



**KOLHYDRATER – DEL 1:  
OLIKA TYPER AV KOLHYDRATER  
NIKLAS DAHRÉN**



# Vad är kolhydrater?

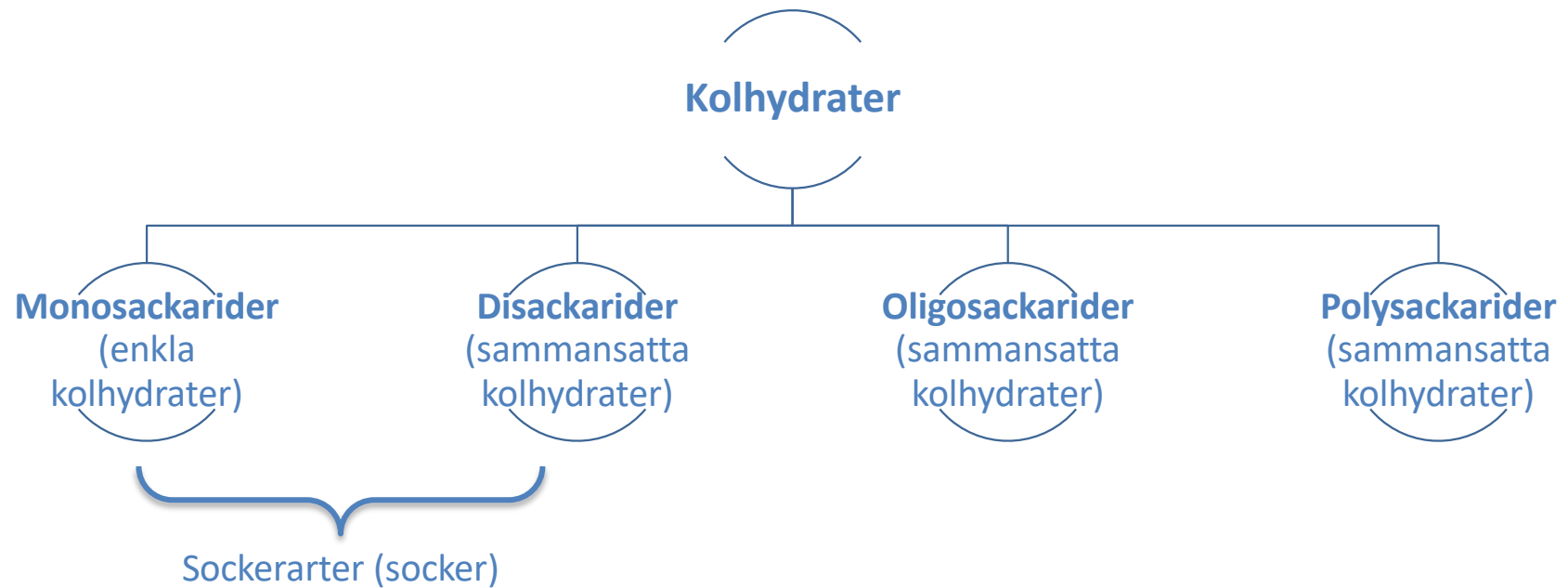
## ✓ Uppbyggnad:

- Kolhydrater är energirika föreningar som är uppbyggda av kol (C), väte (H) och syre (O).
- Namnet kolhydrat kom från kol och vatten (hydro). Det visar att många kolhydrater har den allmänna molekylformeln  $C_m(H_2O)_n$ . Heltalen m och n kan vara lika men behöver inte vara det.
- Kolhydrater har minst två hydroxylgrupper och påminner därför om flervärda alkoholer.
- De enkla kolhydraterna (som också är byggstenar till de sammansatta och mer komplexa kolhydraterna) har en aldehydgrupp eller ketogrupp (när de förekommer i linjär form) och är alltså aldehyder eller ketoner.

- ✓ **Bildas i fotosyntesen:** Växterna och andra fotosyntetiserande organismer som cyanobakterier (blågröna alger)) binder koldioxid och vatten och producerar kolhydrater i en process som kallas fotosyntes. Varje år binds ca 100 miljarder ton koldioxid på detta sätt. Det är den enkla kolhydraten glukos som bildas i fotosyntesen. Glukos kan sedan användas för att bygga mer komplexa kolhydrater och även andra typer av föreningar.

- ✓ **Användningsområden hos växterna:** Växterna använder kolhydraterna som direkt energikälla eller sparar dessa som energilager i form av stärkelse (t.ex. potatisar är lagrade kolhydrater i form av stärkelse). Växterna använder även kolhydraterna som byggnadsmaterial till cellväggarna (i form av cellulosa).

# Olika typer av kolhydrater



Monosackarider och disackarider kallas i dagligt tal ofta för sockerarter eller socker.

# Olika typer av kolhydrater

Typ av kolhydrat:	Enkel eller sammansatt kolhydrat?:	Uppbyggnad:	Exempel:
Monosackarider:	Enkla kolhydrater	Uppbyggda av 3-7 kolatomer men 3, 5 eller 6 är vanligast. De har en aldehyd- eller ketogrupp (när de är i linjär form)	Glukos, galaktos och fruktos
Disackarider:	Sammansatta kolhydrater	Två monosackarider har kopplats ihop med varandra	Maltos, sackaros, laktos, cellobios
Oligosackarider:	Sammansatta kolhydrater	4-10 monosackarider har kopplats ihop med varandra	Fruktooligosackarider (FOS), galakto-oligosackarider (GOS) och inulin
Polysackarider:	Sammansatta kolhydrater	Över 10 monosackarider har kopplats ihop med varandra	Stärkelse (amylos och amylopektin), cellulosa och glykogen

# Olika typer av kolhydrater

**Monosackarider:**  
(glukos, galaktos, fruktos m.fl.)



Glukos  
(druvsocker)

