

Olika kolhydrater och deras påverkan på blodsockret

Niklas Dahrén

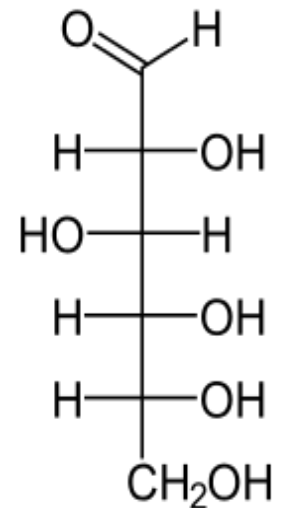


Blodsocker= glukos

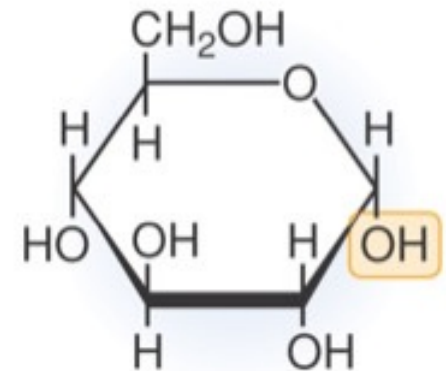
- ✓ **Vårt blodsocker utgörs** nästan enbart av sockerarten glukos. Det beror framförallt på att de komplexa kolhydrater vi äter (framförallt stärkelse) är uppbyggda av enbart glukos. Levern kan även omvandla andra kolhydrater till glukos och sedan utsöndra det till blodet .
- ✓ **Glukos (druvsocker, dextros)** är en enkel sockerart (monosackarid) med formeln; " $C_6H_7O(OH)_5$ " eller " $C_6H_{12}O_6$ ".
- ✓ **Glukos är en av de viktigaste kolhydraterna** och används som energikälla av både djur och växter.
- ✓ **Glukos bildas ursprungligen** av växterna i fotosyntesen.

Glukos kan förekomma i tre olika former

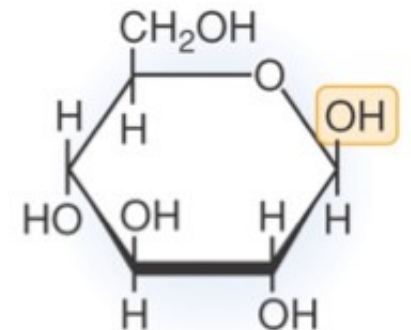
- ✓ **Glukos kan förekomma** i en linjär form och i två cykliska former (α -glukos och β -glukos).
- ✓ **α -glukos:** OH-gruppen på kol 1 är på motsatt sida som CH_2OH .
- ✓ **β -glukos:** OH-gruppen på kol 1 är på samma sida som CH_2OH .



Linjärt glukos



α -glukos



β -glukos

Kolhydrater delas in i mono-, di-, och polysackarider

Monosackarider:

- Glukos
- Galaktos
- Fruktos
- Etc.



Glukos
(druvsocker)



Galaktos



Fruktos
(fruktsocker)

Disackarider:

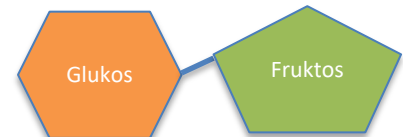
- Maltos
- Sackaros
- Laktos
- Cellobios
- Etc.



Maltos



Laktos
(mjölksocker)



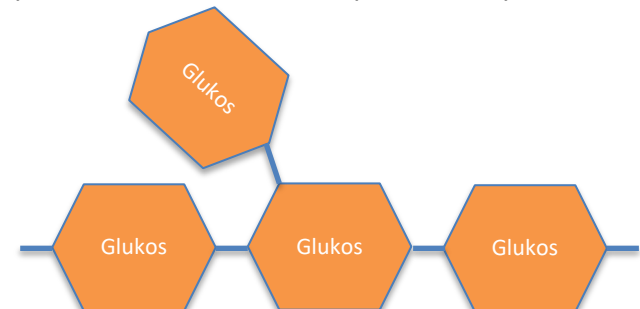
Sackaros (sukros)
(rörsocker)

Polysackarider:

- Amylos
- Amylopektin
- Cellulosa
- Glykogen
- Etc.



