

## Karbonhidratların Tanımı ve Sınıflandırması

### Karbonhidratların Tanımı

Karbonhidratlar, canlılarda bulunan organik moleküllerin üçüncü büyük grubunu oluşturur. C, H ve O elementlerinin  $C_n(H_2O)_n$  formülüne göre kurulmasıyla meydana gelir. Ancak bu genel formüle uyduğu halde karbonhidrat olmayan (Asetik asit  $C_2H_4O_2$ ; Laktik Asit –  $C_3H_6O_3$ ; gibi) veya genel formüle uymadığı halde karbonhidrat olan (Deoksiriboz –  $C_5H_{10}O_4$ ; Ramnoz –  $C_6H_{12}O_5$ ) bileşikler de vardır. Azot ve kükürt ihtiva eden bazı karbonhidratlar da bu genel formüle uymazlar. 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.

### Karbonhidratların Önemi

Karbonhidratlar canlılarda çok çeşitli amaçlarla kullanılır. Glikoz ve glikojen halinde hayvanların en önemli enerji kaynaklarından birisidir. Bitkilerde fotosentez ile oluşan nişasta depo edilerek enerji kaynağı olarak rol oynar. Polimerler halinde mikroorganizmaların koruyucu hücre duvarının yapısına katılır. Sellüloz, bitkilerin odunsu ve fibriller dokularının ve rijit hücre duvarının en önemli ekstrasellüler yapısal komponentidir. Glikozun metabolize edilmesi sonucunda çok sayıda biyolojik molekülün biyosentezinde öncül madde olarak kullanılan ara metabolitler ortaya çıkmaktadır. Basit şekerler purin, pirimidin ve fosfatlara bağlanarak nükleik asitleri, peptidlere bağlanarak peptidoglikanları, lipidlere bağlanarak glikolipideri, sulfatlara bağlanarak mukopolisakkaritleri ve başka maddelere bağlanarak türev karbonhidratları oluştururlar.

### Karbonhidratların Sınıflandırılması

Karbonhidratlar değişik şekillerde sınıflandırılabilir.

#### 1. Moleküldeki basit şeker ünitelerinin sayısına göre

Monosakkaritler  
Disakkaritler ve Oligosakkaritler  
Polisakkaritler

#### 2. Reaktif gruplarına göre:

Aldozlar  
Ketoşlar

#### 3. Karbon zincirinin uzunluğuna göre:

Dioşlar  
Pentozlar  
Triozlar  
Hegsoşlar  
Tetroşlar  
Heptozlar

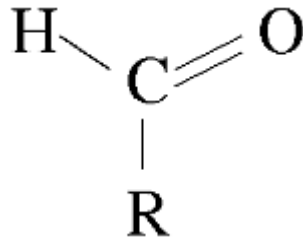
Burada moleküldeki basit şeker sayısına göre karbonhidratları dört grupta incelenmiştir.

Monosakkaridler  
Türev monosakkaridler  
Disakkaritler  
Polisakkaridler

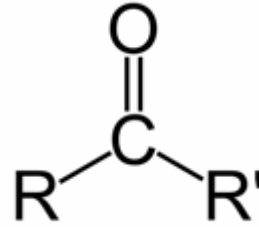
Monosakkaridler, düşük molekül ağırlığına sahiptir ve (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> genel formülünde n 3-9 olmak üzere, karbonun hidratları olarak gösterilir. Türev monosakkaridler, monosakkaridlerin türevleridirler. Bunlar karbonil ve hidroksil gruplarından başka veya bunlara ilave olarak fonksiyonel gruplar ihtiva ederler. Oligosakkaridler ve polisakkaridler, monosakkarid artıklarının, büyük bir bileşiği meydana getirmek üzere asetal bağları ile kondenzasyonundan oluşmaktadır. En basit oligosakkarid iki monosakkaridden kurulmuştur ve buna disakkarid denir. Üç, dört ve beş monosakkaridden kurulmuş olanlara sırasıyla tri-, tetra- ve pentasakkarid denir. Polisakkaridler, çok sayıda tek tip monosakkaridin (homopolisakkarid'ler) veya iki veya daha fazla değişik tip monosakkaridin (heteropolisakkarid'ler) kondenzasyonu ile meydana gelmiş molekül ağırlıkları yüksek polimerlerdir.

### 1 - Monosakkaridler

Monosakkaritlerin yapısında bir karbon iskeletin birinci karbonunda aldehit (-COH) veya keton (-C=O) grubu (ki; bu gruplara aynı zamanda karbonil grubu veya aktif şeker grubu da denir) ve iskeletin geri kalan kısmında da çok miktarda hidroksil grubu eklenmiş halde bulunur. Aldehit grubu taşıyan monosakkaride "aldoz", keton grubu taşıyana da "ketoz" adı verilir.

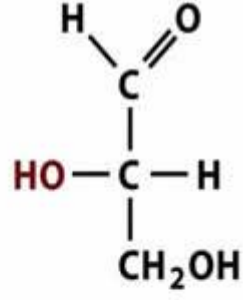


Aldehit Grubu

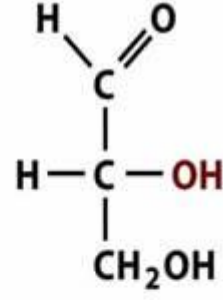


Keton Grubu

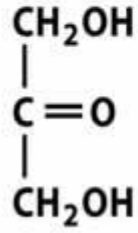
En basit monosakkaritler gliseraldehid ve dihidroksiasetonundur. Hemen hemen bütün basit şekerler bu iki ana yapıdan türetilmiştir.



L-Glyceraldehyde

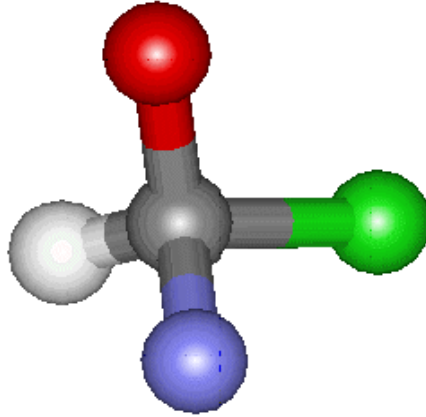


D-Glyceraldehyde

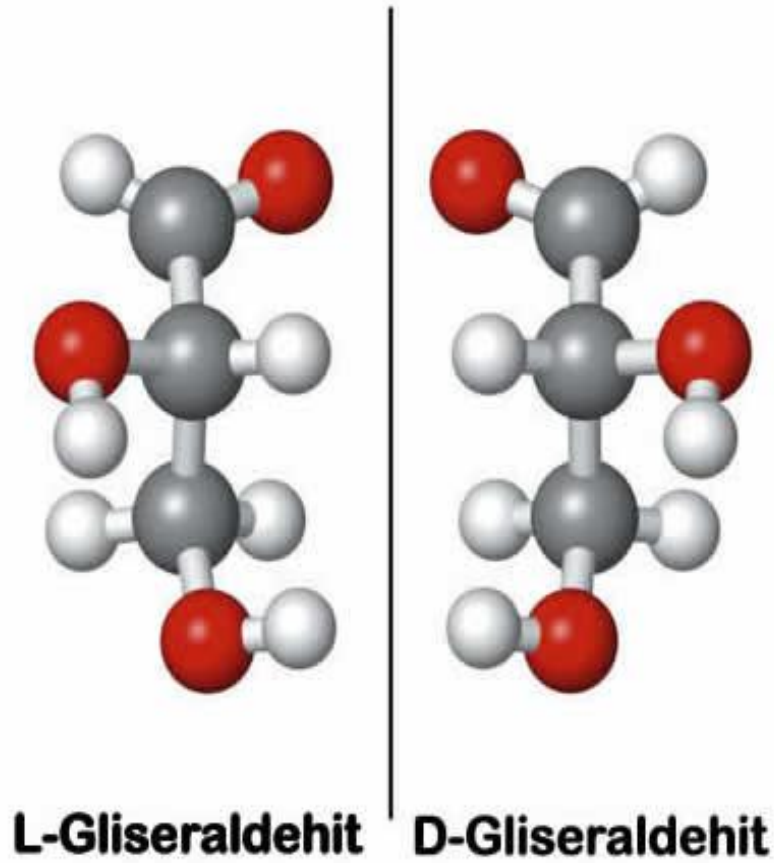
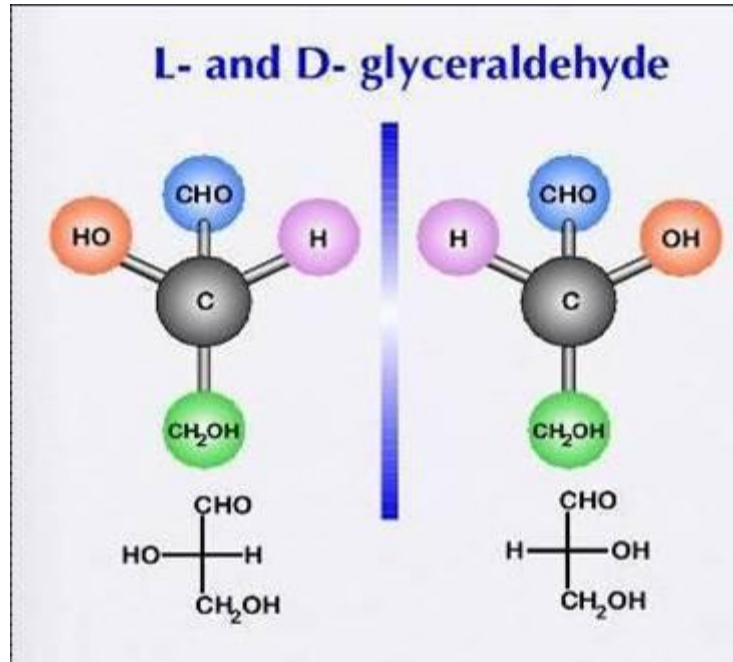


Dihydroxyacetone

Dört valansına dört ayrı atom veya atom grubu bağlı olan karbon atomuna asimetrik karbon atomu adı verilir. Gliseraldehit bir asimetrik karbon atomuna sahiptir. Bu da ikinci karbon atomudur.



