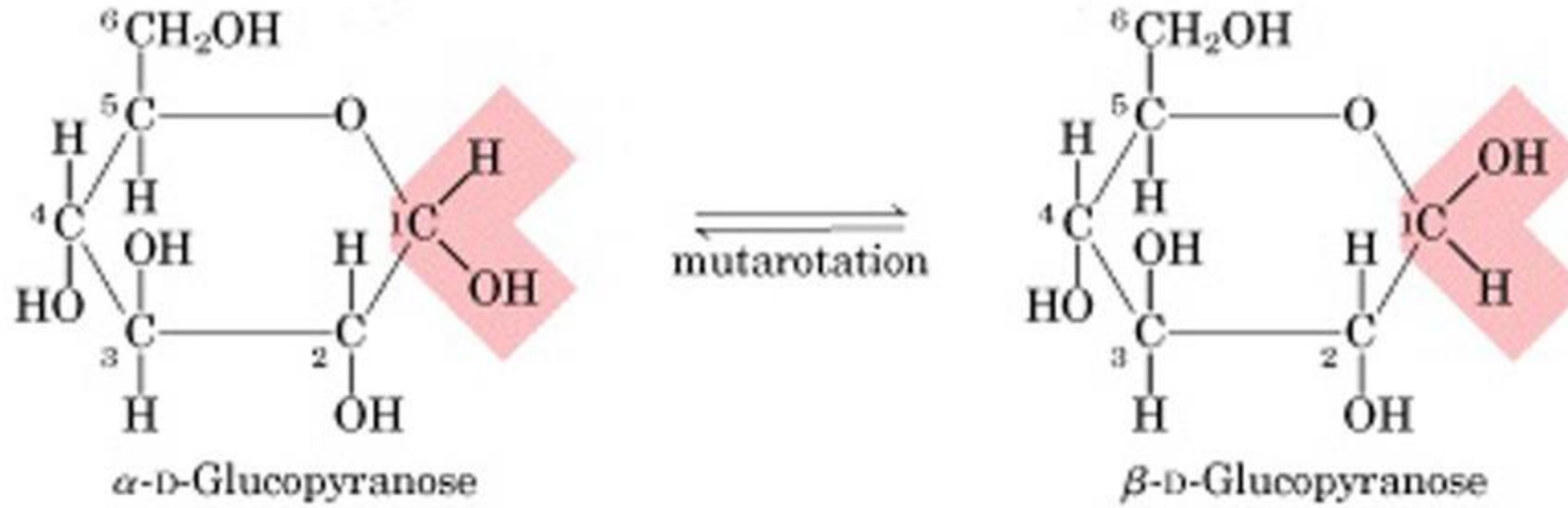
Monosakkaritlerde halkalı yapı oluşmakla fazladan bir asimetrik karbon atomu ortaya çıkmış olmaktadır (**anomerik karbon**)



Anomerik karbon

Monosakkaritlerin birbirlerinden yalnızca anomerik karbondaki konfigürasyon bakımından farklı α - ve β - formları **anomerler** olarak adlandırılırlar.

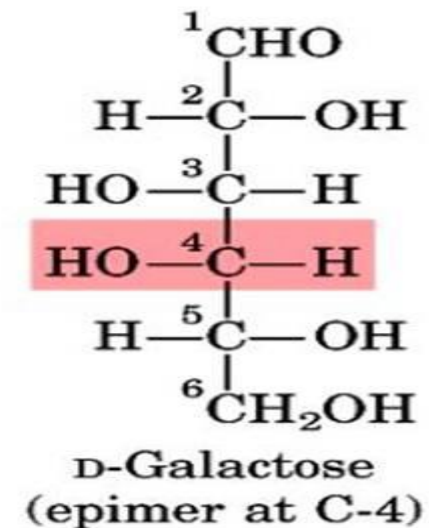
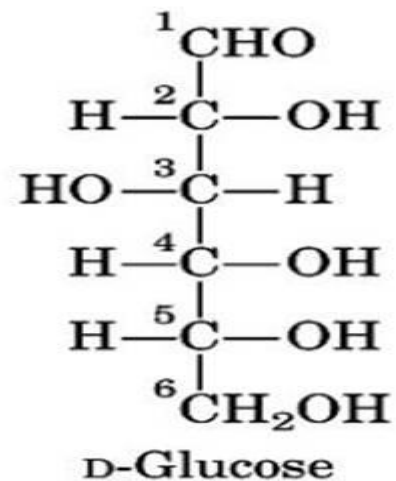
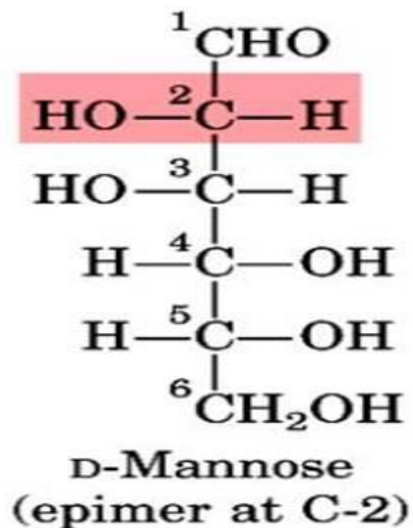




D-glikozun α - ve β - formları, sulu çözeltide *mutarotasyon* denen bir süreçte birbirlerine dönüşürler

Epimer şekerler, yalnızca bir asimetrik karbon atomu etrafındaki konfigürasyon bakımından farklı olan iki monosakkarit için kullanılır.

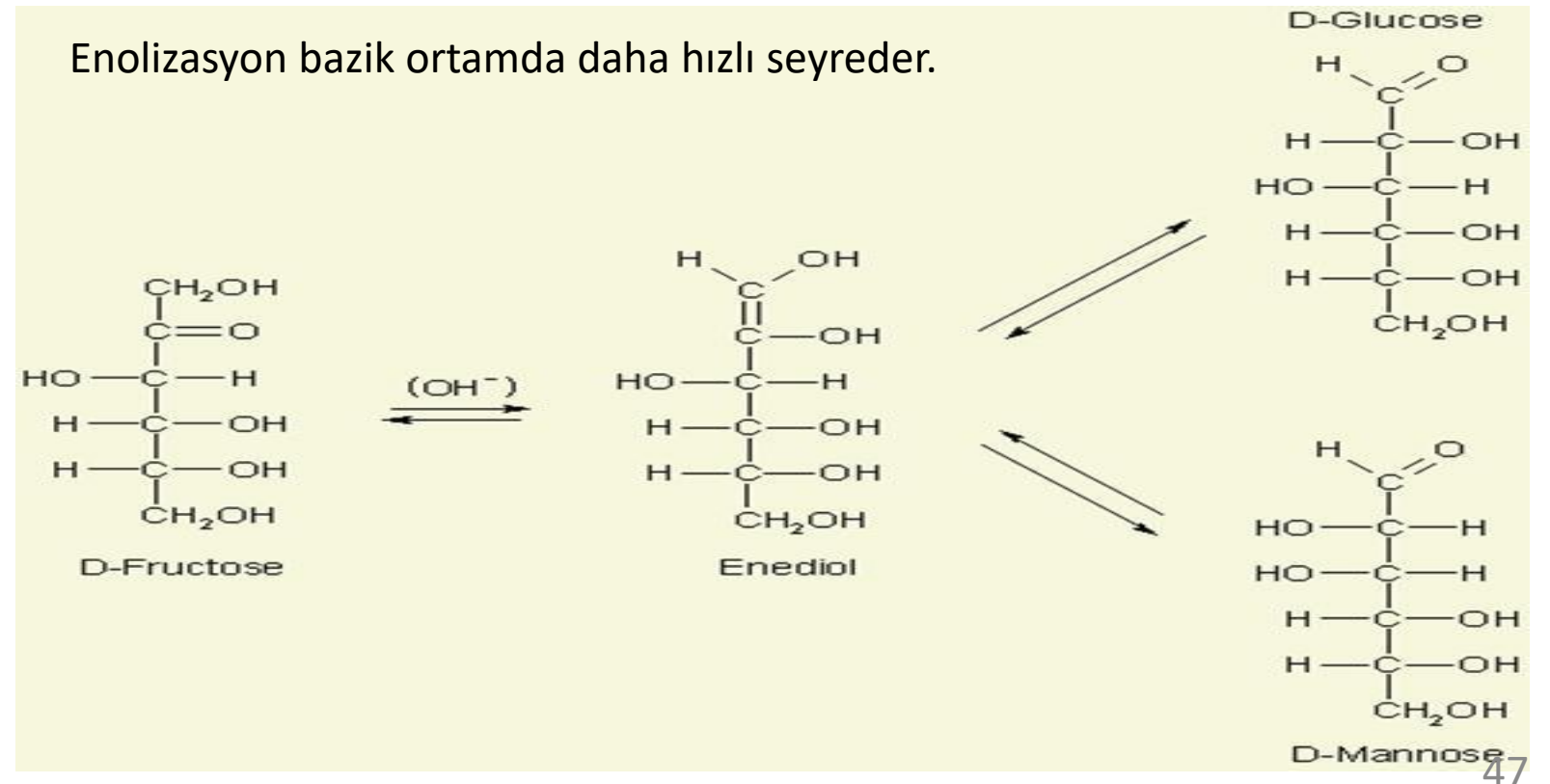
Glikoz, altı karbonlu standart şekerdir. Glikozun C-2 de epimeri mannozdur; C-4'de epimeri ise galaktozdur