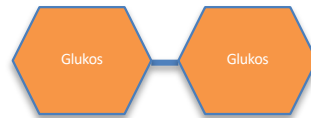


Galaktos

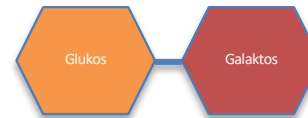


Fruktos  
(fruktsocker)

**Disackarider:**  
(maltos, sackaros, laktos, cellobios m.fl.)



Maltos



Laktos  
(mjölksocker)

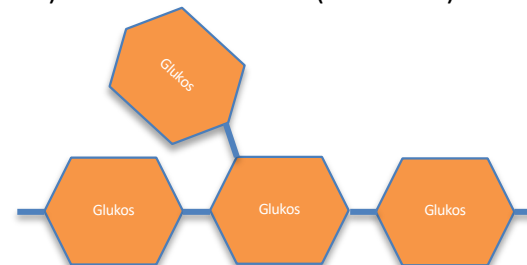


Sackaros (sukros)  
(rörsocker)

**Polysackarider:**  
(amylos, amylopektin, cellulosa, glykogen m.fl.)



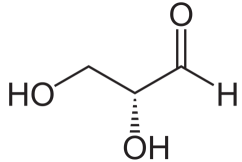
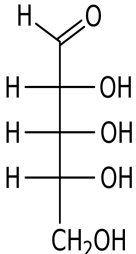
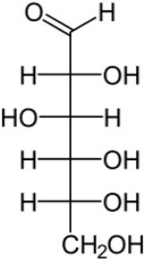
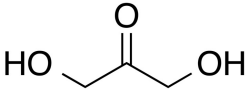
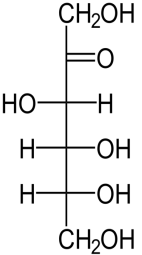
Amylos (ogrenad stärkelse)



Amylopektin (förgrenad stärkelse)

# Monosackarider

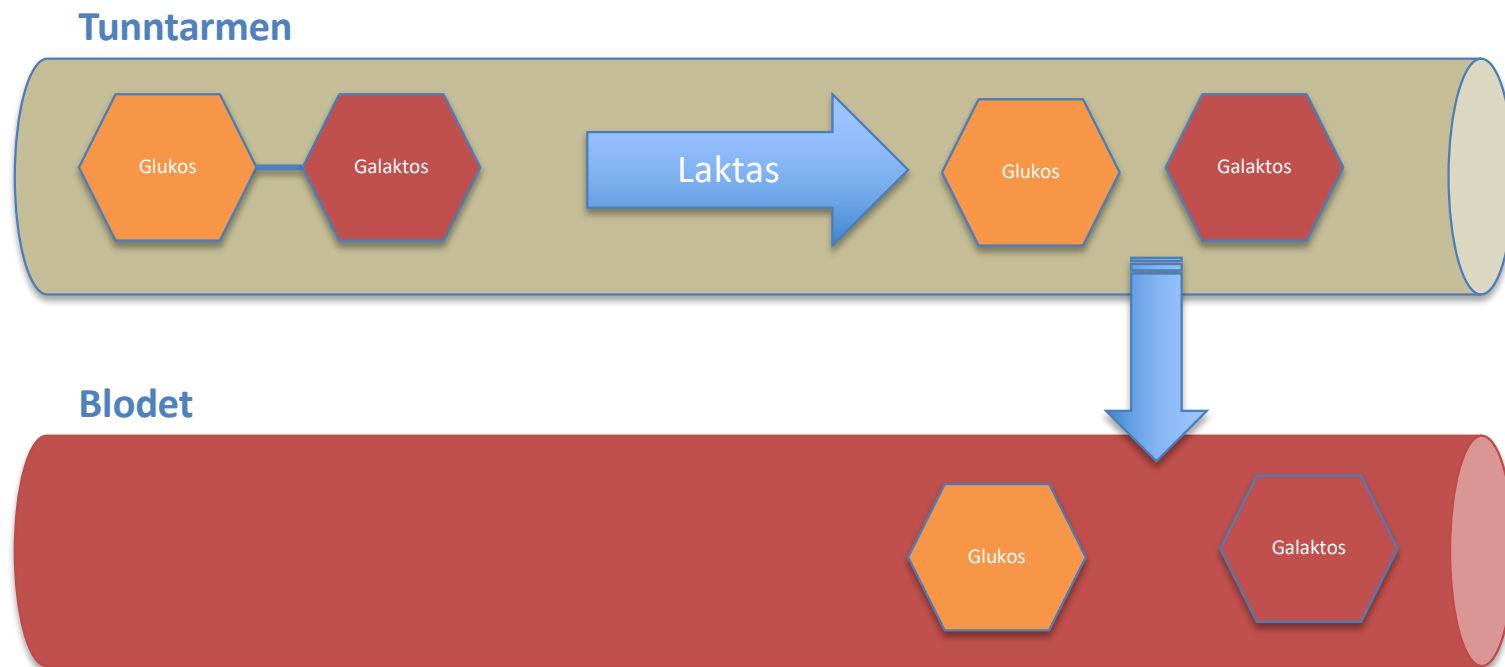
- ✓ **Monosackarider:** Monosackarider är enkla kolhydrater. De kan innehålla 3-7 kolatomer men 3, 5 eller 6 är vanligast. Monosackarider har en aldehyd- eller ketogrupp (när de är i linjär form) och är lösliga i vatten tack vare många hydroxylgrupper.
- ✓ **Exempel på monosackarider:** Glukos, galaktos, fruktos, glycerinaldehyd, ribos, deoxiribos, dihydroxiacetone etc.
- ✓ **Aldoser:** Monosackarider med en aldehydgrupp (i linjär form) kallas för aldoser.
- ✓ **Ketoser:** Monosackarider med en ketogrupp (i linjär form) kallas för ketoser.