Bu karbon atomuna bağlı -H ve -OH'in uzaydaki ayna görüntüsüne göre dizilişi iki şekilde olur. Bu dizilişlere göre de gliseraldehit D- ve L-gliseraldehit olarak adlandırılır.



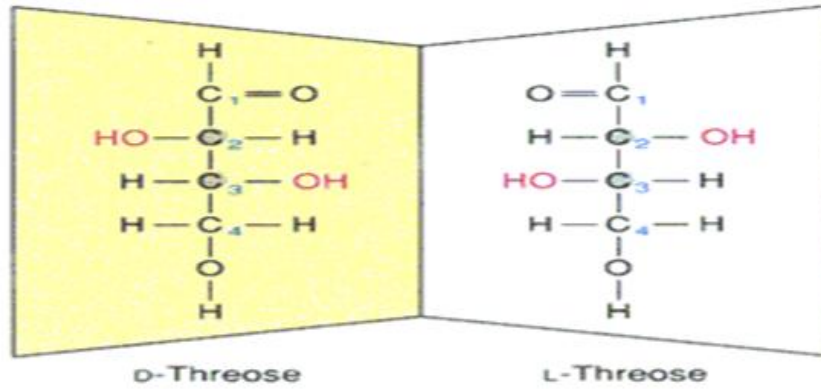
Hidroksil grubu D-gliseraldehit ile aynı yönde olan basit şekerlere D-, L-gliseraldehit ile aynı yönde olanlara da L- takısı eklenir. Gliseraldehit tüm stereoisomerik bileşiklerin D- ve L-formlarının belirlenmesinde referans bileşik olarak kabul edilir.

Gliseraldehit ve dihidroksiaseton üç karbonlu monosakkaridlerdir. Bunlara trioz'lar denir. Trioz şeker olan gliseraldehid (D veya L) aynı zamanda bir aldozdur. Dolayısı ile buna kısaca aldotrioz'da denir. Dihidroksi aseton ise bir ketotrioz'dur. İsimler sadece önemli fonksiyonel grupları ve aynı zamanda karbon atomu sayılarını gösterirler.

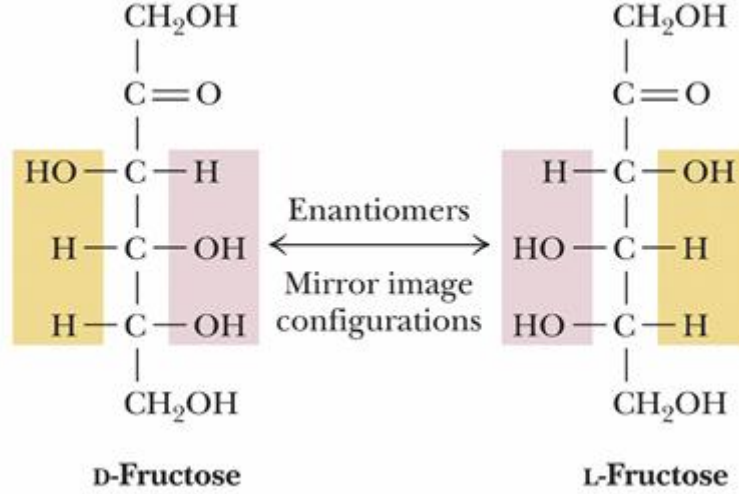
Aldozların sınıflandırmadaki isimleri (generic names) moleküldeki karbon atomu sayısını gösterir. Buna göre tetrozlar, pentozlar, heksozlar, heptozlar, oktozlar ve nanozlar sırası ile dört, beş, altı, yedi, sekiz ve dokuz karbon atomu ihtiva ederler. Ketozların sınıflandırma isimleri, ketoza tekabül eden aldozların isimleri içerisine "ul" hecesi koymak suretiyle kurulur. Mesela, pentuloz, heksuloz ve heptuloz gibi.

### Stereoizomerizm

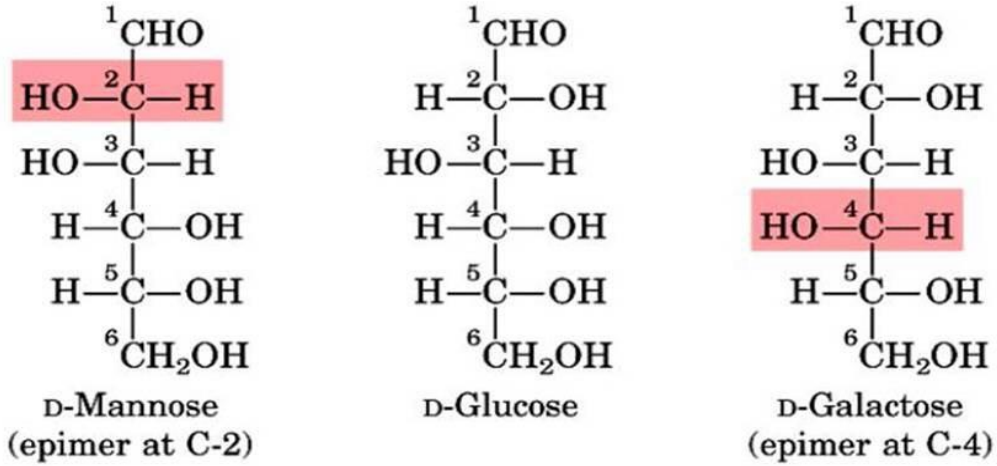
Stereoizomerizm gösteren maddeler boşlukta birbirinin ayna hayali durumda yer alan maddelerdir. Bunların sahip oldukları atom veya atom grupları birbirine benzerler. Fakat bunlar aynı maddeler değildir. Atomların boşluktaki durumlarına göre bir molekül iki çeşit izomerizm gösterebilir. Buna stereoizomerizm, optik izomerizm veya geometrik izomerizm denir.



Glikoz, galaktoz ve mannoz altı karbonlu monosakkaritlerdir. Aldehit grubu taşırlar. Kapalı formülleri aynıdır. Fakat bu monosakkaritler birbirlerinden farklı aldoheksozlardır. Bunun nedeni molekülü kuran grupların konfigürasyonundan kaynaklanmaktadır. Kapalı formülleri aynı olan fakat taşıdıkları asimetric karbon atomından dolayı farklı olan bu bileşiklere geometrik izomerler, stereoizomerler veya enantiomorflar denir.



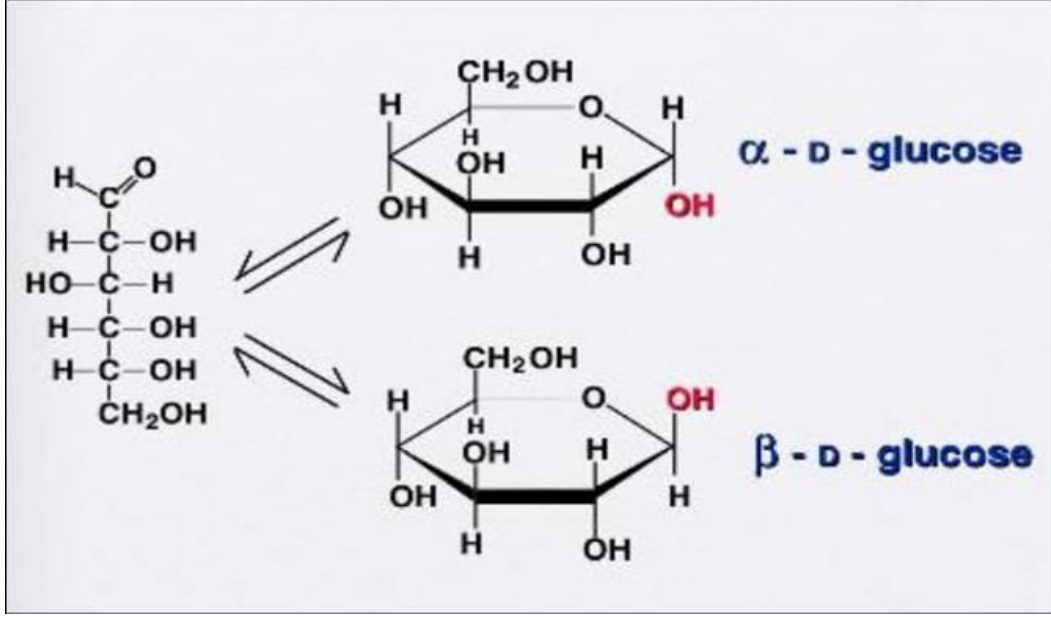
Şekerlerin yalnız bir karbon atomuna bağlı gruplarının konfigürasyonları farklı olan optik izomerlere de epimerler denir. Şekerlerin diğer karbon atomlarındaki grupları tamamen aynıdır. Böyle şekerlere epimer şeker denir. Bu şekerler hayvanların karaciğerindeki epimeraz adlı enzim tarafından kolayca birbirlerine çevrilir. Bu olaya da epimerizasyon denir. Glikoz ile galaktoz ve glikoz ile mannoz birer epimer şekerdir.