Monosakkarit molekülünde 1 C atomundan komşu karbonil grubunun O²'sine bir protonun göç etmesi ile doymamış alkol olan enol oluşmasına enolizasyon denir.

Enol şekerler ismi, enolleşme (enolizasyon) ara basamağından geçerek birbirlerine dönüşebilen monosakkaritler için kullanılır. (**glikoz, mannoz ve fruktoz, enol şekerler olarak da bilinirler**)

Şekerler sulu çözeltilerinde daha stabil olan halka yapılarında bulunur. Ancak sulu çözeltilerde çok az miktarlarda da olsa bazen açık zincir formunda yer alabilir. Bu durumda karbonil grupları enolizasyona uğrayabilir. Enolizasyonda son 4 C atomu aynı konfigürasyona sahip şekerler aynı enodiol tuzunu oluştururlar.



Monosakkarit yapısının gösterilmesi

Uygulama Zamanı

1. Emil Fisher'e göre açık zincir formülü

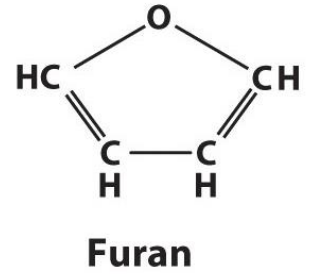
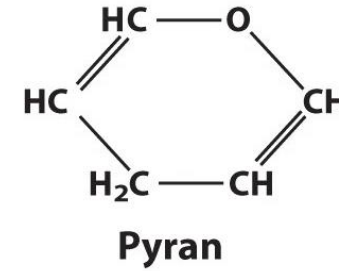
2. Haworth'un halka formülü

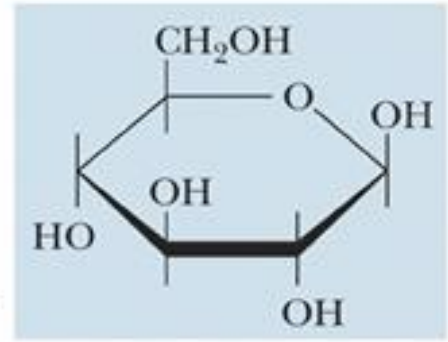
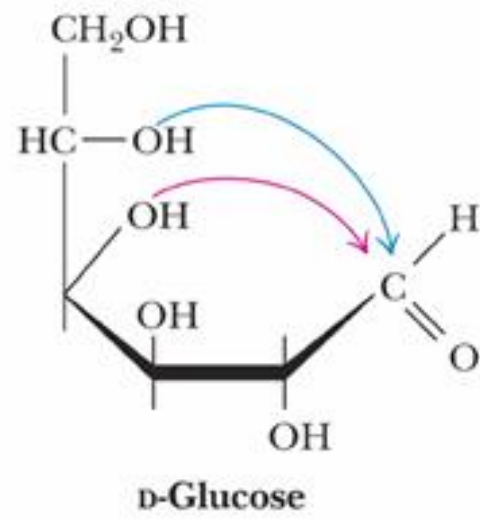
- Emil Fisher'e göre, monosakkaritler açık zincir formülü şeklinde gösterilir.
- Haworth'a göre ise Monosakkaritlerin açık zincir formülleri gerçek yapıyı tam olarak göstermezler.
- Monosakkaritler suda çözününce hemiasetal yapı oluşturmak üzere reaksiyona giren gruplar (karbonil grupları ile alkol grupları) aynı molekül içerisinde bulduklarından dolayı halkalı bir yapı oluştururlar.

Monosakkaritlerin Halka Yapısı

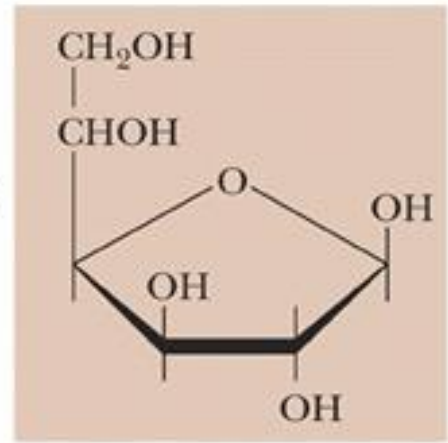
Uygulama Zamanı

- Monosakkaritlerin halka yapıları **Haworth formülüyle** gösterilmektedir.
- Bir ve beş numaralı karbon atomları bir oksijen köprüsü ile birleşirlerse **altı atomlu halka** şeklinde görünürler. Böyle bir halkaya sahip şekerlere **piranoz'lar** denir. Bu tip halkaya sahip aldozlara aldopiranozlar denir.
- Şayet **beşgen bir halka yapısı** meydana gelmiş ise bu halkaya da furan halkası ve furan halka yapısında olan şekerlere de **furanozlar** denilmektedir. Keza aldozlar büyük ölçüde furan benzeri, dayanıklı, 5 atomlu bir halka şeklinde de bulunurlar ve aldofuranozlar olarak kabul edilirler.