	Trioser (3 kolatomer)	Pentoser (5 kolatomer)	Hexoser (6 kolatomer)
Aldoser (Aldehydgrupp när den är i linjär form)	 <p><i>Glyceraldehyd</i></p>	 <p><i>Ribos</i></p>	 <p><i>Glukos</i></p>
Ketoser (Ketogrupp när den är i linjär form)	 <p><i>Dihydroxyacetone</i></p>		 <p><i>Fruktos</i></p>

Källa: Tabellen är egengjord men har utgått från en liknande tabell i boken *Syntes, Kemi 2* av Henriksson, Johansson och Zetterberg.

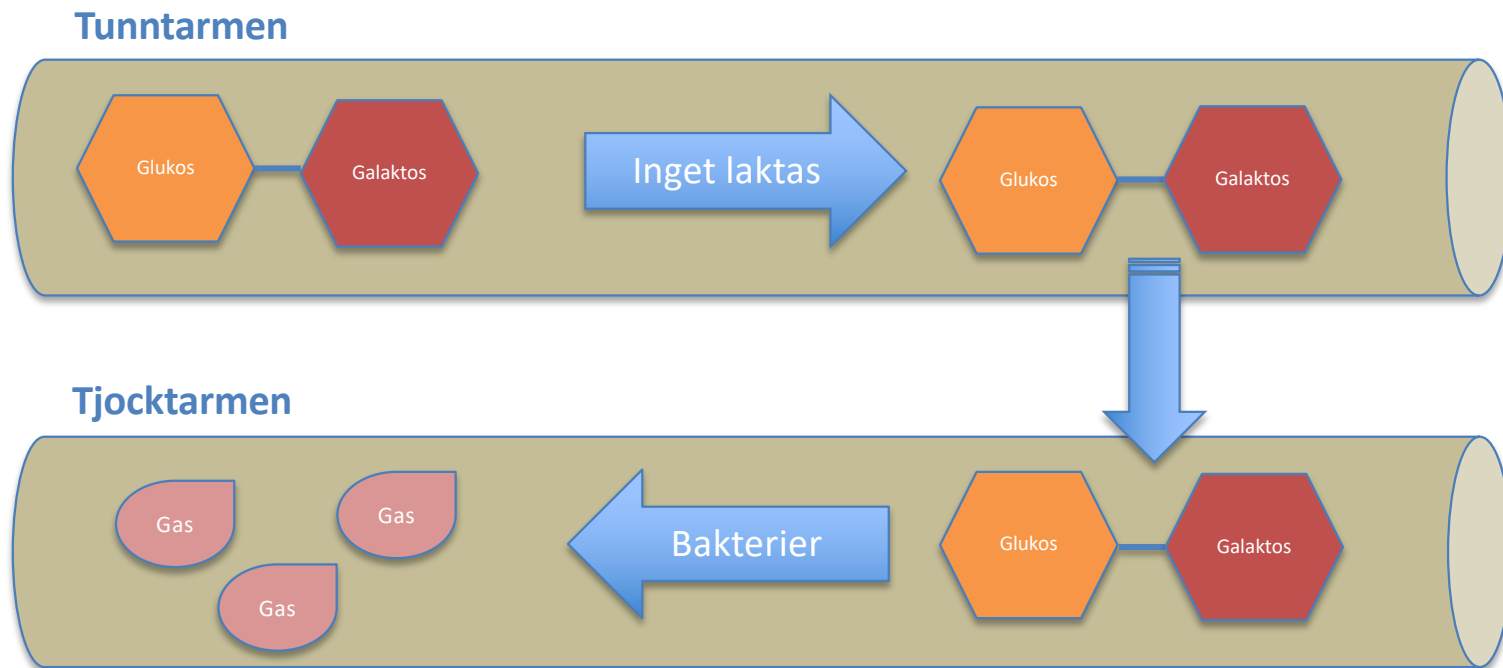
# Spjälkning av monosackariden laktos i tunntarmen

- ✓ Enzymet *laktas* behövs för att kunna spjälka laktos i tunntarmen. Om laktas finns i tunntarmen kommer laktosen spjälkas till glukos resp. galaktos. Dessa monosackarider kommer sedan absorberas till blodet.



# Laktosintolerans

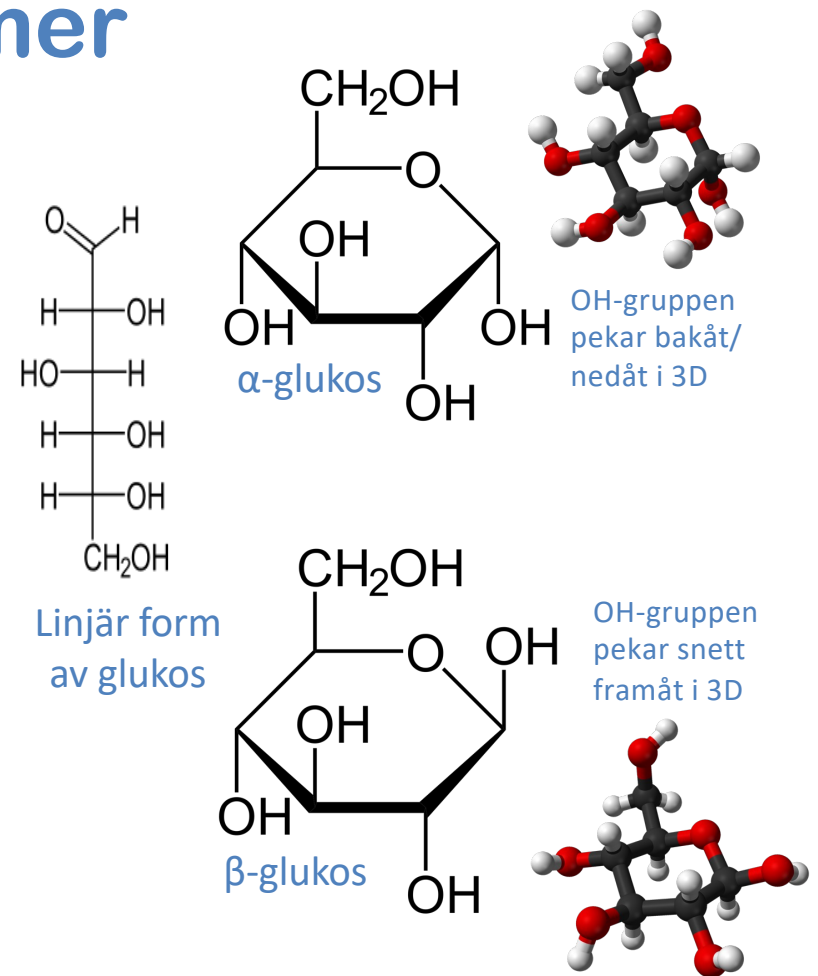
- ✓ Laktosintoleranta saknar enzymet laktas (eller har för lite av det). Om inte laktos kan spjälkas i tunntarmen kommer bakterier i tjocktarmen spjälka laktosen vilket bl.a. leder till att olika gaser bildas, vilket kan orsaka en hel del besvär.