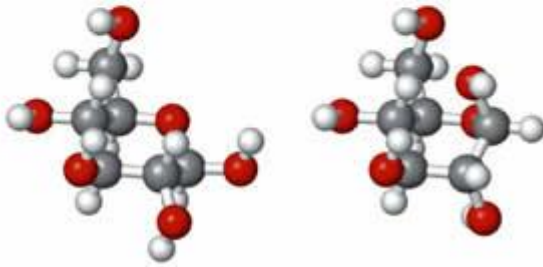
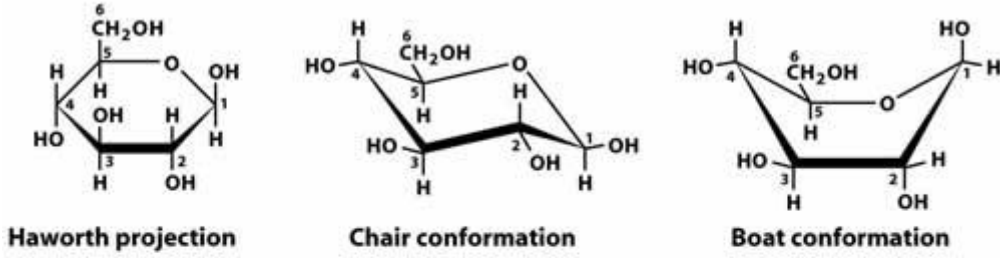
Bir aldotetrozda iki asimetric karbon atomu, bir aldopentozda ise üç asimetric karbon atomu bulunmaktadır. Aldoheksozda ise 4 asimetric karbon atomu vardır. Bir bileşikte n kadar asimetric karbon atomu varsa Van't Hoff'un formülüne göre bu bileşikin  $2^n$  kadar stereoizomeri vardır. Buna göre bir aldohexoz olan glikozun 4 asimetric karbon atomu olduğuna göre 24 yani  $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$  stereoizomeri vardır.

### Konformasyon

Moleküllerin gerçek şeklini bir düzlem üzerinde göstermek mümkün değildir. Bu nedenle Haworth tarafından önerilen model şekerlerin yapılarının çizilmesi kolaylaştırmakta ve konfigürasyonların gösterilmesinde açıklık sağlamaktadır. Fischer formülü oksijen-karbon bağı çok uzattığından gerçeğe uymayan anormal bir yapı olmasına karşın Haworth formülünde atomlar arasındaki uzaklık birbirine orantılı ve gerçeğe daha yakındır. Ancak çizimi zor olduğundan daima kullanılmaz.



Haworth formülasyonunda halka kağıt düzleminden dışarıya dik olarak gelmekte, halkadaki karbon atomlarına bağlı gruplar halka düzleminin alt ve üst yüzeyinde yer almaktadır. Formülde kalın çizgiler okuyucuya yakın kısımdır.



Gerçekte halkayı teşkil eden atomlar bir düzlem üzerinde bulunmazlar. Çünkü halkasal yapı rijit bir yapı olmayıp sulu çözeltilerde eğilip bükülebilme imkanına sahiptir. Formülize etmede en muhtemel iki konformasyon sandalye ve kayık formudur. Ekvatoryal yönlü hidroksil gruplarına sahip sandalye şekillerinin kayık şekline göre daha kararlı bir yapı olduğu kabul edilir. Sandalye şeklinde simetri eksenine ve ekvatoryal eksene paralel yapılar arasında karşılıklı olarak zayıf bir ilişki vardır. Buna karşın kayık şeklindeki formül yapısına sahipi şekerlerde ise bu ilişki daha güçlüdür.

Furanozların çeşitli konformasyonları vardır. Çoğunlukla bir atom düzlemden yukarıya çıkmıştır.

### **Biyolojik Bakımdan Önemli Monosakkaritler**

Sadece glikoz ve früktoz tabiatta bol miktarda bulunurlar. Diğer bazı monosakkaridler ya disakkaridlerde ve polisakkaridlerde veya başka tip bir bileşikte birim olarak yaygındırlar. Genellikle bu, bileşikler şeklinde bulunan heksozlar glikoz, mannoz ve galaktoz gibi aldoheksozlarla früktoz gibi ketoheksozdur.

Glikoz ve mannoz 2 numaralı karbon atomları bakımından epimerdirler (bir tek karbon atomunun konfigürasyonu ile farklı). Glikoz ve galaktoz 4 numaralı karbon atomları bakımından epimerik bir çift teşkil ederler. Früktoz anomerik karbon atomu 1.karbon yerine 2.karbon atomu olması bakımından diğerlerinden farklıdır. Fakat 3, 4 ve 5 numaralı karbon atomlarının konfigürasyonları bakımından früktoz, glikoz ve mannoz ile identiktir.

**D-Glikoz** bir aldoheksozdur. Dekstrorotatör olduğundan **dekstroz** adını da alır. Birçok önemli disakkarit ve polisakkaridin yapısına katılır. Üzümde bol miktarda bulunduğundan üzüm şekeri de denir. Tatlı ve lezzetlidir. Biyokimyasal yönden çok önemlidir.

**D-Galaktoz** doğada nadiren serbest halde bulunur. Laktozun yapı taşıdır. Ayrıca serebrositlerin, gangliositlerin ve glikoproteinlerin yapısında yer alır. L-Galaktoz yosunlardan elde edilen bir polisakkarit olan agar içerisinde bulunur. Tadı glikozdan daha azdır. Fermentasyon yönünden de glikoza kıyasla mayalar tarafından daha yavaş fermente edilir.

**D-Fruktoz** bir ketoheksoz olup levorotatör özelliğinden dolayı levuloz adını alır. Sakkarazun ve inulinin yapı taşıdır. Bitkilerde yaygındır. Balda da bulunur. Fötüs kanında, plasentada ve sperma sıvısında serbest halde fruktoz vardır. Bir trisakkarid olan rafinozun yapısına katılır.

**D-Mannoz** kısmen serbest ve kısmen de bağlı iekilde bitkilerde bulunur. Hayvansal organizmada glkopepditlerin, kan grubu maddelerinin yapı taşı olarak sıkça rastlanır.

Tabiatta bulunan pentozlardan L-arabinoz, D-riboz ve D-ksiloz gibi aldozlar ve ketopentoz olan L-ksiluloz mevcuttur. Alfa-D-ksiluloz pyranoz halkası teşkil eder ve bu halka şekli glikozun 5 numaralı karbonuna bağlı hidroksimetil grubu hariç diğer bakımdan glikoza çok benzer.

**D-Riboz** ribonükleik asitlerin ve koenzim görevi yapan nükleotidlerin yapısında bulunur.

**D-Arabinoz** arap zamkının yapı taşıdır. Bitkilerde bulunur.

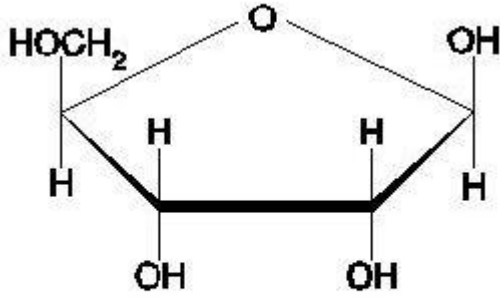
**D-Ksiloz** Ağaç zamklarında, proteoglikanlarda bulunur. Saman ve odunun yapısında bulunan ksilan'ın yapısına katılır. Bu iekerin keto şeker karşıtı D-ksiluloz'dur. D-ksiluloz üronik asit yolunda önemli bir ara maddedir.

**Şekerlerden çay şekerinin (sakkaroz) verdiği tat % 100 kabul edilirse, sakkaroz göre fruktoz % 173, glikoz % 74, maltoz % 33, galaktoz % 33 ve laktoz % 16 oranında tatlıdır.**

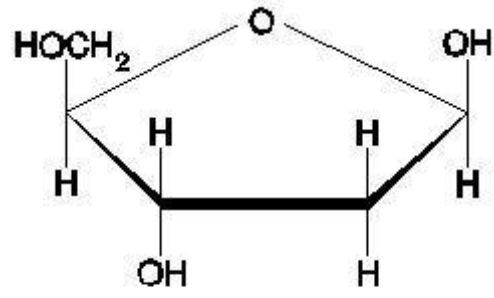


## Deoksi Şekerler

Bu şekerler, piranoz ve furanoz halkarındaki bir veya daha fazla hidroksil grupları yerine hidrojen gelmiş bileşiklerdir. Yani 2. veya 6. Karbon atomlarında oksijen bulunmayan şekerlerdir. 2-deoksiriboz polimerik deoksiribonukleik asitteki tekrarlayan birimin bir komponentidir. Bu çeşit deoksi şekerlerde terminal CH<sub>2</sub>OH grubu CH<sub>3</sub> grubu ile yer değiştirmiştir. L-Ramnoz (6-deoksi-L-mannoz) ve L-fukoz (6-deoksi-L-galaktoz) bitkilerde ve hayvanlarda bulunan L-konfigürasyonuna sahip birkaç şeker arasında bulunurlar.