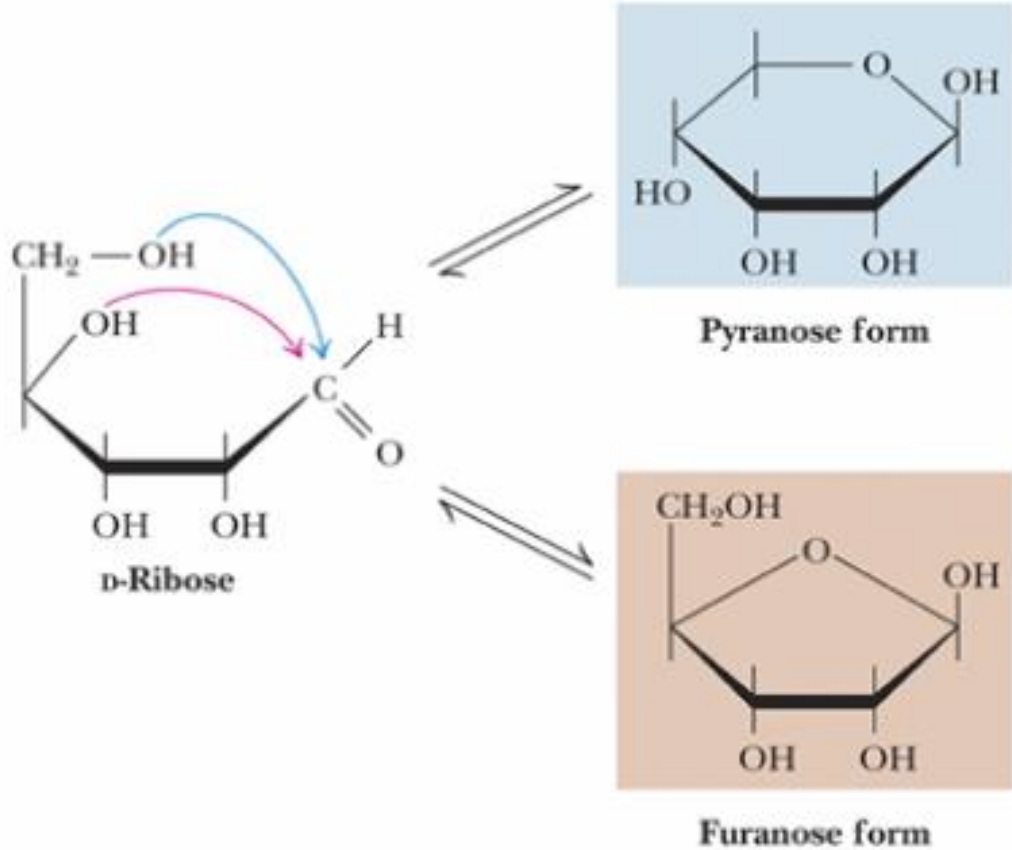




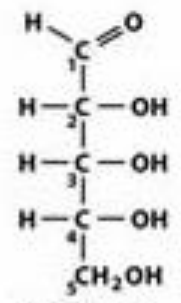
Pyranose form



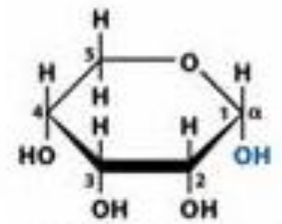
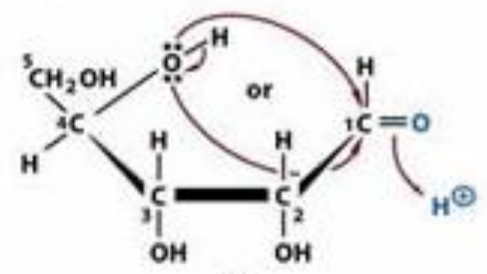
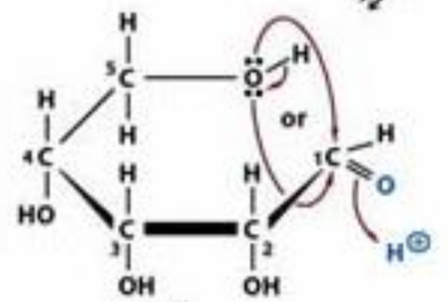
Furanose form



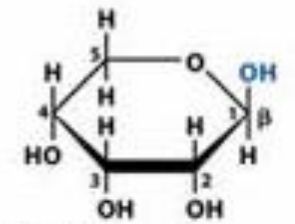
Pentozlar, daha uzun zincirli aldozlar ve ketozlar gibi piranoz veya furanoz halkalar teşkil edebilirler.



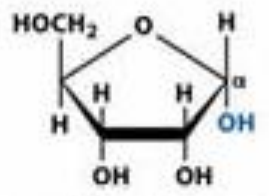
D-Ribose
(Fischer projection)



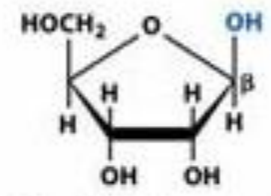
α -D-Ribofuranose
(Haworth projection)



β -D-Ribofuranose
(Haworth projection)



α -D-Ribopyranose
(Haworth projection)



β -D-Ribopyranose
(Haworth projection)

Monosakkaritlerin Halka Yapısı

Uygulama Zamanı

- Fischer formülünde molekülün **sağ** ve **solunda** gösterilen gruplar Haworth formülünde sıra ile molekülün **altında** ve **üstünde** gösterilmektedir.
- Fischer formülünde sağ tarafta gösterilen OH grupları, Haworth formülünde alt tarafta gösterilmektedir.

Monosakkaritlerin Halka Yapısı

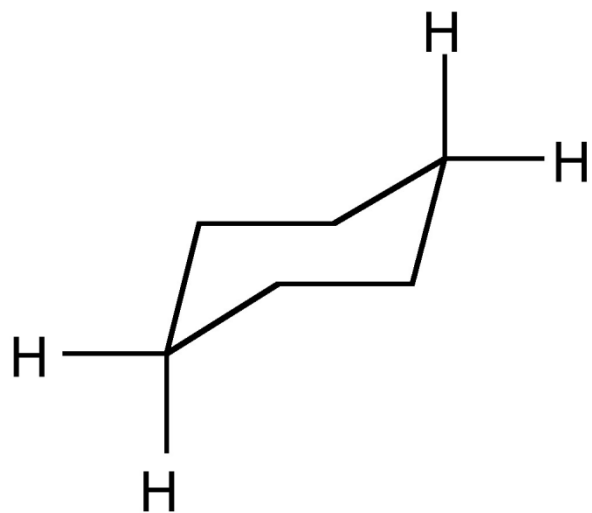
Uygulama Zamanı

- Benzer şekilde α formunun OH grubu aşağıda, β formunun OH grubu ise yukarıda gösterilmektedir.
- Ayrıca Haworth formülünde halkanın ön tarafı daha kalın çizgi ile belirtilmektedir.
- Haworth formülü molekülün gerçek biçimini daha iyi yansıtmaktadır.

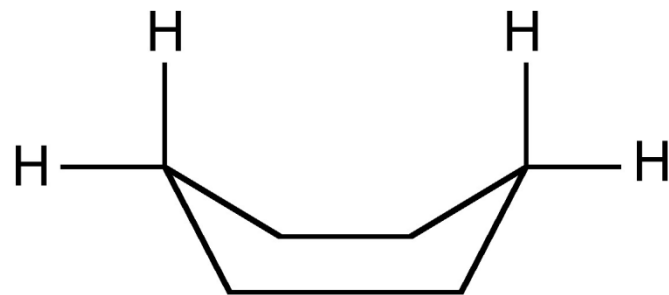
Monosakkaritlerin Halka Yapısı

Uygulama Zamanı

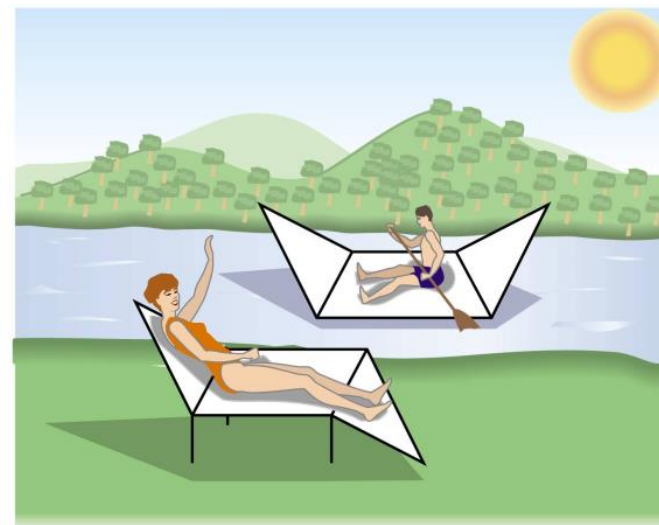
- H atomu ve OH gruplarının uzaydaki düzlemi Haworth formülünde belirgin değildir.
- Gerçekte karbonhidratların piranoz halkası Haworth formülünde gösterildiği gibi düzlem şeklinde olmayıp sandalye (chair) veya kayık (boat) formu olmak üzere iki farklı konformasyonda bulunabilir.