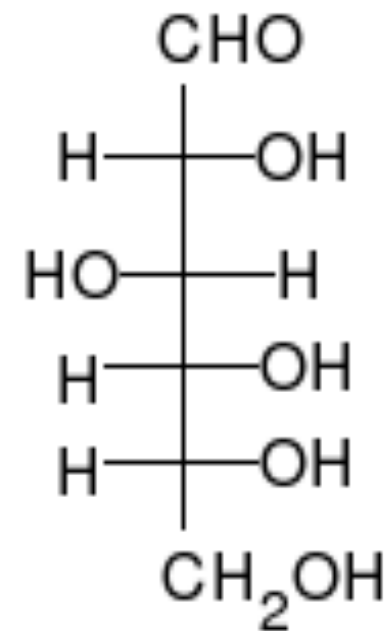
# Glukos kan förekomma i en linjär och två olika cykliska former

- ✓ **Linjär form (ca 0,02 % i vattenlösningar):** Den linjära formen har en aldehydgrupp (vilket de cykliska formerna inte har).
- ✓  **$\alpha$ -glukos (ca 36 % i vattenlösningar):** OH-gruppen på kol 1 pekar i motsatt riktning som  $\text{CH}_2\text{OH}$  om det är  $\alpha$ -glukos. På en tvådimensionell bild ritas man ut att OH-gruppen pekar nedåt på alfa-glukos. I 3D pekar OH-gruppen bakåt i planet.
- ✓  **$\beta$ -glukos (ca 64 % i vattenlösningar):** OH-gruppen på kol 1 pekar i samma riktning som  $\text{CH}_2\text{OH}$  om det är  $\beta$ -glukos. På en tvådimensionell bild ritas man ut att OH-gruppen pekar uppåt på beta-glukos. I 3D pekar OH-gruppen snett framåt i planet.  $\beta$ -glukos är stabilare än  $\alpha$ -glukos och förekommer därför i lite högre grad i vattenlösningar (ca 64 % jämfört med ca 36 %).
- ✓ **Enantiomerer:**  $\alpha$ -glukos och  $\beta$ -glukos är enantiomerer (spegelbildsisomerer). På kolatom nummer 1 pekar OH-gruppen åt olika håll i rymden.



# Monosackarider växlar mellan sina olika former

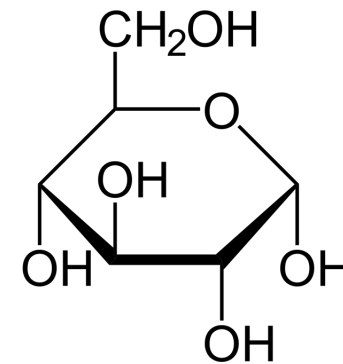
- ✓ **Aldehyd- och ketogruppen är reaktiva:** Aldehydgruppen hos aldoser och ketogruppen hos ketoser är reaktiva p.g.a. ett partiellt positivt laddat kol. Detta kol (kallas för karbonylkolet) kan reagera med en OH-grupp på det femte kolet i monosackariden och då skapas den ringformade/cykliska strukturen.
- ✓ **Reaktionsmekanismen:** Ett fritt elektronpar på syret i OH-gruppen utför en nukleofil attack på den partiellt positivt laddade kolatomen i aldehyd- eller ketogruppen och skapar en bindning.
- ✓ **Två cykliska former kan bildas:** Det kan bildas två cykliska former av glukos. Vilken form det blir beror på vilket håll kol nr. 1 attackeras ifrån.



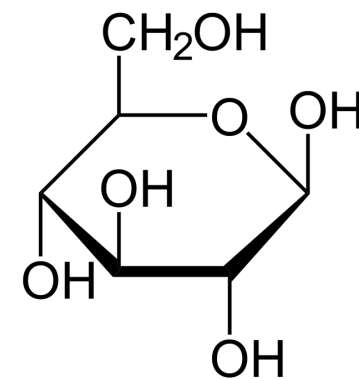
*Glukos växlar mellan sina olika former*

# Di- och polysackariderna är uppbyggda av antingen $\alpha$ -glukos eller $\beta$ -glukos

- ✓ Polysackariderna stärkelse (amylos och amylopektin) och glykogen är uppbyggda av  $\alpha$ -glukos.
- ✓ Polysackariden cellulosa och andra s.k. kostfiber är uppbyggda av  $\beta$ -glukos.
- ✓ Disackariderna maltos och sackaros (sukros) innehåller  $\alpha$ -glukos.
- ✓ Disackariden cellobios är uppbyggd av två  $\beta$ -glukos.
- ✓ Disackariden laktos kan antingen innehålla  $\alpha$ -glukos eller  $\beta$ -glukos.