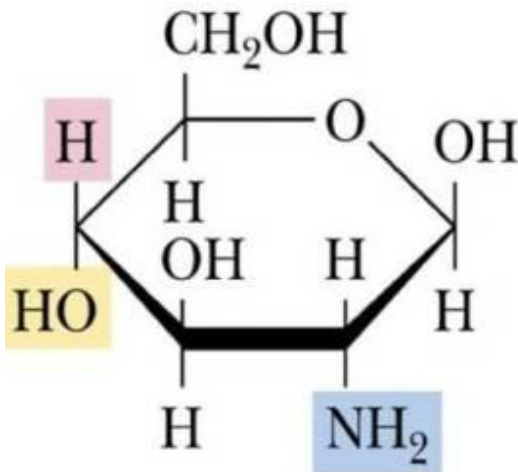
**Ribose**



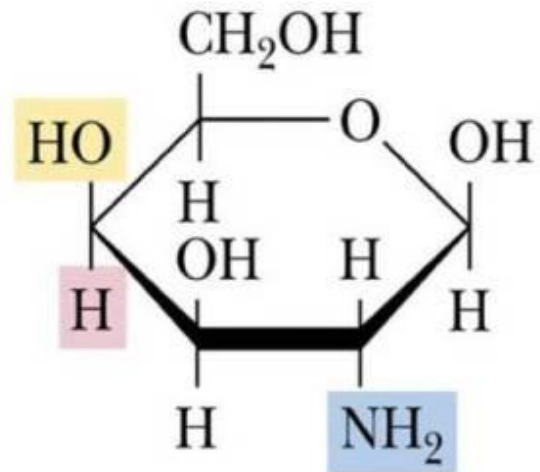
**Deoxyribose**

## Amino Şekerler

Amino şekerler monosakkaritlerin önemli substitüsyon ürünleridir. Hekzosların ikinci karbon atomundaki hidroksil grubu yerine NH<sub>2</sub> grubu girmesiyle oluşur.



**β-D-Glucosamine**



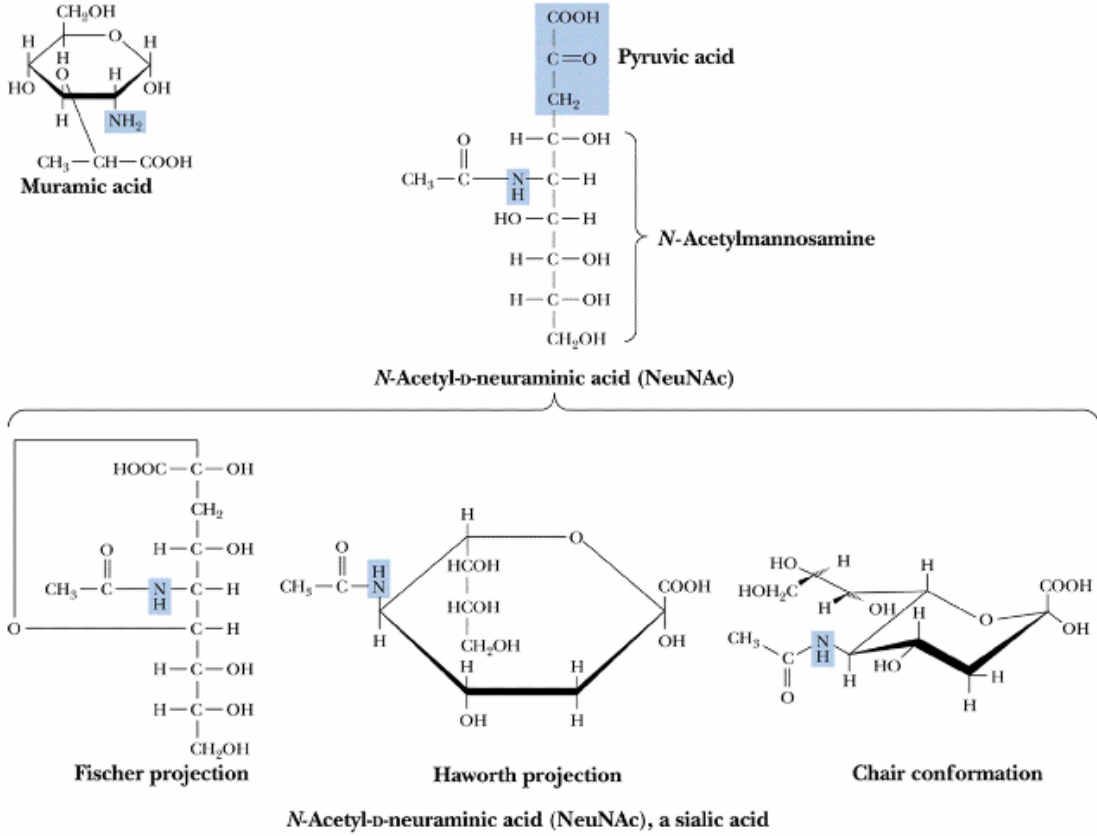
**β-D-Galactosamine**

Glikozamin, glikozun 2 numaralı karbon atomuna amino grubunun girmesi ile oluşur. Bu nedenle 2-dezoksi,2-aminoglikoz adı da verilir. 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. Kıkırdağın karakteristik polisakkaridi olan kondroitin sulfatta ve bir çok glikosfingolipidlerde bulunur.



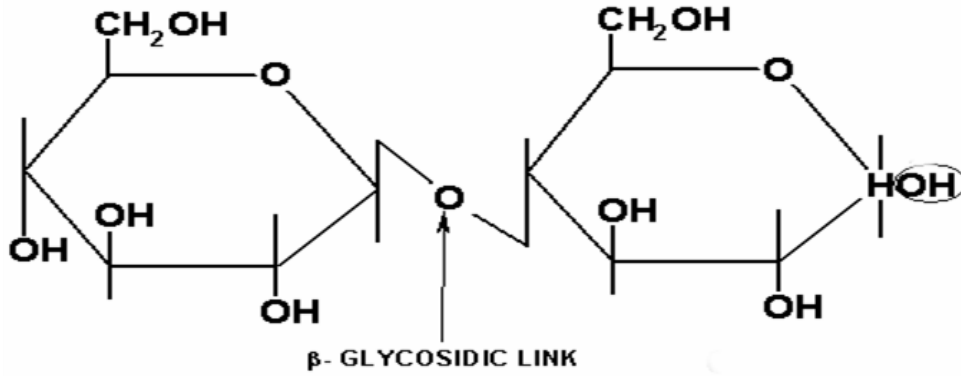
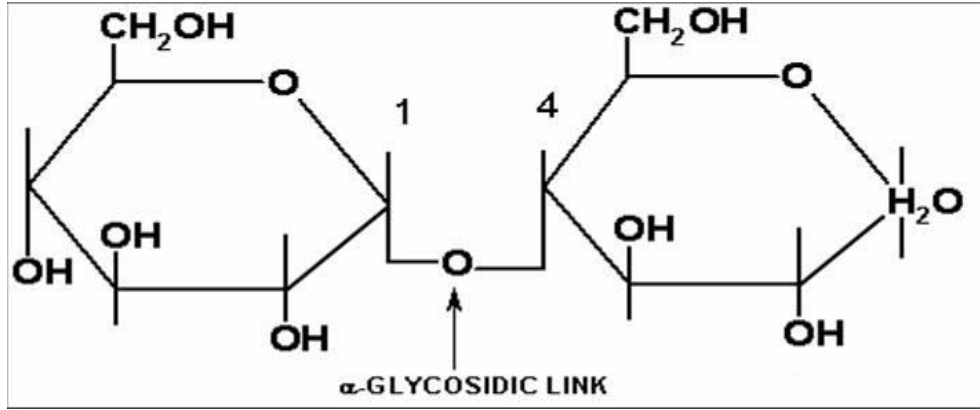
Nöyraminik asitler D-şekerlerdir. Piruvik asitle mannozaminin birleşmesi sonucu oluşur. Hayvansal hücre çeperlerinin önemli yapı taşıdır. Lipidlerin polisakkaridlerin, glikoproteinlerin ve mukoproteinlerin yapısında olarak bakterilerde ve hayvan dokularında yaygın bir şekilde bulunur.

Nöyraminik asitin N-açıl türevleri sialik asitler olarak bilinir. Sialik asitler tükürük bezi salgısı ve diğer mukoza salgılarındaki glikoproteinlerin yapısında bulunurlar. Ayrıca kan grubu maddelerin yapı taşıdır.

Mümarik asit bakteri hücre duvarlarının önemli yapı taşıdır. Burada da amino grupları asetillenerek N-asitil mümarik asit oluştururlar.