(a)



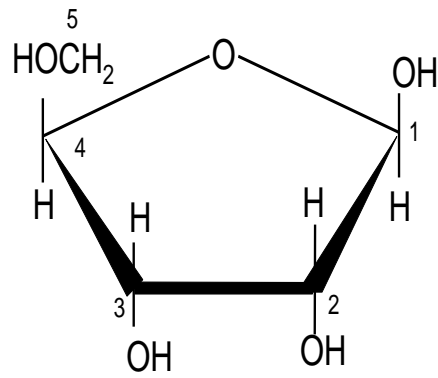
(b)



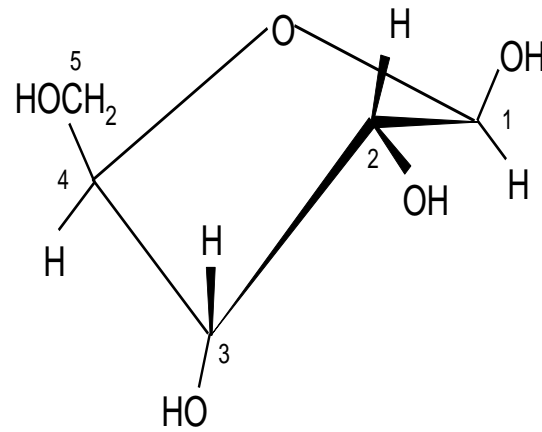
Monosakkaritlerin Halka Yapısı

Uygulama Zamanı

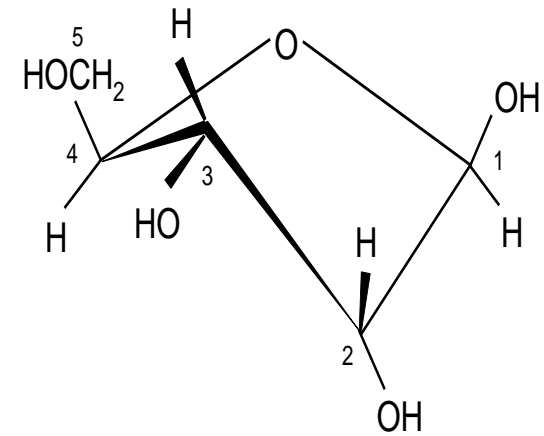
- Aynı şekilde, karbonhidratların furanoz halkası da düzlem şeklinde olmayıp zarf ve twist (bükülmüş) olmak üzere iki farklı konformasyon göstermektedir



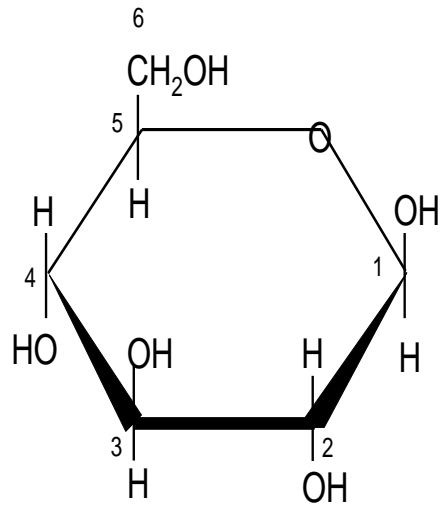
Haworth projeksiyon



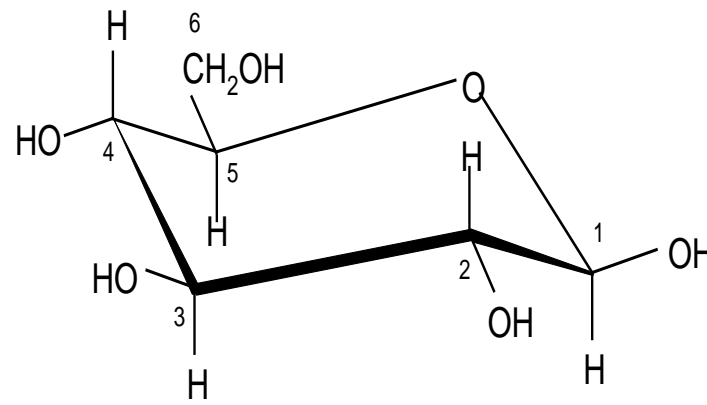
Zarf konformasyonu



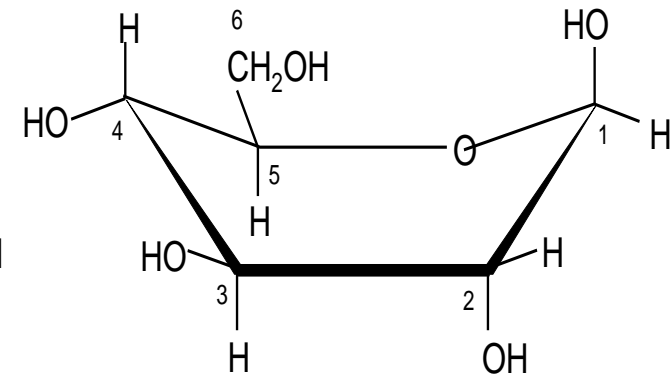
Twist konformasyonu



Haworth projeksiyon



Sandalye konformasyonu



Kayık konformasyonu

Karbonhidratların Genel Özellikleri ve Çeşitli Kimyasal reaksiyonları

1) Tatlılık Derecesi

Uygulama Zamanı

- Tatlıdırlar, Bu özellik **Hidroksil (OH)** gruplarından ileri gelir.
- Tatlı lezzet (tatlılık) gıda maddeleri bileşenlerinin bu grubu için tipik özelliğdir. Tatlılık derecesi karbonhidratlar arasında kıyaslama metodu ile belirlenir. Bununla elde edilen değerler yalnız nisbi karakterdedir. Ortalama değer olarak sakkaroz tatlılık derecesi 100 kabul edilerek seçilmiştir.
- Başka bir ifade ile **sakkaroz** değerlendirmede referans alınmaktadır.

1) Tatlılık Derecesi

Uygulama Zamanı

- Tatlılık derecesi karbonhidratların nisbi **molekül büyüklüğüne** bağlıdır.
- Genelde karbonhidratların **molekül ağırlıkları büyüdükçe** tatlılık dereceleri azalmaktadır.
- Çok sayıdaki karbonhidratın tatlılık derecesi, gıda maddesi olarak kullanılmasının temelini oluşturur.
- Dolayısıyla örneğin **sakkaroz** şekerleme sanayinin önemli bir hammaddesidir.
- Gıda sanayiinde gazlı içecekler başta olmak üzere birçok gıda maddesinde kullanımının artmasıyla **fruktoz** da öne çıkmıştır.

1) Tatlılık Derecesi

Uygulama Zamanı

*Şeker alkolleri **polioller** olarak da bilinmekte olup basit şekerlerin hidrojenlenmiş halidir.

*Aldoz ve ketoz karbonil grubları indirgenir ve şeker alkolleri oluşur. Örneğin **mannoz, ksiloz ve glikozdan** sırasıyla **mannitol, ksilitol ve sorbitol** oluşur.

<i>Karbonhidrat ve şeker alkolleri*</i>	<i>Tatlılık derecesi</i>	<i>Karbonhidrat Tatlılık derecesi ve şeker alkolleri*</i>	
D-Fruktoz	174	Dulsitol	41
İnvert şeker	130	D-Mannitol	63
Sakkaroz	100	D-Mannoz	59
D-glikoz	69	D-Ramnoz	33
D-Galaktoz	63	D-Glusitol	51
Sorbitol	60	Ksilitol	100
Maltoz	46	D-Ksiloz	67
Laktoz	20	Rafinoz	22

2) Suda Çözünürlük

Uygulama Zamanı

- **Suda Çözünürlükleri farklıdır.**
- Bu farklılık çok iyi çözünürlükten hiç çözünmezliğe kadar değişmektedir.
- Genel olarak karbonhidratların çözünürlüğü molekül büyüklüğüne bağlıdır (**artan molekül büyüklüğü ile çözünürlük azalır**).
- Bazıları suda çok iyi çözünürken bazıları da çok az çözünmektedir.
- Buna bağlı olarak karbonhidratların su bağlama özellikleri de farklılık göstermektedir.
- Suda belirli bir dereceye kadar çözünen tüm karbonhidratlar **higroskopiktir** (havadan nem çekme özelliği)
- Örneğin **fruktoz glikozdan, sakkaroz laktozdan** daha **higroskopiktir**.
- Çözünme olayı ve çözünürlük hızı üzerine en büyük etkiyi **sıcaklık** yapmaktadır.

2) Suda Çözünürlük

Uygulama Zamanı

- Suda belli bir dereceye kadar çözünen tüm karbonhidratlar higroskopik olduğu için havadan rutubet çekme kabiliyetindedirler.
- Bu yüzden karbonhidrat içeren hammaddelerin muhafazasında dikkat edilmelidir (**toz şeker**).

Bazı Karbonhidratların Suda Çözünürlük Durumları

<i>Karbonhidrat</i>	<i>Suda Çözünürlük</i>
Fruktoz	Çok iyi çözünür
glikoz	Çok iyi çözünür
Sakkaroz	Çok iyi çözünür
Maltoz	İyi çözünür
Laktoz	Az çözünür
Nişasta	Çözünmez
Selüloz	Çözünmez

3) Optik Aktivite ve Mutarotasyon

Uygulama Zamanı

- Asimetrik karbon atomu içeren maddeler, polarize ışığın salınım yüzeyini farklı yönde çevirirler ve bu maddelere **optikçe aktif maddeler** denir.
- Optikçe aktif maddelerin optik çevirme gücü bu maddelerin karakteristiği olup kolaylıkla belirlenebilmektedir.
- **Polarimetre** kullanılarak optikçe aktif maddelerin çözeltilerinin **polarize ışık** düzleminde oluşturdukları çevirme açısı belirlenir.