Amylos (ogrenad stärkelse)



Amylopektin (förgrenad stärkelse)

Spjälkning av laktos

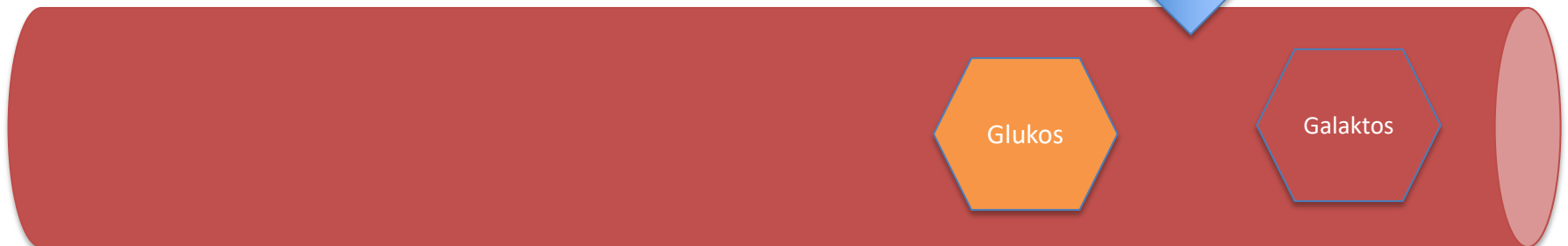
- ✓ Enzymet laktas behövs för att kunna spjälka laktos i tunntarmen.

Om laktas finns i tunntarmen kommer laktosen spjälkas till glukos resp. galaktos. Dessa monosackarider kommer sedan absorberas till blodet.

Tunntarmen



Blodet



Laktosintolerans

- ✓ **Laktosintoleranta saknar** enzymet "laktas" (eller har för lite av det).

Om inte laktos kan spjälkas i tunntarmen kommer bakterier ta hand om om laktosen i tjocktarmen vilket leder till att olika gaser bildas, vilket kan orsaka en hel del besvär.

Tunntarmen

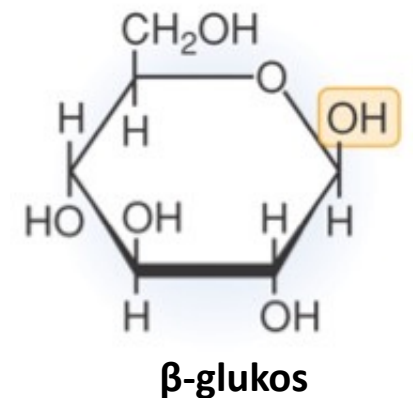
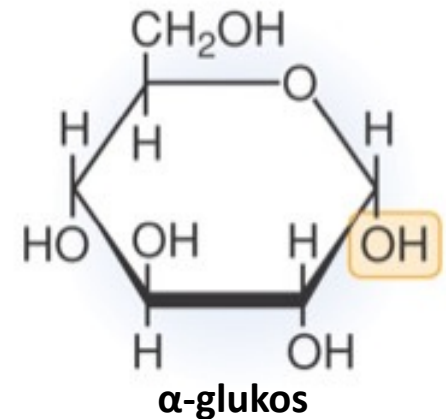