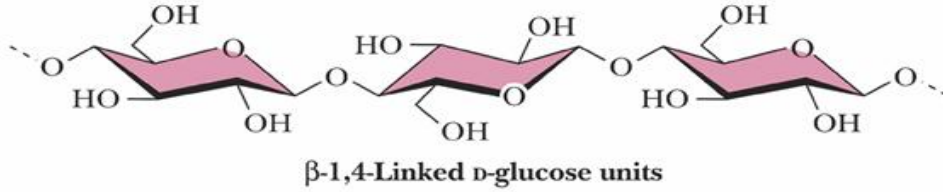
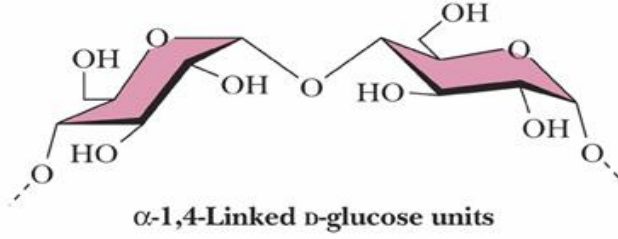
### Glikozidler

Monosakkaritteki aldehit grubu veya keton grubu ile molekül içerisindeki bir alkolik hidroksil grubu arasında oluşan hemiasetal ve hemiketal bağ aynı zamanda glikozidik bağdır. Eğer glikozidik bağ monosakkaritlerin D-glikoz ve D-fruktoz içinde meydana gelecek olursa her iki şekerin a-D ve b-D şekilleri meydana gelmektedir.



Bu glikozidik bağ monosakkaridin kendi içerisinde meydana gelebildiği gibi iki monosakkarit arasında da meydana gelebilir. Bu takdirde disakkaritler oluşmaktadır. Eğer glikozidik bağ pek çok monosakkarit arasında oluşuyorsa bu durumda da polisakkaritler meydana gelmektedir.

Metil alkol ile glikoz reaksiyona girerse bu iki yapı arasında glikozidik bir bağ oluşur ve metil glikozid meydana gelir. Bu şekilde oluşan esterlere de glikozidler denir. Bunların da a- ve b- şekilleri vardır

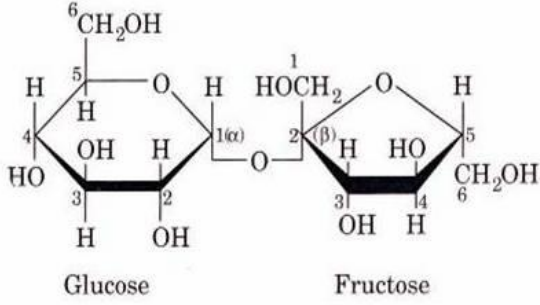


Tabiatta, hidrolize olduğunda şeker ve alkol veren, karbonhidrat olmayan artıklar ihtiva eden bir çok glikozid vardır. Bu glikozidlerin karbonhidrat olan bölümüne glycone, karbonhidrat olmayan bölümüne de aglycone denir. Glycone'un hidrofilik karakterinden dolayı glikozid, suda aglycone'dan daha fazla erir. Aglycone'lar, çiçek renkli maddelerindeki çeşitli flavonlar ve anthocyanin'ler dahil, ekseriyetle bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerdir. Bir çok meyve ağaçlarının köklerindeki zehirli bir glikozid olan phlorizin'deki polyphenol ve kendisinden indigo boyasının elde edildiği glikozidde bulunan indoxyl aglycone'dırlar. Tıpta kullanılan glikozidlerden en önemlisi kalp glikozidi olarak bilinen dijitaldir.

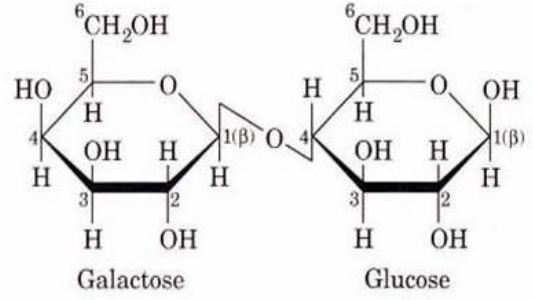
### 3 - Disakkaritler

Disakkaritleri meydana getirmek için biraraya gelen monosakkaritler iki şekilde bağlanabilirler. Bir monosakkaridin karbonil grubu, diğer bir monosakkaridin alkol grubu ile bağlanabilir. Bu bağ tipi maltoz tip bağ adını alır. Maltoz ve laktozda bu tip bağ vardır. Diğer şekilde ise bir monosakkaridin karbonil grubu diğer bir monosakkaridin karbonil grubu ile bağlanabilir. Bu tip bağa da trehaloz tip bağ adı verilir. Trehaloz ve sakkarozda bu tür bağ vardır. Maltoz tip bağa sahip disakkaritlerde aktif şeker gruplarından birisi serbest olduğundan indirgeyici özellik gösterirler.

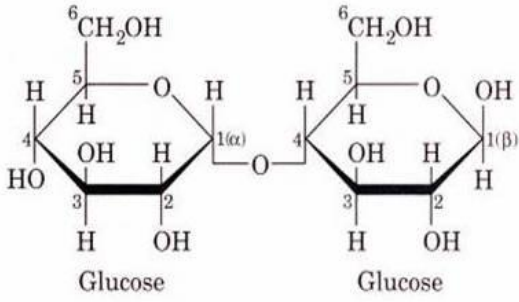
Disakkaritlerin oluşumunu sağlayan glikozidik bağlar, alfa ve beta olmak üzere iki tipte olur. Glikozidik bağın tipini, C-1'deki -OH grubunun pozisyonu belirler. -1'deki -OH grubunun pozisyonu a pozisyonu ise a-glikozidik bağ, b pozisyonu ise b-glikozidik bağ oluşur



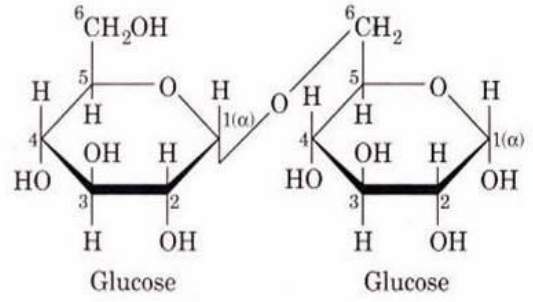
**Sucrose**



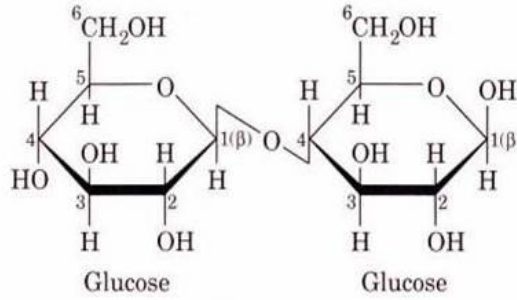
**Lactose**



**Maltose**



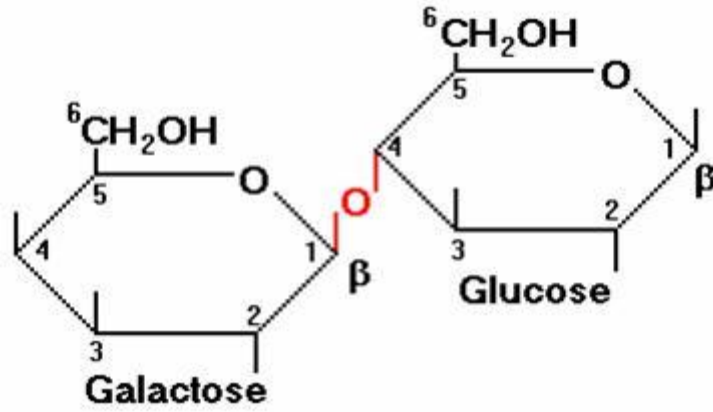
**Isomaltose**



**Cellobiose**

**Maltoz** iki glikoz artığından kurulmuştur. Bu iki glikozdan birisinin 1 numaralı karbon atomu, yarı asetal bağında substitüe olmamış anomerik karbon atomu bulunan öteki glikoz artığının 4 numaralı karbonu ile glikozidik bağ ile bağlanmıştır. Bundan dolayı maltoz indirgeyici bir şekerdir, karbonil ayıraçları ile reaksiyona girer, mutarotasyon gösterir. Maltoz da glikozidik bağın konfigürasyonu a-1,4 tarzında gösterilir. Bu indirgeyici olmayan anomerik karbonun (C-1) alfa-konfigürasyonda olduğunu ve diğer şekerin 3 numaralı karbon atomunun hidroksil grubu ile glikozidik bağ teşkil etmiş olduğunu gösterir. Bu tarz bağlanma ekseriye bir ok kullanılarak alfa (1-4) şeklinde gösterilir. Maltozun türetilmiş ismi olan 4-0-a-D-glukopiranozil-D-glukopiranoz, D-Glc-alfa (1-4)-D-Glc şeklinde kısaltılabilir.