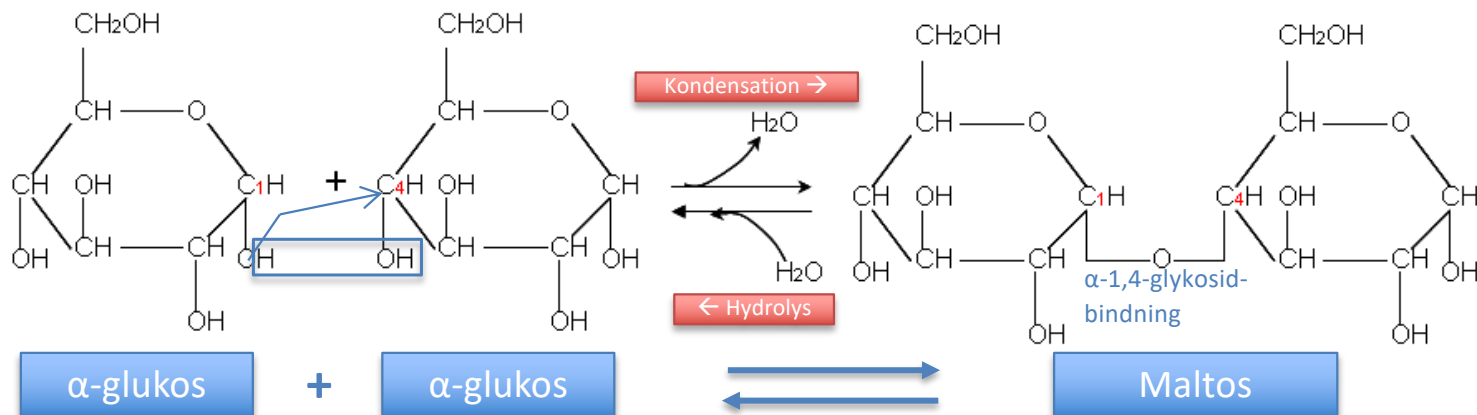
$\alpha$ -glukos



$\beta$ -glukos

# Di- och polysackarider bildas i kondensationsreaktioner

- ✓ **Kondensationsreaktioner:** I en kondensationsreaktion slås två mindre molekyler ihop till en större molekyl samtidigt som en vattenmolekyl bildas. Monosackarider kan med hjälp av kondensationsreaktioner slå sig samman till komplexare kolhydrater. T.ex. kan 2 glukosmolekyler slå sig samman till disackariden maltos genom en kondensationsreaktion. Om fler och fler glukosmolekyler adderas får vi tillslut en polysackarid.
- ✓ **Reaktionsmekanismen:** I kondensationsreaktionen mellan monosackarider reagerar syreatomen från OH-gruppen på kolatom 1, hos den första glukosmolekylen, med kolatom 4 och dess OH-grupp, hos den andra glukosmolekylen. Syret gör en s.k. nukleofil attack på kolet (två fria elektroner hos syreatomen attraheras av kolatomen som är partiellt positivt laddad), det skapas en bindning mellan syret och kolet och i reaktionen lossnar 2 väteatomer och 1 syreatom och bildar 1 vattenmolekyl.

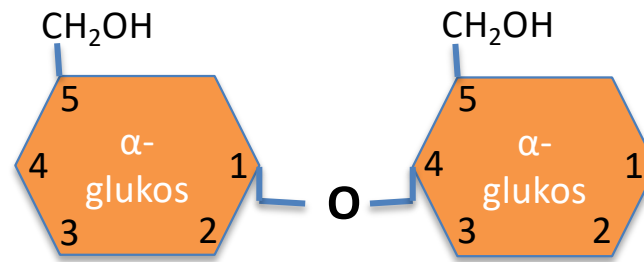
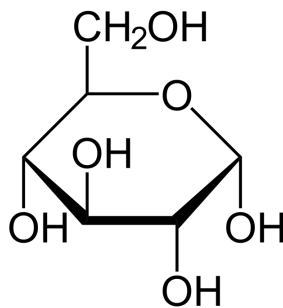


# Två huvudtyper av bindningar förekommer mellan glukosmolekyler

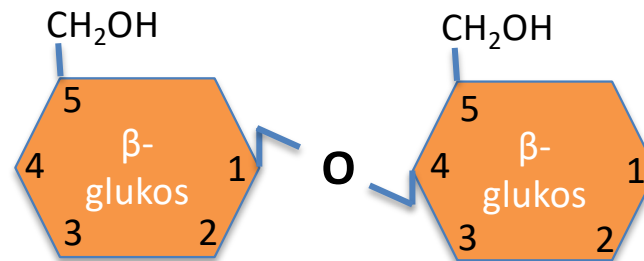
## $\alpha$ -glykosidbindning:

Om 2  $\alpha$ -glukos reagerar med varandra bildas en  $\alpha$ -glykosidbindning. Om bindningen sitter mellan kol nr. 1 (på den ena glukosmolekylen) och kol nr. 4 (på den andra glukosmolekylen) kallas bindningen för en " $\alpha$ -1,4-glykosidbindning".