Tjocktarmen



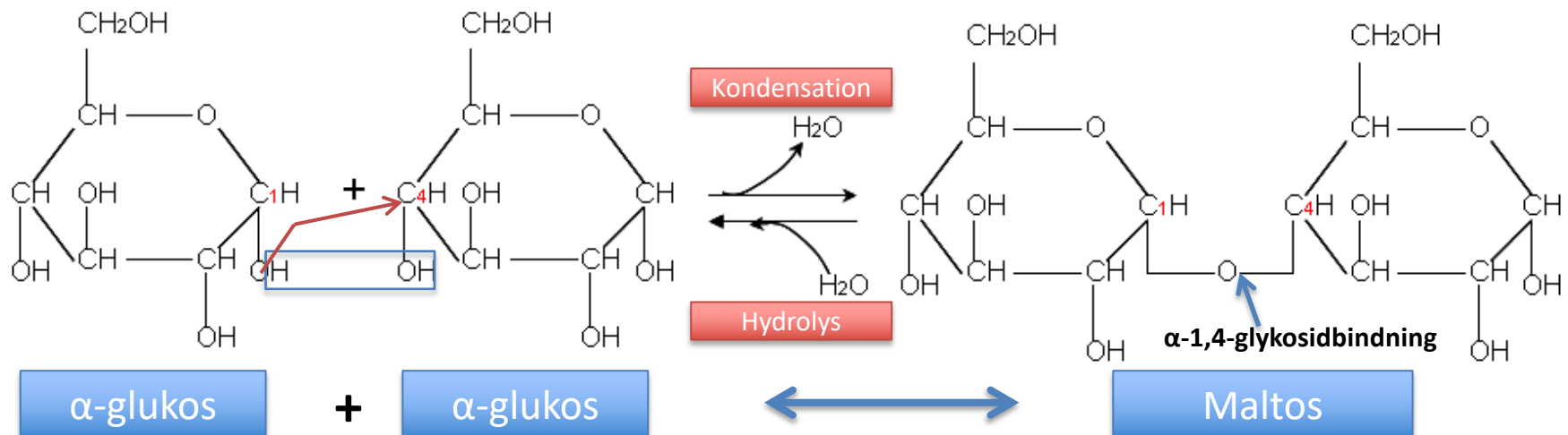
Di- och polysackariderna är uppbyggda av antingen alfa-glukos eller beta-glukos

- ✓ **Polysackariderna stärkelse (amylos och amylopektin) och glykogen** är uppbyggda av α -glukos.
- ✓ **Polysackariden cellulosa** och andra kostfiber är uppbyggda av β -glukos.
- ✓ **Disackariderna maltos och sackaros (sukros)** innehåller α -glukos.
- ✓ **Disackariden cellobios** är uppbyggd av två β -glukos.
- ✓ **Disackariden laktos** kan antingen innehålla α -glukos eller β -glukos.



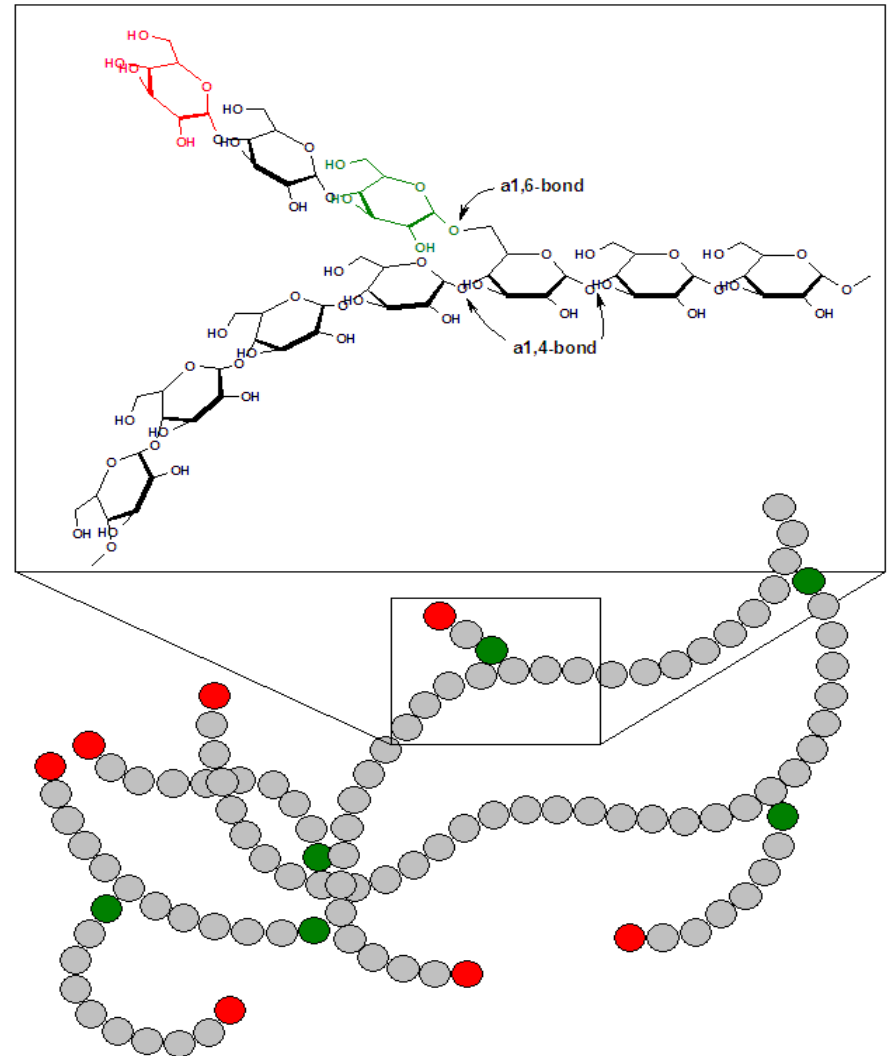
Di- och polysackarider bildas i kondensationsreaktioner