3) Optik Aktivite ve Mutarotasyon

Uygulama Zamanı

- Yapılarında asimetric C atomu bulunması nedeniyle optik aktiviteleri vardır.
- Bir maddenin doğrusal polarize ışığın salınım yüzeyini çevirme özelliğine **optik aktivite** denir.
- **Dihidroksi aseton** hariç bütün monosakkaritler bir veya daha fazla sayıda asimetric karbon atomu içerdiklerinden polarize ışığın düzleminde değişime neden olurlar.
- D ve L izomerleri eşit oranda içeren karışımın optik aktivitesi yoktur.
- Böyle karışımlara **rasemik karışım** veya **rasemat** denir.

3) Optik Aktivite ve Mutarotasyon

Uygulama Zamanı

- Polarize ışık düzlemindeki çevirme;
- saat yönünde ise pozitif (+), **DEKSTROROTATOR** (sağa çeviren),
- saat yönünün aksine ise negatif (-), **LEVOROTATOR** (sola çeviren)

olarak ifade edilir.

- Polarize ışığı **D-glikoz** sağa çevirdiğinden **dekstroz**, **D-früktoz** da sola çevirdiğinden **levüloz** adını alır.

3) Optik Aktivite ve Mutarotasyon

Uygulama Zamanı

- Bir şekerin sadece bir izomer formunu içeren çözeltinin **spesifik çevirme açısı zamanla değişim gösterir**
- İki izomer birbirine dönüşerek bir **denge** halinde olduğu bir **karışım** ortaya çıkar.
- Bu olaya, yani optik çevirmenin zamanla değişmesine **mutarotasyon** adı verilir.

Bazı Karbonhidratların Spesifik Çevirme Dereceleri [α]

Karbonhidrat derecesi	Çevirme derecesi	Karbonhidrat	Çevirme
D-glikoz	+52,5	Sakkaroz	+66,5
D-Fruktoz	-92,4	Maltoz	+136
D-Mannoz	+14,5	Laktoz	+53,6
D-Riboz	-23,7	Sellobiyoz	+34,6
L-Arabinoz	+105	Mellebioz	+143
D-Galaktoz	+ 80,2	Rafinoz	+101

* : 20–25 °C sıcaklıkta

4) Hidroliz

Uygulama Zamanı

- Karbonhidratların yapılarını meydana getiren monosakkaritlere parçalanması bünyelerine su alarak (**hidroliz**) olmaktadır.
- Parçalanmada asit veya enzimler katalizör olarak etki ederler.
- Başka bir ifade ile monosakkaritler arasındaki **glikozidik bağlar asit veya enzimlerin etkisi ile** hidrolize olurlar.
- Baz aracılığı ile yıkılmaya karşı dirençlidirler.

4) Hidroliz

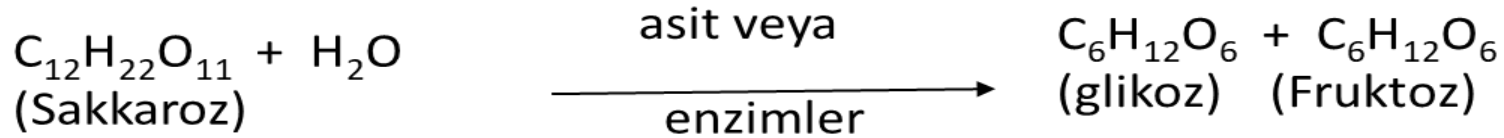
Uygulama Zamanı

- Monosakkaritler **konsantre asitler** karşısında; pentozlar, furfuoller'e; heksozlar ise hidroksi metil furfuoller'e (**HMF**) dönüşürler.
- **HMF** enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında bir ara ürün olarak meydana gelir.
- Isıl işlemlerden sonra meyve sularında görülebilir.
- Isıl işlemin şiddetini (sıcaklık-süre) ölçmede kullanılır ve miktarı kalite kriteri olarak değerlendirilir.
- **Yapay balda** bileşen olarak ortaya çıkan ve kimyasal olarak belirlenebilen HMF meydana gelir.
- Balda HMF miktarı fazla ise bal yapaydır.
- Çünkü HMF balda çok az bulunmaktadır. (**Kromatografik ve Spektrofotometrik teknikler**)

4) Hidroliz

Uygulama Zamanı

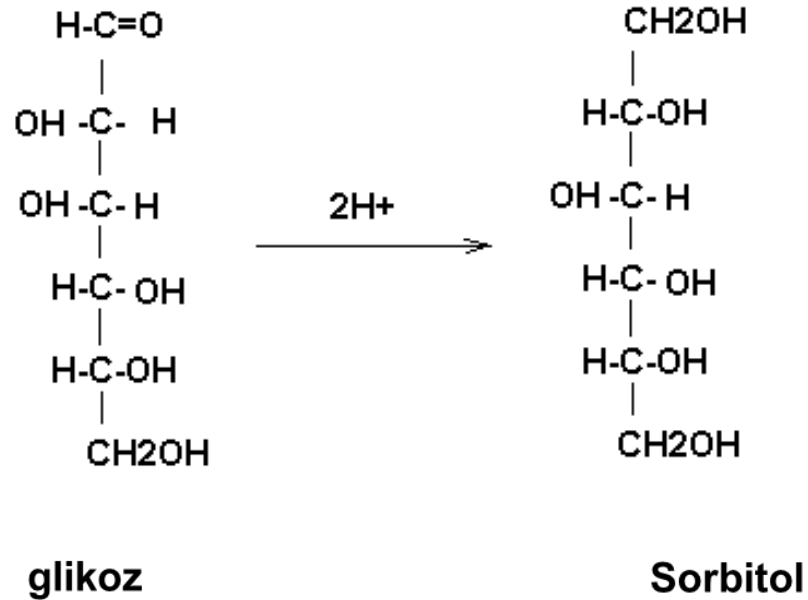
- Sakkarozun hidrolizi **inversiyon (dönme)** olarak da isimlendirilir.
- Başlangıç ve hidroliz ürünleri karışımının farklı optik çevrime açıları vardır.
- Sakkaroz polarize ışık düzlemini sağa (+66,5°), sakkarozun hidrolizi sonucu meydana gelen şeker karışımı (**glukoz ve fruktoz**) polarize ışık düzlemini sola çevirir.
- Bu olay fruktozun polarize ışığı sola çevirme (-93°) değerinin büyük olmasından kaynaklanır.
- Hidroliz ürünü **invert şeker** olarak tanımlanır.
- Sakkarozun hidrolizini katalizleyen enzimlere **invertaz** adı verilir.



5) İndirgenme

Uygulama Zamanı

- Monosakkaritlerin indirgenmesiyle **şeker alkolleri** oluşmaktadır.



5) İndirgenme

Uygulama Zamanı

- Glikozdan sorbitol
- Mannozdan mannitol
- Gliseraldehitten gliserol
- Ksilozdan ksilitol
- Ribozdan ribitol
- Sikloheksandan inozitol
- Galaktozdan dulcitol

5) İndirgenme

Uygulama Zamanı

- Şeker alkolleri; Monosakkaritlerin karbonil gruplarının indirgenmesi (H₂ ile reaksiyonu) sonucu **şeker alkolleri (polioller)** açığa çıkar.
- Sorbitol, diyabetikler için hazırlanan besinlerde tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. (ayrıca nemlendirici özelliği var)
- D-mannozun indirgenmesi ile mantar, zeytin ve soğanda bulunan D-mannitol oluşmaktadır.
- D-ksilozun indirgenmesi ile **sakızlarda** tatlandırıcı olarak kullanılan D-ksilitol elde edilmektedir.