**Laktoz**, yalnız, laktasyon sırasında meme bezlerinin salgı hücreleri tarafından sentez edilir. Laktozun sütteki miktarı memelinin cinsine göre değişiklik gösterir ve % 2 ile 6 arasında bulunur. Eşit sayıda glikoz ve galaktoz molekülü ihtiva eder. Yapısı 4-0-Beta-D-galaktopiranozil-D-glukopiranoz olup D-Gal-b (1-4)-D-Glc şeklinde kısaltılır.



Laktoz barsak mukoza hücreleri tarafından enzimatik olarak hidrolize edilerek sindirilmektedir. Laktaz enzimi süt çocuklarında oldukça aktiftir. Fakat kuzey avrupalılar ve bazı afrikalılar dışında erişkin devrede barsakta laktaz aktivitesine pek rastlanmaz. Uzak doğulularda, araplarda, yahudilerde, afrikalıların pek çoğunda, hintlilerde ve akdeniz ırkı insanlarda çok az oranda barsak laktaz aktivitesine rastlanmaktadır. Bu gruptaki insanlarda pek çok kimse laktoza karşı tolerans sahibi değildir. Laktoza karşı toleransı olmayan bu kişilerde laktoz emilmeden barsaklarda kalır. Süt ile bol miktarda alınan laktız sulu ishale ve karın ağrılarına neden olur. Bu duruma laktoz intolerans denir. Bu durumu, genetik bir hastalık olan galaktozemia'dan farklıdır.



**Sakkaroz** ticarete ve mutfakta tanınmış bir şekerdir. Çeşitli bitkilerde değişik miktarlarda bulunursa da ticari maksatla şeker kamışından veya şeker pancarından elde edilir. Diğer birçok disakkaridin aksine olarak sakkarozun glikozidik bağı, kendisini teşkil eden monosakkaridler olan glikoz ve früktozun anomerik karbon atomları arasında kurulmuştur. Bunun bir sonucu olarak redükleyici olmayan bir şekerdir. Ne mutarotasyon gösterir nede yarı asetal veya yarı ketal mevcuiyetine dayanan diğer özellikleri gösterir. Sakkarozun türetilmiş ismi a-D-glukopiranozil-b-D-fruktofuranosiddir. Bunun kısaltılmışı D-glc-(a 1 à 2)-D-fru'dur.



Şeker Kamışı



Şeker Pancarı

### **Sakkarozun Hidrolizi**

Hidroliz , bir molekülün su alarak kendini kuran alt moleküllere parçalanması olayıdır. Hidroliz kimyasal olarak (asitle kaynatarak), yada enzimatik olarak (ekmek mayası, şarap mayası veya bira mayası gibi) gerçekleştirilir.<

#### 4 - Polisakkaridler

Çok sayıda monosakkarit birimlerinden oluşurlar. Hidrolize edilirse kendilerini oluşturan monosakkaritlere parçalanırlar. Polisakkarid aynı monosakkaridin polimeri ise homopolisakkarid adını alır. Bazı polisakkaridler başka gruplarında içerirler. Bunlara da heteropolisakkarid denir.

Polisakkaridlerin sistematik isimlendirilmesinde, yapıya katılan monosakkaridin adının sonundaki "ose" eki kaldırılır yerine "an" eki konur. Mesela, "glykose" genel olarak bir monosakkaridi gösterirse bu şekilde bundan türeyen glykan bir polisakkarid ile sinonimdir. Bir D-mannose veya L-mannose'dan kurulmuş polisakkaride mannan denir. Bir glykan yapıtaşı olarak bir tip monosakkarid ihtiva ediyorsa buna homoglykan (homopolisakkarid) denir. İki veya daha fazla tip monosakkarid ihtiva ediyorsa buna da Heteroglykan (Heteropolisakkarid) denir.

Glikojen, amylopektin, amylose, sellüloz ve dekstran monomer birim olarak D-glikoz ihtiva eden homopolisakkarid (homoglykan)'lerdir. Pektin, D-galakturonik asit, inulin, D-früktoz; chitin, D-N-asetil-glikozamin ihtiva eden homopolisakkarid (homoglykan)'lerdir. Bir çok polisakkaridler sadece ihtiva ettikleri monosakkaridlerle değil aynı zamanda molekül ağırlıkları ve diğer yapısal özellikleri ile de birbirinden ayrılırlar. Nitekim bazı polisakkaridler düz zincir şeklinde, diğerleri oldukça dallanmış polimerlerdir. Her durumda monosakkarid birimlerini birbirine birleştiren bağlar daima glikozidik bağlardır. Bu bağlar alfa veya beta olabilir ve birbirini takip eden birimler düz çizgi tarzında sıralanırlar veya polimerdeki dallanma noktalarındaki birimler arasında 1.2, 1.3, 1.4 veya 1.6 bağları ile birbirine bağlanırlar.

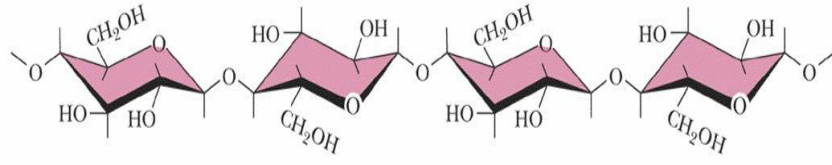
#### Homopolisakkaridler

##### Sellüloz

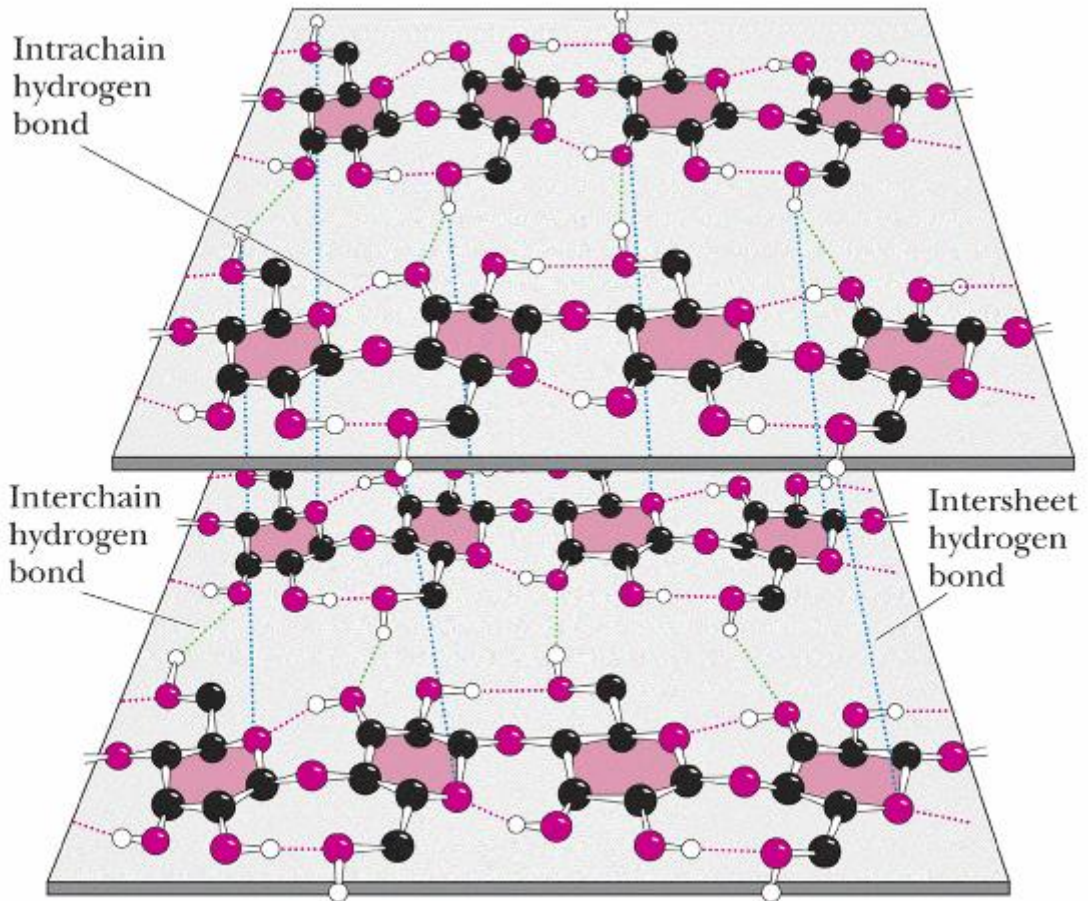
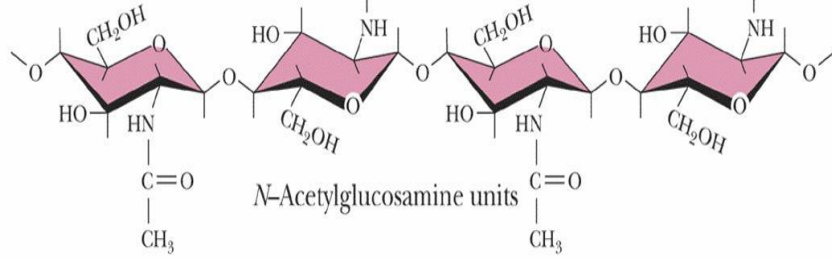
**Sellüloz**, dünyada en bol bulunan organik bileşiktir. Bitkilerdeki karbonun tümünün % 50'si veya daha fazlası sellüloz şeklinde bulunur. Yani, sellüloz genellikle bitkisel bir polisakkariddir. Pamuk, sellülozun en saf kaynağıdır ve % 90 sellüloz ihtiva eder. Sellüloz tam hidrolize edildiğinde glikoz verir, kısmen hidrolize edildiğinde ise bir disakkarid olan sellobioz'u verir. Sellülozda çok sayıda glikoz molekülü b-1,4 glikozidik bağı ile bağlanmıştır.