$\alpha$ -glukos



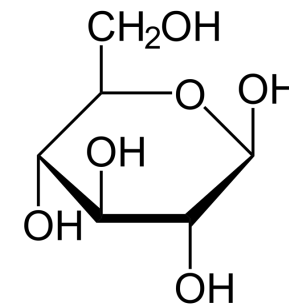
$\alpha$ -1,4-glykosidbindning



$\beta$ -1,4-glykosidbindning

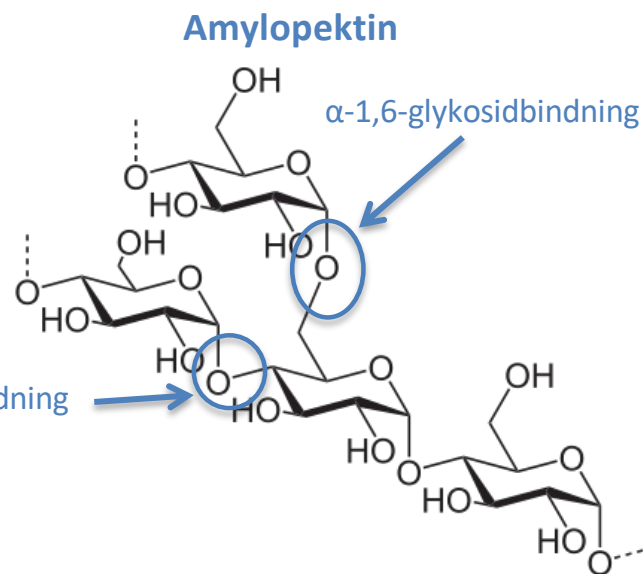
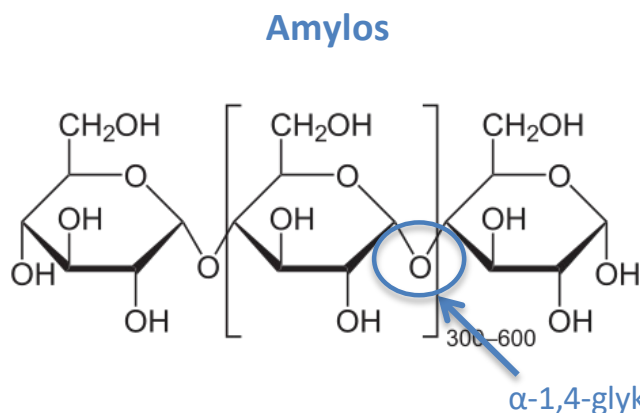
## $\beta$ -glykosidbindning:

Om två  $\beta$ -glukos reagerar med varandra bildas en  $\beta$ -glykosidbindning. Om bindningen sitter mellan kol nr. 1 (på den ena glukosmolekylen) och kol nr. 4 (på den andra glukosmolekylen) kallas bindningen för en " $\beta$ -1,4-glykosidbindning".



$\beta$ -glukos

## 2 typer av polysackarider kallas för stärkelse



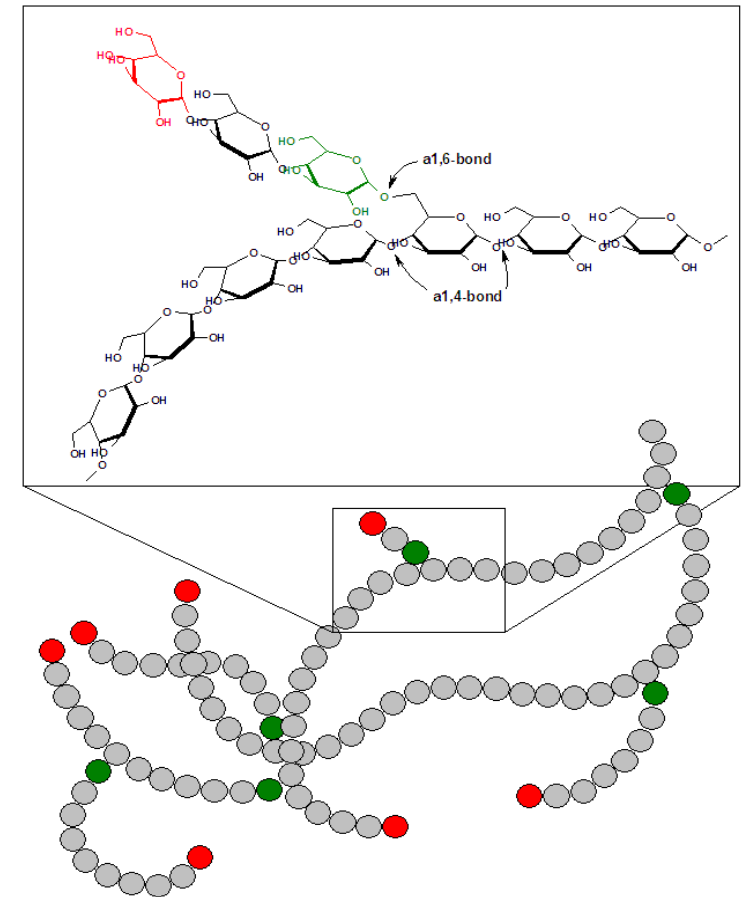
**OBS:** Båda stärkelsesorterna har en helixstruktur (spiralform) vilket inte framgår av bilderna.  $\alpha$ -bindningarna möjliggör en sådan struktur.

- ✓ **Stärkelse:** Stärkelse består av långa kedjor av  $\alpha$ -glukosmolekyler. Det finns två huvudsakliga former av stärkelse, amylos och amylopektin. Stärkelse är den viktigaste energireserven för växter och förekommer främst i form av små partiklar eller korn i växternas frön, rötter och stammar.
- ✓ **Amylos:** Amylos är en stärkelsesort som utgörs av en lång ogrenad kedja av  $\alpha$ -glukos bundna via  $\alpha$ -1,4-glykosidbindningar. Amylos ansvarar främst för de gelbildande egenskaperna hos stärkelse.

- ✓ **Amylopektin:** Amylopektin är en stärkelsesort som består av en lång förgrenad kedja med  $\alpha$ -glukos bundna via  $\alpha$ -1,4-glykosidbindningar och  $\alpha$ -1,6-glykosidbindningar.  $\alpha$ -1,6-glykosidbindningarna är vid förgreningarna (ungefär vid var 20-30:e glukos). Amylopektin utgör den största andelen stärkelse i de flesta livsmedel.