5) İndirgenme

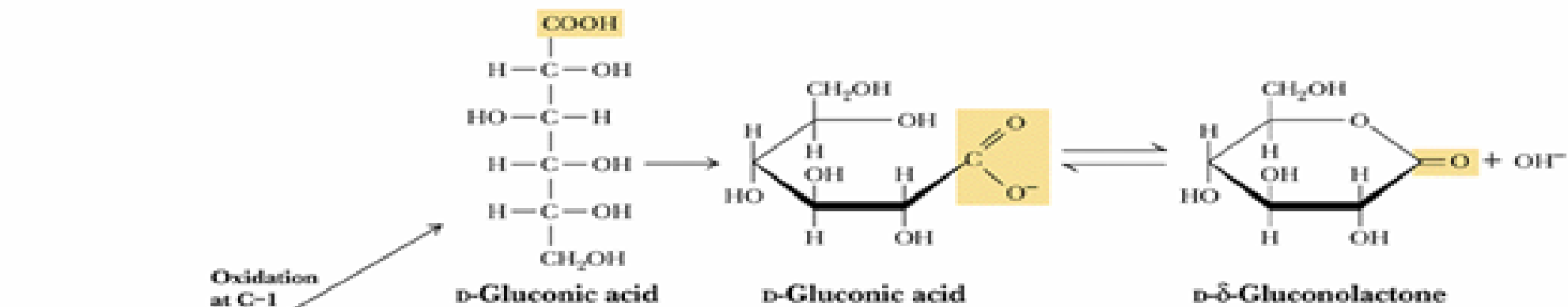
Uygulama Zamanı

- Şeker alkollerini insan vücudunda sindirildikten sonra fruktoza dönüşür,
- Kan şekeri seviyesini aniden yükseltmezler.
- Yavaş absorbe edilirler.
- Sindirim ve metabolik özellikleri sayesinde kalori değerleri 0-3,2 kcal/g arasında değişim göstermektedir.
- Ortalama değer **2,4 kcal/g**'dir.
- Hiperglisemik etkili olmadıklarından **düşük kalorili ve diabetik** ürünlerde kullanılmaktadırlar.
- Tatlılık derecesi en yüksek şeker alkolü ksilitol, en düşük ise laktitol dır.
- Şeker alkollerini doğada bitkilerin bileşiminde de bulunurlar.

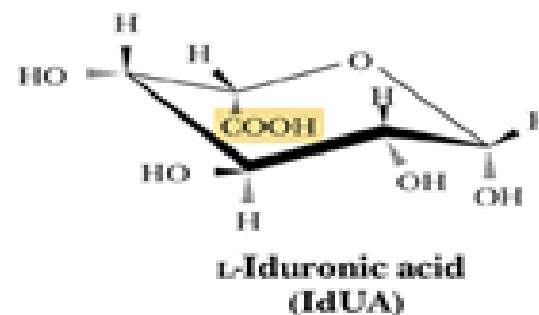
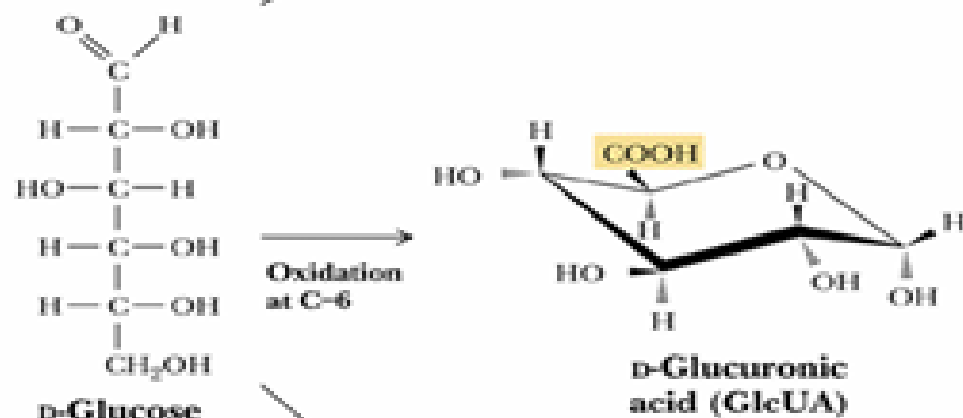
6) Yükseltgenme

Uygulama Zamanı

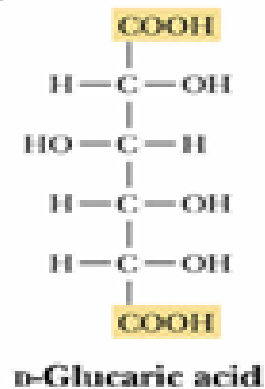
- Monosakkaritler yükseltgenerek (**oksidasyon**), şeker asitlerini oluştururlar.
- Aldehit grubu okside olursa **aldonik asitler** (glukozdan glukonik asit oluşumu),
- Alkol grubu okside olursa **üronik asitler** (glukozdan glukuronik asit oluşumu)
- Hem aldehit hem de primer alkol grubu okside olur ise **aldarik asitler** meydana gelir (glukozdan glukarik asit).



Note: D-Gluconic acid and other aldonic acids exist in equilibrium with lactone structures.



Oxidation at C-1 and C-6



7) Osazon oluşumu

Uygulama Zamanı

- Aktif aldehit veya keton grubu içeren tüm şekerler 100°C civarında seyreltik asidik çözeltide **fenilhidrazin** ile reaksiyona girerek **osazonları** oluştururlar.
- Çeşitli şekerlerin oluşturdukları sarı **osazon kristalleri** (glukosazon, galaktosazon vb.) mikroskop altında incelenirse bir çoğunun farklı şekilde oldukları görülür.



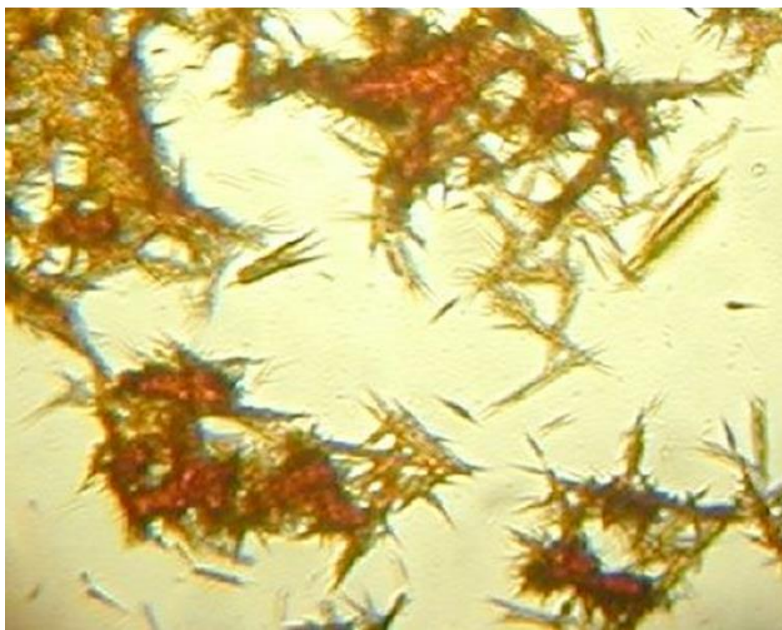
Glukosazon x 250



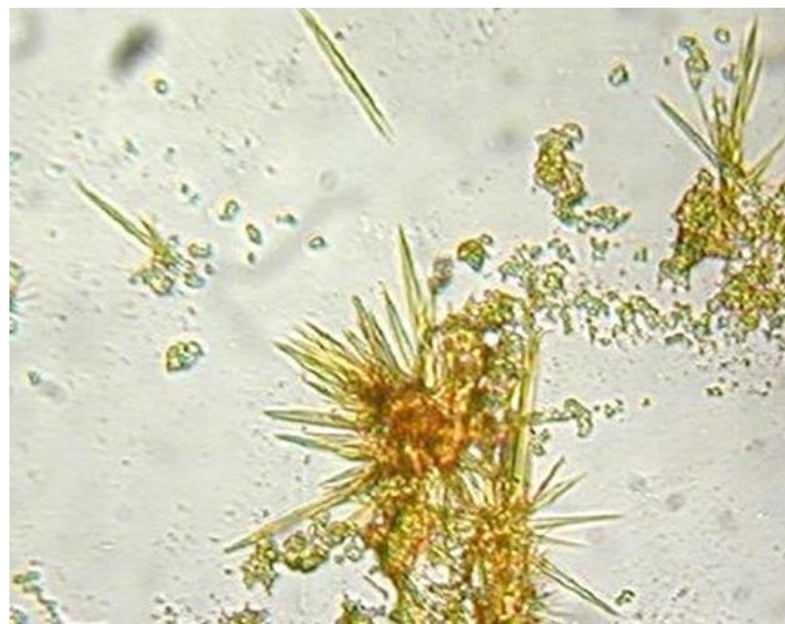
Maltosazone (x 250)