### Cellulose



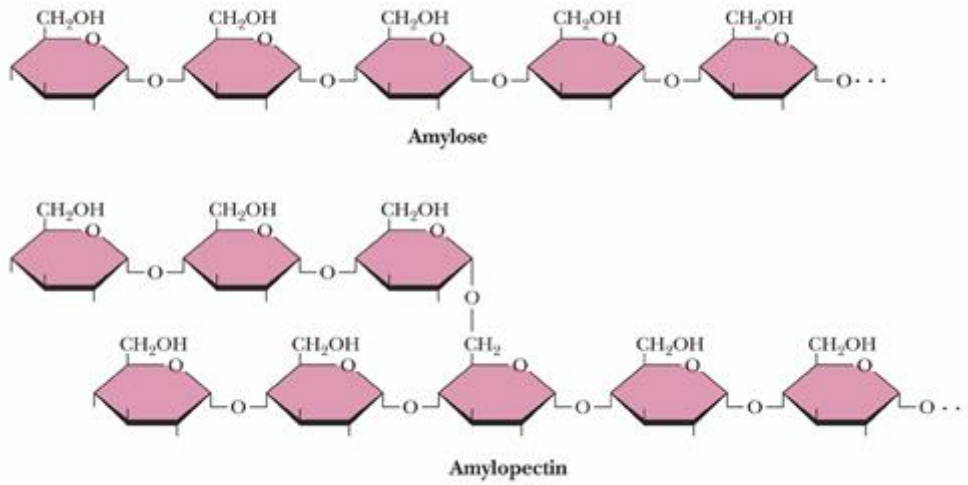
### Chitin



Tek mideli canlıların sindirim sisteminde bu bağı sindiren enzim olmadığından selüloz sindirilemez. Çift tırnaklıların rumeninde ve tektırnaklıların sekumunda bulunan selüloz enzimi ile selüloz sindirilebilmektedir.

**Nişasta** bitkilerde beslenme için besinsel yedek vazifesi görür. Glikoz molekülleri sellülozda b-1,4 bağları ile birbirine bağlandıkları halde nişastada a-1,4 bağları ile birbirine bağlanmışlardır. Bundan dolayı, nişastanın kurulmasında tekrarlanan disakkarid birimi sellobioz olmayıp maltozdur.

Nişastalar, birbirinden ayrılabilen iki tip bileşiğin karışımıdır. Uzun dallanmamış zincire sahip olan ve bu bakımdan sellüloza benzeyen kısmı amiloz adını alır. Nişastanın amiloz bölümü spiral yapmaya meyilli uzun zincirler şeklinindedir. Amilopektin ise dallanmış zincirli bir polisakkariddir. Dalların ortalama uzunluğu türe göre değişir ve ortalama uzunluk 24-30 glikoz artığı ihtiva eder. Esas zincirin glikozidik bağı a-1,4, fakat dallanma noktalarında a-1,6 bağları vardır.



Nişasta soğuk suda erimez. İyot çözeltisi ile amiloz koyu mavi, amilopektin mavi menekşe renk verir. Nişasta ise iyot ile kompleks renk verir. Nişasta ya sulu mineral asitler veya özel enzimler aracılığı ile hidroliz olurlar. Nişastanın hidroliz ürünleri ve bunlardan herbirinin iyotla verdiği renkler şöyledir : İyot ile reaksiyonda nişasta mavi renk veririrken, amilodekstrin menekşe, eritrodekstrin kırmızı renk verir. Akrodekstrin ie renk vermez.

Nişasta molekülleri başlıca üç çeşit enzim tarafından tam bir hidrolize tabi tutularak D-glikoz moleküllerine parçalanırlar. Bunlardan birincisi alfa-amilaz denilen enzimdir. Alfa-amilaz enzimi hayvanların salya ve pankreas salgısında bulunur. Bu enzim alfa 1à4 bağlarına etki yaparak düz amiloz zincirlerini rastgele parçalar. Ortamda glikoz ve maltoz karışımı meydana gelir. Bitkilerde bulunan Beta-amilaz amilazın indirgeme yeteneği olmayan zincir ucundaki bağlarına etki yaparak maltoz ünitelerinin meydana gelmesine yolaçar. Alfa ve beta-amilazlar amilopektinide etkilerler. Ancak düz zincirleri dallanma noktalarına kadar çözebilirler. Ancak 1à6 bağlarına yakın olan 1à4 bağları ile 1à6 glikorid bağları özel bir enzim tarafından çözülebilirler. Bu enzimin adı “Dallanmayı Bozan Enzim” veya “alfa 1-6 glikozidaz” dır. Nişasta enzimlerin etkisiyle maltoz ve sonuç olarak da glikoz ünitelerine parçalanır.

### **Nişastanın Tükrük (Amilaz) ile Hidrolizi**

a) Bir deney tüpüne 5 ml. kadar nişasta süspansiyonu alınır. Üzerine 1 damla iyot çözeltisi veya dilüe lügel) eklenerek mavi rengin oluşması sağlanır. Daha sonra bu karışım ikinci bir

tüpte toplanmış olan tükürük üzerine eklenip karıştırılır ve 37 santigrat derecelik bir su banyosunda kendi haline bırakılır. Rengin hızla açıldığı gözlenir.

Tükürükteki amilaz etkisiyle nişasta molekülünün parçalanmaya başlaması iyot ile olan bağının çözülmesine ve rengin açılmasına neden olur. Daha ileri derecede bir hidrolizde mavi renk tamamen kaybolur.

b) Yaklaşık 2 ml. tükürük 8 ml. kadar su ile karıştırılır. Bu karışım numaralanmış 4 tübe eşit olarak paylaşılır. Tüplerden herbirine 2 ml. kadar % 0.5'lik nişasta süspansiyonundan eklenir ve çalkalandıktan hemen sonra birinci tüp kaynatılır. Daha sonra tüpler 37 santigrat derecedeki ısıdaki bir su banyosuna bırakılır ve yaklaşık 2 dakika sonra 2. tüpten, 5 dakika sonra 3. tüpten ve 10 dakika sonra 4. tüpten örnekler alarak iyot testi uygulanarak kısmi hidroliz ürünleri olan dekstrinlerin oluşumu izlenir. Bu sürenin sonunda tüplerin her birine Fehling deneyi uygulanarak hidrolizin tamamlanıp tamamlanmadığı kontrol edilir.

Tükürükteki amilaz aktivitesinin bireysel farklılığı, ısının iyi ayarlanamaması gibi nedenlerle deney sürelerinin değişebileceği unutulmamalı ve bu yüzden de herkesin kendi bulgularını dikkate alması ve kaydetmesi daha doğru olacaktır.

**Glikojen**, nişastanın hayvanlardaki karşılığıdır. Hayvansal nişasta da denir. Karaciğerde ve kasta önemli miktarda bulunur. Hidroliz olunca glikoz ünitelerini verir. Glikojen dallanmış zincirli bir polisakkariddir. Amiloz'dan çok amilopektin'e benzer. Hem a-1,4 hem de a-1,6 glikozidik bağ taşır. Glikojende her bir indirgeyici olmayan son gruba karşılık 8-12 glikoz artığı bulunur. Molekül ağırlığı 270.000 ile 100 milyon arasında değişir.

Glikojen hayvan hücresinde nişasta granüllerinden çok daha küçük parçacıklar halinde bulunur. Glikojen su ile kolay karışır ve opalescent eriyikler meydana getirir. Bu eriyikler iyotla menekşe-kırmızı bir renk verirler. Glikojen sıcak alkolde nisbeten stabildir, etil alkol ilave edilmek suretiyle bulunduğu sulu çözüldüden çöktürülebilir.

**Dekstrinler** nişastanın enzim veya asitle hidrolizi sonucu oluşur. Glikoz ünitelerinden kuruludur. Suda erir. Çocukların beslenmesinde kullanılır.

**Dekstran** da bir homopolisakkariddir. Bazı mikroorganizmalar tarafından üretilir. Yapı taşları glikozdur. D-glikoz molekülünün a-1,4-glikozidik bağlarla birleşmişlerdir ve düz zincir bir yapıya sahiptir. Ancak bazı tür dekstranlarda a-1,4 veya a-1,3 bağlarıyla dallar eklenmiştir. Dişlerin yüzeyinde üreyen bakteriler tarafından teşkil edilen dekstranlar diş plak'ların komponenti olarak önem taşırlar.

Kan kayıplarından sonra kanın hacmini artırmak amacıyla hastaya çoğu kez dekstran çözeltisi verilir. Çünkü bunların vizkoziteleri yüksek, ozmotik basınçları düşük, parçalanmaları ve kullanılmaları yavaş, kan dolaşımında kalış süreleri de uzundur. Ayrıca kolon kromatografisi tekniğinde dekstran jeldem geniş oranda faydalanılır.