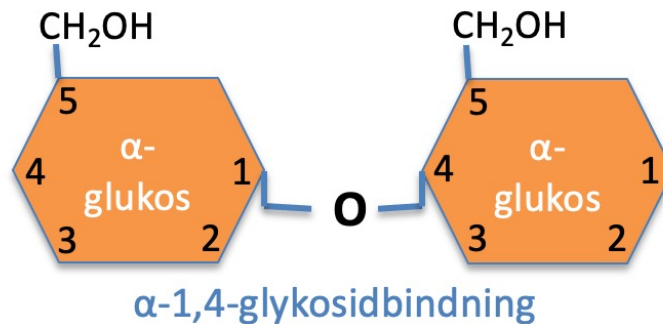
# Polysackariden glykogen

- ✓ **Uppbyggnad:** Glykogen liknar de båda stärkelsesorterna *amylos* och *amylopektin* eftersom glykogen också är uppbyggd av  $\alpha$ -glukos och har  $\alpha$ -1,4-glykosidbindningar. Således kan även glykogen spjälkas av oss människor.
- ✓ **Kraftigt förgrenad:** Glykogen är dock mer förgrenat jämfört med de båda stärkelsesorterna. Glykogen har en förgrening vid ungefär var 8-12:e glukos (amylopektin vid ungefär var 20-30:e glukos medan amylos saknar förgreningar).
- ✓ **Funktion:** Djur lagrar kolhydrater i form av glykogen. Glykogen lagras framförallt i muskelceller och i levern. Vid behov spjälkas glykogen till glukos. Vid lågt blodsocker (hypoglykemi) spjälkar levern, under påverkan av hormonet glukagon, glykogen till  $\alpha$ -glukos som sedan utsöndras till blodet för att höja blodsockret. Vid fysiskt arbete spjälkar musklerna lagrat glykogen till  $\alpha$ -glukos som sedan används som energikälla i cellerna. Inför en fysisk prestation är det bra att äta mycket kolhydrater för att öka sina glykogenförråd i muskler och i levern.

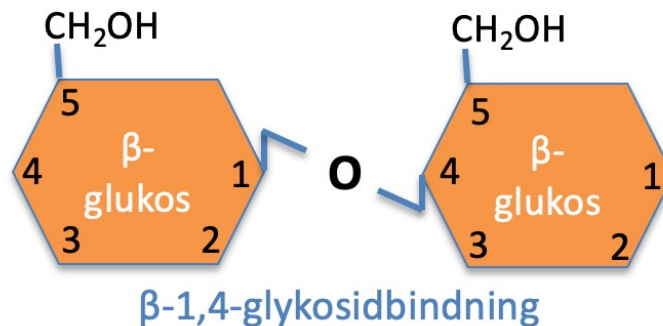


# Människor kan enbart spjälka kolhydrater som har $\alpha$ -bindningar

- ✓ **Amylas kan enbart spjälka  $\alpha$ -bindningar:** Det kolhydrat-spjälkande enzymet amylos som utsöndras från bukspottkörteln och från spottkörtlarna hos oss människor, kan enbart spjälka kolhydrater som innehåller  $\alpha$ -glukos och därmed  $\alpha$ -bindningar (obs. laktos innehållande  $\beta$ -glukos kan spjälkas av enzymet laktas).



- ✓ **Idisslare och termiter kan spjälka  $\beta$ -bindningar:** Idisslare och termiter kan däremot spjälka  $\beta$ -bindningar eftersom de har bakterier i mag-/tarmkanalen som producerar enzymet cellulas. Dessa djur kan därför äta cellulosa (t.ex. gräs) och använda det som en energikälla.





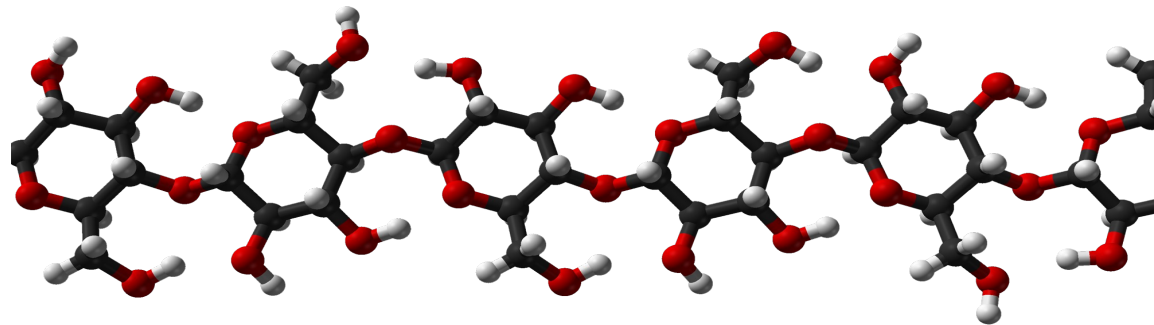
# Kostfiber

- ✓ **Vad är kostfiber?:** Kostfibrer är ett samlingsnamn på olika former av icke-nedbrytbara kolhydrater som finns i växter. Alla kolhydrater som innehåller  $\beta$ -glykosidbindningar är kostfiber eftersom vi inte kan bryta ned dessa i våra tarmar.
- ✓ **Exempel på kostfiber:**
  - **Cellulosa:** Cellulosa är den vanligaste formen av kostfiber och finns i väggarna hos växtceller. Den är olöslig i vatten och bidrar till att ge struktur och stadga åt växter.
  - **Pektin:** Pektin är en form av löslig fiber som finns i många frukter och bär, särskilt äpplen och citrusfrukter.
  - **Betaglukaner:** Betaglukaner är en annan form av löslig fiber som finns i havre, korn och vissa svampar.
- ✓ **Fördelen med kostfiber:**
  - Bättre blodsockerkontroll (kostfibrerna höjer inte vårt blodsocker och gör även att övriga kolhydrater tas upp långsammare).
  - Ger mättnadskänsla och inget energiintag vilket minskar risken för övervikt.
  - Bra för tarmarnas rörelse och därmed tarmhälsan vilket minskar risken för bl.a. tjocktarmscancer.
  - Främjar tillväxten av goda bakterier i tarmen.
  - Sänker kolesterolvärdet vilket minskar risken för hjärt-kärlsjukdomar.