Glucosazone (x 250)



Galactosazone (x 160)

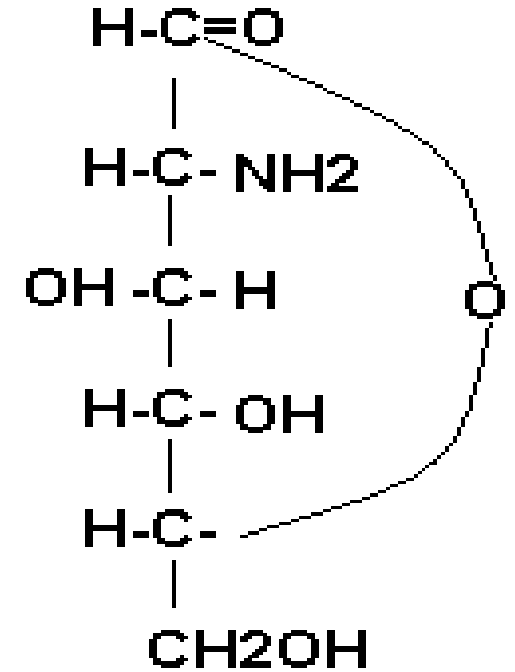


Lactosazone (x 250)

8) Aminoşeker oluşumu

Uygulama Zamanı

- Monosakkaritlerin hidroksil grupları, aminoasitlerin **NH₂ (amin)** grupları ile yer değiştirdiklerinde **AMİNOŞEKERLER** oluşur.



glikozamin

8) Aminoşeker oluşumu

Uygulama Zamanı

- Glikozamin, galaktozamin ve mannozaminde ana bileşikteki C-2'na bağlı hidroksil, amino grubu ile yer değiştirmiştir.
- Amino şekerler, eritromisin, karbomisin gibi birçok antibiyotiğin yapısında bulunur.
- Vücutta glikozaminoglikanların (GAG), glikoproteinlerin ve glikolipidlerin yapı taşlarıdır.

8) Aminoşeker oluşumu

Uygulama Zamanı

- Glikozamin, glikozun 2 numaralı karbon atomuna amino grubunun girmesi ile oluşur.
- Çeşitli memeli polisakkaridlerinde ve bazı proteinlerde bulunur.
- Kabukluların ve böceklerin kabuklarının en önemli polisakkaridi olan **kitin'in** hidroliz ürünüdür.
- Galaktozamin, glikozaminde olduğu üzere galaktozun 2 numaralı karbon atomuna amino grubunun bağlanması ile oluşur.
- Kıkırdığın karakteristik polisakkaridi olan kondroitin sulfatta ve bir çok glikosfingolipidlerde bulunur.

9) Fermentasyon

Uygulama Zamanı

- **Fermantasyona uğrarlar.**
- Bazı karbonhidratlar; mayalar, bakteriler ve küf mantarları ile elde edilen enzimler yardımıyla fermentasyona uğratılırlar.
- Eğer fermentasyon oksijen olmaksızın meydana gelirse o takdirde **anaerob** fermentasyondan söz edilir. **Aerob** fermentasyonda ise **oksijen** gereklidir.
- Karbonhidratlarda meydana gelen önemli fermentasyon çeşitleri;

Fermentasyon Çeşidi

Alkol fermentasyonu

Laktik asit fermentasyonu

Propiyonik asit fermentasyonu

Sitrik asit fermentasyonu

Fermentasyon

Formu

Anaerob

Anaerob

Anaerob

Aerob

Fermentasyonda Etkili

Olan Mikroorganizmalar

Mayalar

Laktik asit bakterileri

Propiyonik asit bakterileri

Aspergillus türleri

9) Fermentasyon

Uygulama Zamanı

- Alkol fermentasyonu en tanınmış fermentasyon çeşididir.
- Alkollü içkilerin ve aynı şekilde mayalı ve ekşi hamurların yapımının kimyasal temelini oluşturur.
- Laktik asit fermentasyonundan, turşu, yoğurt, kefir, bazı peynirler ile ekşi hamurun hazırlanmasında yararlanır.



- Propiyonik asit fermentasyonu özellikle Emmental peynirinin olgunlaşması sırasında meydana gelir. Aynı zamanda peynirdeki delikli yapının oluşum nedenidir.



10) Karamelizasyon

Uygulama Zamanı

- Şekerler, aminoasitler ve proteinler gibi azot içerikli bileşenlerin bulunmadığı ortamda ısıtıldıklarında **karamelizasyon** olarak tanımlanan enzimatik olmayan bir dizi esmerleşme reaksiyonu meydana gelir.
- Bu reaksiyonlar sırasında renk koyulaşır, kahverengiye dönüşür ve tatta da bir takım değişimler olur.
- Karamelizasyonda oluşan pigmentler büyük ve polimerik moleküllerdir.
- Karamelizasyon yüksek sıcaklıklarda (120 °C) başlamakta olup karbonhidrat çeşidine veya karışımlarına göre farklılıklar göstermektedir.

10) Karamelizasyon

Uygulama Zamanı

- Karamelizasyonu düşük sıcaklıklarda (110 °C) başladığı için en hızlı renk değişimine fruktoz sebep olmaktadır.
- Sukrozun (sakkaroz) ise 200-210 °C'de karamelizasyonu gerçekleşir.
- Karamelizasyonun gerçekleşmesi için pH 3-9 aralığında, su aktivitesi düşük, sıcaklık 120 °C'den fazla olmalı,
- **ortamda protein ve türevleri bulunmamalıdır.**

11) Maillard reaksiyonu

Uygulama Zamanı

- İndirgen şekerlerin aldehit ve keton grupları, aminoasitler, peptidler ve proteinler ile reaksiyona girerek **melanoidinler** (esmer renkli azotlu doymamış polimerler) olarak adlandırılan kahverengi pigmentleri meydana getirir.
- Bu bileşikler **karbonhidrat ve protein içeren gıdaların** ısıtılmasıyla ortaya çıkar ve gıdanın esmerleşmesine, kızarmasına neden olur.