**Agar-Agar** deniz yosunları tarafından üretilir. D- ve L-Galaktoz ünitelerinden kurulu bir homopolisakkariddir. Üniteler 1-3 glikozidik bağlarla bağlanmıştır. Yapısında bir miktar sülfat da bulunur. Bakteriyolojide kültür vasatlarının hazırlanmasında kullanılır.

**İnülin**'e bitkilerde rastlanır. Fruktozun polimeridir. Fruktoz üniteleri b-2,1 glikozidik bağlarla bağlanmıştır. Bu polimer hücre içerisine giremediği için ekstrasellüler sıvı hacminin ölçülmesinde kullanılır. Ayrıca glomerulustan filtrasyon hızını ölçmek için de inülünden yararlanır.

**Pektinler** D-Galaktronik asit polimeridir. Üniteler a-1,4 glikozidik bağlarla bağlanmıştır.

**Sephadex**, bir polisakkarid türevinin ticari ismidir. Biyokimyasal seperasyon işlemlerinde çok kullanılır.

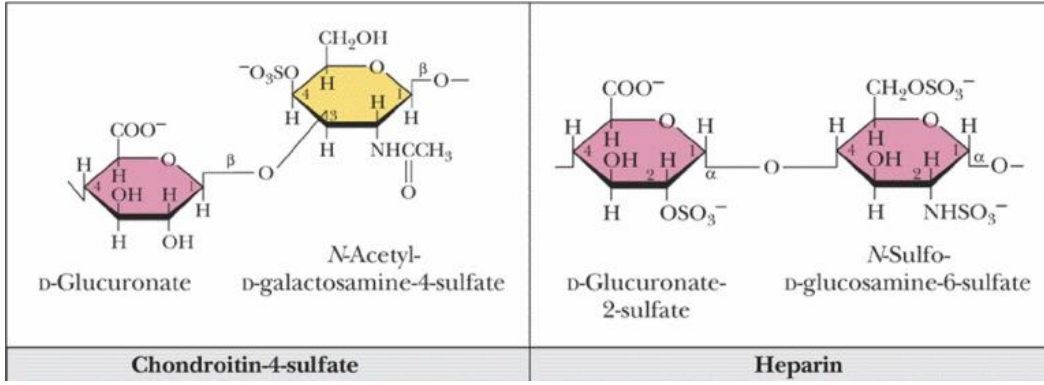
### **Heteropolisakkaridler**

Sadece basit şekerler değil, amino şekerler, üronik asitler gibi bazı türev bileşikler bazı polisakkaridlerin yapı taşlarıdır. Bu polisakkaridlerden ekserisi bağlayıcı dokunun iskelet maddesi veya vücudun mukoz maddesidirler. Bunlara mukopolisakkaridler veya glykosaminoglykan da denir.

Glykosaminoglykan'ların müşterek yapı prensipleri vardır. Glykosaminoglykan'lar disakkarid birimlerinden kurulmuşlardır. Bu disakkaridlerde bulunan üronik asit, asetilleşmiş bir amino şekerin 3 numaralı karbonuna glikozidik bağla bağlanmıştır. Bu disakkarid birimleri 1à4 mevkiinde düz bir makromoleküle bağlanmıştır. Ayrıca sülfürik asit ester şeklinde bağlanmış olabilir. Üronik asitler ve sülfürik asit artıkları dolayısıyla madde kuvvetli asittir. Yaygın D-glukuronik asit yanında L-Iduronik asit bulunur.

**Hyaluronic Asit** bu serinin en basit üyesidir, glukuronik asit ve N-Asetil-glikozaminden kurulmuştur. Hyaluronik asit molekülü muhtemelen dallanmamıştır. Bu asit bağlayıcı dokunun intersellüler maddesinin önemli komponentidir. Synovia sıvısında, gözün cam cisminde ve deride ekseriye proteinle birlikte bulunur. Özellikle göbek kordonundan elde edilir. Hyaluronik asidin hyaluronidase adı verilen enzim tarafından süratle parçalanması fizyolojik bakımdan önemlidir. Hyaluronidase, bağlayıcı dokuda ve deride yayılma faktörü olarak etki gösterir.

**Kondroitin sülfat** hyaluronik asitle birlikte bağlayıcı dokunun kurulmasına katılırlar. Bilhassa kırıkta chondroitin sülfürik asitler bakımından zengindir. Bu grubun kondroitin sülfat A, B ve C olmak üzere tanımlanan üç farklı tipi bulunmaktadır. Kondroitin sülfat C (Kondroitin-6-sülfat) glukuronik asit ve N-asetil-galaktozamin-6-sülfat'tan kurulmuştur. A tipinde, sülfürik asit 4 numaralı karbondaki bulunur. Yani glukuronik asit ve N-asetilgalaktozamin-4-sülfattır. Kondroitin sülfat B'de ise sülfat kondroitin sülfat A'daki gibi 4. Pozisyondadır. Ancak glukuronik asit yerine bunun stereoizomeri olan L-iduronik asit bulunur. Iduronik asit, glukuronik asidin 5-epimeridir.



Involved in a variety of extracellular functions; chondroitin is found in tendons, cartilage and other connective tissues

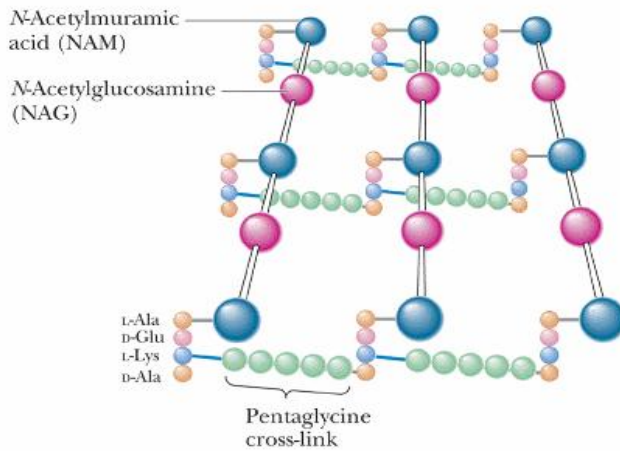
**Keratan sülfat**'ın yapı taşları N-asetil-glikozamin, galaktoz ve sülfattır. Kıkırdağın en önemli unsurudur. Gözün kornea tabakasında ve aorta'da bulunmuştur.

**Dermatan sülfat**, idurik asitle N-asetil-galaktozamin-4-sülfat'ın polimeridir. Deride bulunur.

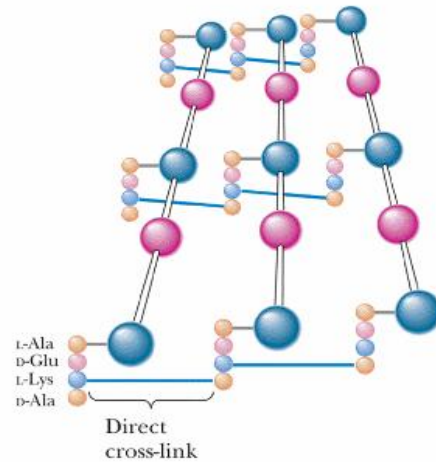
**Heparin**, sulfonlamino-glucose (glucosamin-N-sülfürik asit) ve glukuronik asidin esterinden kurulmuş bir polisakkarid'dir. Bağlanma tarzı daima  $\alpha$ -1 à 4 şeklindedir. Buna göre heparin chondroitin sülfattan farklı bir kuruluşa sahiptir. İhtiva ettiği sülfürik asit miktarı çok yüksektir. Her tetrasakkarid birimi başına 4-5 molekül sülfürik asit bulunur. Sülfat artıklarının yerleri değişebilir. Heparin antikoagülan etki gösterir; fibrinojen üzerine thrombin etkisini önlemek ve prothrombin'in thrombin'e değişmesini önlemek suretiyle kanın pıhtılaşmasını engeller.

**Bakterilerin Hücre Duvarı Yapıları** Bunlar "Mürein'ler" adı verilen, çok büyük molekülü kompleks yapılardır. N-asetil-glikozamin ile N-asetil müramik asit b-(1 à 4) bağ ile bağlanmıştır. Muramin asit, laktik asit ile glikozamin'in 3-O-eteri'dir. Disakkarid birimleri yine b-1 à 4-glikozidik bağla bir polisakkaride bağlanmıştır.

(a) Gram-positive cell wall



(b) Gram-negative cell wall



**Muramin asid** glikozidi hayvanlar aleminde yaygın bir şekilde bulunan Lysozym (=Muramidase) tarafından spesifik olarak parçalanır.

Diğer bir grup hücre duvarı komponenti **Teichon asitlerdir**. Bunlar bir polialkol (gliserin veya ribitol) ve fosforik asitten kurulmuşlardır; fosforik asit diester bağı üzerinden büyük zincir komelükleri teşkil edilirler. Serbest hidroksil gruplarına N-Asetil-glikozamin artıkları (glikozidik) ve D-alanin (ester bağı ile) yerleşmiştir.

**Kan Grubu Maddeleri** Eritrosit duvarlarında bulunur. D-glikozamin veya D-galaktozamin bazan her ikisi, bazı monosakkaridler (D-galaktoz, L-fukoz) ve sialik asit ihtiva ederler.