# Polysackariden cellulosa

- ✓ **Uppbyggnad:** Cellulosa är en lång ogrenad kedja av  $\beta$ -glukosmolekyler som är sammankopplade med beta-1,4-glykosidbindningar. Cellulosa har en rak och linjär struktur istället för en spiralform som hos amylos och amylopektin.
- ✓ **Räknas som kostfiber:** Cellulosa är en kolhydrat som människokroppen inte kan bryta ned på grund av att vi saknar de nödvändiga enzymerna för att bryta  $\beta$ -1,4-glykosidbindningarna. Därför betraktas cellulosa som en kostfiber.
- ✓ **Funktion:** Cellulosa bygger upp växternas cellväggar. Den linjära och raka strukturen av glukosmolekylerna i cellulosa tillåter att många cellulosasträngar bildar parallella fibriller som sedan staplas sida vid sida för att skapa en stark och motståndskraftig struktur.

Cellulosa är en lång ogrenad kedja av  $\beta$ -glukosmolekyler sammankopplade med  $\beta$ -1,4-glykosidbindningar.



# Jämförelse mellan de vanligaste polysackariderna

	Amylos:	Amylopektin:	Glykogen:	Cellulosa:
Uppbyggd av:	$\alpha$ -glukos	$\alpha$ -glukos	$\alpha$ -glukos	$\beta$ -glukos
Bindningar:	$\alpha$ -1,4-glykosidbindningar	$\alpha$ -1,4- och $\alpha$ -1,6-glykosidbindningar	$\alpha$ -1,4- och $\alpha$ -1,6-glykosidbindningar	$\beta$ -1,4-glykosidbindningar
Förgreningar:	Nej	Ja, vid ungefär var 20-30:e glukos	Ja, vid ungefär var 8-12:e glukos	Nej
Funktion:	Lagrad energi hos växter	Lagrad energi hos växter	Lagrad energi hos djur (i framförallt muskelceller och i levern)	Bygger upp cellväggen hos växter

# Kolhydraternas funktioner i kroppen

- ✓ **Energikälla i cellerna:** Kolhydrater är den främsta källan till energi för kroppen. När vi äter kolhydrater bryts de ned till glukos, som används av cellerna som bränsle för att utföra sina funktioner.
- ✓ **Hjärnans favoritbränsle:** Glukos är också hjärnans primära bränsle. Hjärnceller kräver en konstant tillförsel av glukos för att fungera korrekt, och kolhydrater är den främsta källan till denna glukosförsörjning. Hjärnan kan nämligen inte använda sig av fett och proteiner som energikälla, vilket andra celler kan göra.
- ✓ **Energilagring:** Överskott av glukos från kolhydrater kan lagras i levern och i musklerna i form av glykogen för att användas som energireserv vid behov. Om blodsockret sjunker och hjärnan börjar få slut på glukos så kommer levern kunna utsöndra glukos i blodet så att blodsockret höjs och hjärnan åter får tillgång till glukos.
- ✓ **Cellstruktur och signalering:** Vissa kolhydrater bidrar till cellernas struktur och stabilitet. Dessutom fungerar vissa kolhydrater som signalämnen och deltar i cellulär kommunikation mellan olika celler.
- ✓ **Viktiga för immunförsvaret:** Kolhydrater är nödvändiga för att immunsystemet ska fungera korrekt. Många proteiner som är involverade i immunförsvaret, såsom antikroppar och cytokiner, innehåller kolhydratkedjor.

# Kolhydrater är inte essentiella

- ✓ Kolhydrater är inte essentiella i strikt mening, till skillnad från exempelvis proteiner och vissa fettsyror som kroppen inte kan producera själv och därför måste tillföras via kosten.
- ✓ Kroppen kan faktiskt syntetisera glukos, den enklaste formen av kolhydrat, från andra källor som aminosyror, laktat och glycerol. Denna process kallas *glukoneogenes* och sker främst i levern och i mindre utsträckning i njurarna.
- ✓ Även om kolhydrater inte är "essentiella" i den meningen att de är nödvändiga för överlevnad, är de fortfarande en viktig del av en balanserad kost och kan ha flera hälsofördelar när de konsumeras i lämpliga mängder och från näringsrika källor.

*Aminosyror (alanin), glycerol, laktat*



Glukoneogenesen (i levern)

*Glukos*

# Varför bör man ändå äta kolhydrater även om de inte är essentiella?

- 1. Viktig energikälla:** Kolhydrater är kroppens främsta källa till snabbt tillgänglig energi vilket är viktigt om du vill kunna prestera inom idrott eller utföra andra tunga arbeten. Kolhydrater är dock inte livsnödvändiga eftersom glukos kan bildas även från andra ämnen i kroppen (från glycerol, laktat och aminosyror). Men om du inte äter kolhydrater så kommer nivåerna av glukos i blod, muskler och lever inte bli lika höga jämfört med om du äter kolhydrater.
- 2. En bra källa till vitaminer, mineraler och andra nyttiga ämnen:** Många livsmedel som innehåller relativt mycket kolhydrater innehåller även mycket vitaminer, mineraler och andra nyttiga ämnen som olika fytokemikalier, antioxidanter m.m. Exempel på sådana livsmedel är frukt, grönsaker, fullkornsprodukter och baljväxter.
- 3. En bra källa till kostfiber:** Kostfiber är en typ av kolhydrat som inte kan brytas ned av kroppen. Kostfiber bidrar dock till att främja matsmältningen, reglera tarmrörelserna, främja tillväxten av goda bakterier i tarmen, sänka kolesterolvärdet och förbättra blodsockerkontrollen. Allt detta tillsammans minskar risken för vissa sjukdomar som hjärt- och kärlsjukdomar, typ 2-diabetes och vissa former av cancer.
- 4. Ger en bra balans mellan olika näringsämnen:** Kolhydrater är inte livsnödvändiga men äter vi inga livsmedel med kolhydrater i så är risken stor att vi istället får i oss alldeles för mycket fett och protein. En lagom mängd kolhydrater ger en bättre balans mellan näringsämnen. Om du dessutom idrottar bör du äta en större andel kolhydrater.



**Se gärna fler filmer på:**  
[kemilektioner.se](http://kemilektioner.se)  
[youtube.com/kemilektioner](https://youtube.com/kemilektioner)