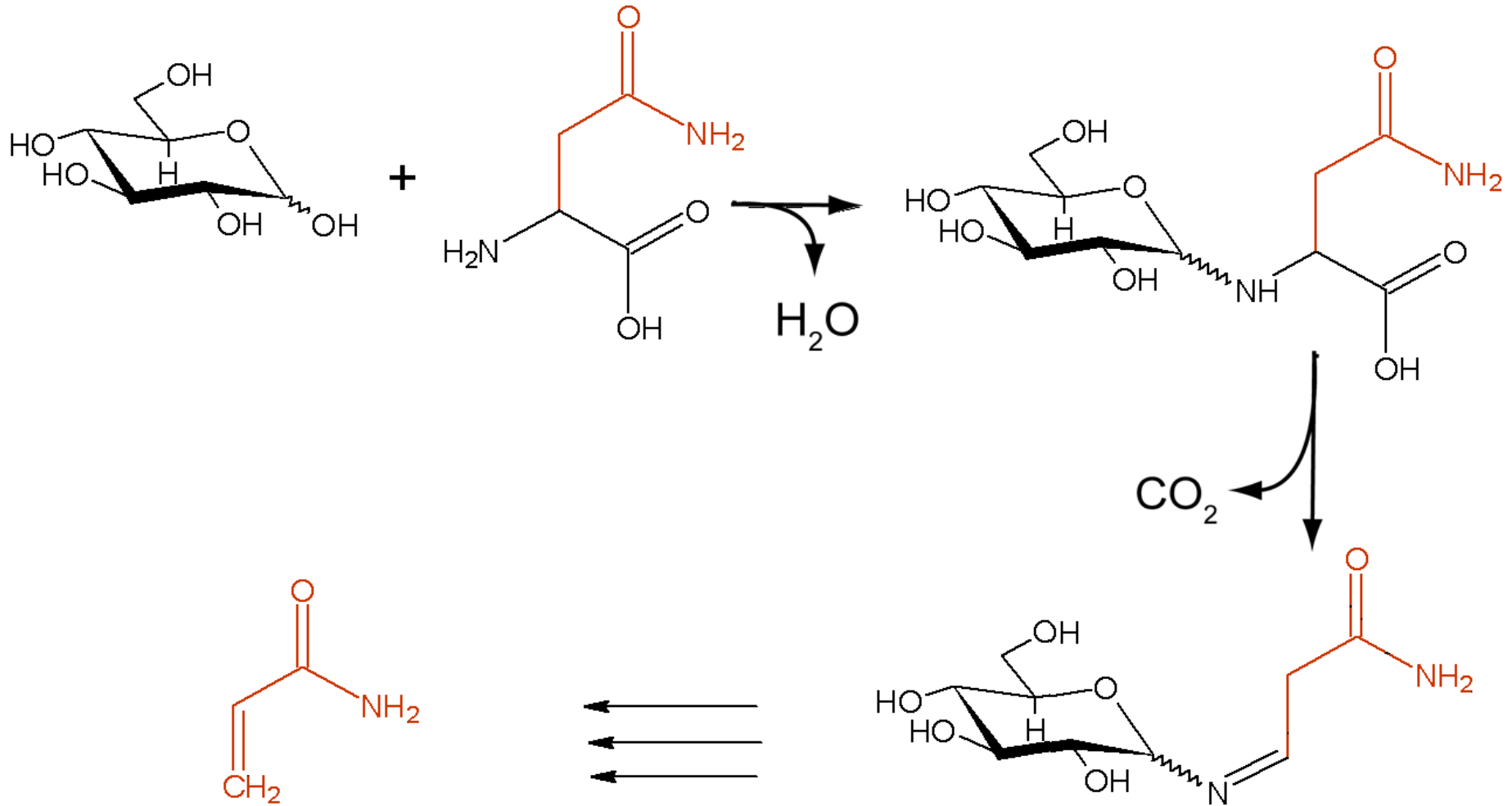
11) Maillard reaksiyonu

Uygulama Zamanı

- Gıdaların ısıtılmasıyla (kızartma, fırında pişirme, kavurma vb.) veya uzun süre depolanması sırasında meydana gelen kahverengileşmenin nedeni başlıca **Maillard** reaksiyonudur.
- Kahverengileşmenin mekanizması ilk olarak amino asidin amino grubu ile indirgen şekerlerin karbonil grupları arasında katılma reaksiyonu ile başlar.
- Birçok karışık ara ürünlerden sonra en sonunda **melaninler** veya **melanoidinler** denilen, esmer renkte doymamış polimer ürünler meydana gelir.



Maillard reaksiyonu



11) Maillard reaksiyonu

Uygulama Zamanı

- Genellikle Maillard reaksiyonu gıda maddelerinde biyolojik değer kaybına sebep olur.
- Reaksiyonda şeker-protein bileşikleri meydana gelebilir.
- Yiyeceğin sindirilebilirliği azalır.
- Aminoasitlerin yapısı bozulur.
- Örneğin/ proteinlerdeki esansiyel amino asitlerden lizin, yararlanılamaz hale gelir.
- Sütteki lizin indirgen özellikteki laktoz ile reaksiyona girerek kayba uğrar.

11) Maillard reaksiyonu

Uygulama Zamanı

- Ekmek kabuğunun kızarmasında,
- Kahvenin kavrulmasında (aroma verici bileşikler),
- Malt ekstraktı, çay ve kahve yapımında,
- Balığın kızartılmasında **arzu edilir**.
- Süt tozu yapımında, sterilize süt ve meyve suyu yapımında ise **istenmez**.



Maillard reaksiyonunu etkileyen Parametreler

Uygulama Zamanı

- **Sıcaklık ve Süre:** Her 10 C yükselmesi, Maillard reaksiyonunu 2-3 kat hızlandırır. Depolama süresi arttıkça da Maillard reaksiyonundan kaynaklanan esmerleşme artar.
- **Ph:** alkali bölgeye kaydıkça Maillard reaksiyonu daha etkilidir.
- **Su aktivitesi:** Çok yüksek nem durumlarında Maillard egemen değildir (0,65-0,70 aw'de max).
- **Metal iyonları:** Na⁺, Fe²⁺, Fe³⁺ iyonlarının Maillard reaksiyonunu hızlandırmaktadır.

12) Jelleşme Özelliği (Jelatinleşme)

Uygulama Zamanı

- Polisakkaritler su alarak kesilebilecek sertlikte jel meydana getirme (**jelatinleşme**) kabiliyetine sahiptirler.
- Su, jel yapıda tutuklanmış olarak bulunur.
- Bu grupta **pektinler, agar-agar** ve belli dereceye kadar **alginatlar, gamarabik, nişasta ve tragant gamı** yer almaktadır.

12) Jelleşme Özelliği (Jelatinleşme)

Uygulama Zamanı

Jelleşme olayı

- Jelleşen maddenin cinsine
- Şeker oranına
- pH değerine
- Sıcaklığa
- Birlikte bulunan maddelere bağlıdır (örneğin metal iyonları).

12) Jelleşme Özelliği (Jelatinleşme)

Uygulama Zamanı

- Isıtılınca nişasta granülleri yapılarına su alarak şişer.
- Birbirlerine yaklaşarak, aldıkları suyu tutarlar.
- Soğutulduğu zamanda **kolloid** jel halini alırlar (**pelte**)
- Oluşan jel bekletilince yada dondurulunca nişasta granülleri birbirinden ayrılmaya başlar ve su yapıdan sızmaya başlar.
- Bu olay **sineresis** olarak tanımlanır.

12) Jelleşme Özelliği (Jelatinleşme)

Uygulama Zamanı

- Bekletme süresi uzarsa jelin yapısındaki nişastanın çözünürlüğü azalır, kısmen kristalize olur.
- Bu olay **retrogradasyon** olarak tanımlanmaktadır.
- Nişastanın yapısında meydana gelen en önemli fizikokimyasal değişimlerden biridir.
- Nişastanın daha az çözünür olan ve daha az hidratlı hale kendiliğinden dönüşmesidir.
- **Retrogradasyon** nişastanın daha önceki çözünmeyen haline dönüşmesi (kabın dibinde çökelti oluşması, ekmek vb. ürünlerde bayatlama) olarak da bilinir.
- Retrogradasyon olayı düşük sıcaklıklarda daha kolay gerçekleşmektedir.

Karbonhidratlardaki Fonksiyonel Gruplar

Monosakkaritler

Monosakkaritlerin Sınıflandırılmaları

İzomerizm

Monosakkaritlerin Halka Yapısı Ve Mutarotasyon

Karbonhidratların Genel Özellikleri Ve Çeşitli Kimyasal Reaksiyonları

Soru ve Öneriler

- Maillard reaksiyonu nedir? Hangi şartlarda oluşur?
- Karamelizasyon nedir? Hangi şartlarda oluşur?
- Anomer şeker nedir? Anaomerik karbon atomu kavramı?
- Epimer şeker nedir?
- D ve L izomer nedir?
- Enolizasyon nedir?
- İzomer kavramı, anaomerik karbon atomu nedir?
- Polioller ve şeker asitleri oluşumu? Nerelerde var?
- Mutarotasyon kavramı nedir?
- HMF nedir ve hangi şartlarda oluşur?

Önerilen Haftalık Çalışmalar

Konu tekrarı yapınız.

Monosakkaritlerin yapısı ve izomerler

Karbonhidratların kimyasal reaksiyonları ve özellikleri

Reaksiyon isimleri oluşan ürünlerin isimleri

Esmerleşme reaksiyonları

Karbonhidratların kimyasal yapısı, özellikleri, sınıflandırılması devam

Kaynaklar

Demirci M. (2008). Gıda Kimyası, 4.baskı. Onur Grafik, İstanbul.

Bilişli A. (2015). Gıda Kimyası, 3.baskı. Sidas Yayıncılık, İzmir.

Katılımınız için

Teşekkür ederiz.

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik için

İstanbul Gelişim Üniversitesi