- ✓ **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.
- ✓ **I kondensationsreaktionen 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 lite positivt laddad), det skapas en bindning mellan syret och kolet och i reaktionen lossnar 2 väteatomer och 1 syreatom och bildar 1 vattenmolekyl (därför namnet "kondensationsreaktion").

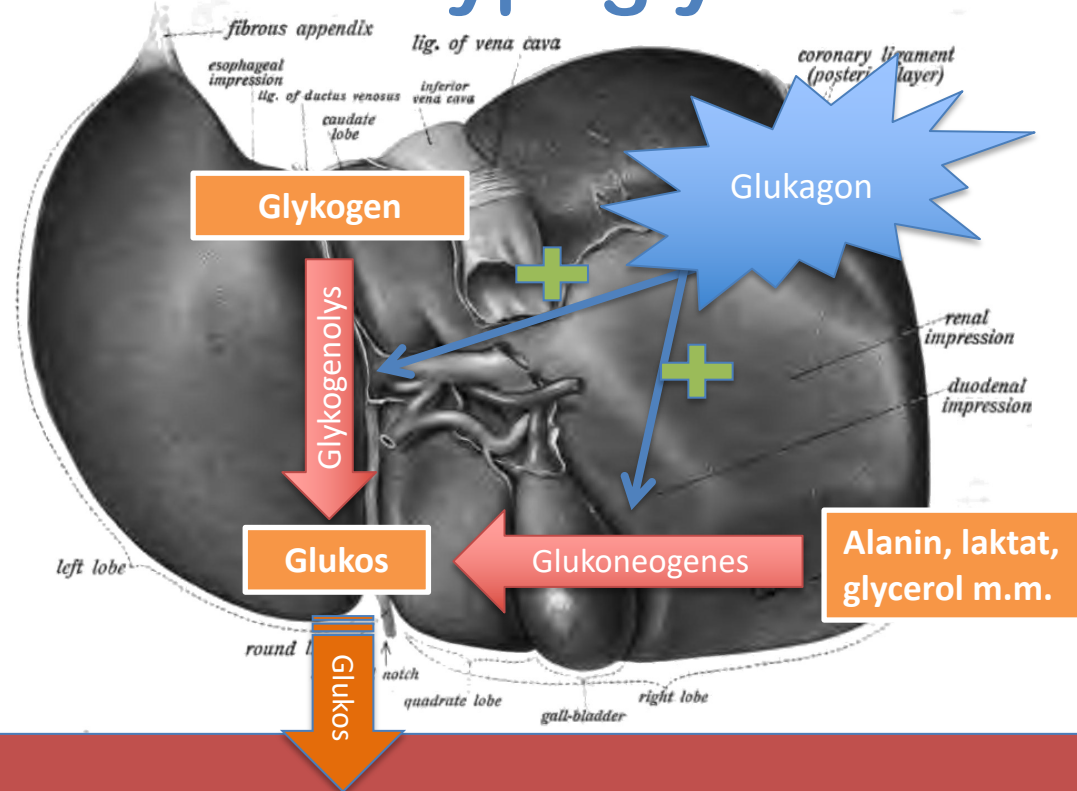


Glykogen är en kraftigt förgrenad polysackarid uppbyggd av alfa-glukos

- ✓ **Glykogen liknar** de båda stärkelsesorterna "amylos" och "amylopektin" eftersom de också är uppbyggda av α -glukos och således kan spjälkas av oss människor.
- ✓ **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).
- ✓ **Glykogen lagras** framförallt i musklerna och i levern.
- ✓ **Vid hypoglykemi spjälkar** levern, under påverkan av glukagon, glykogen till α -glukos som sedan utsöndras till blodet för att höja blodsockret.

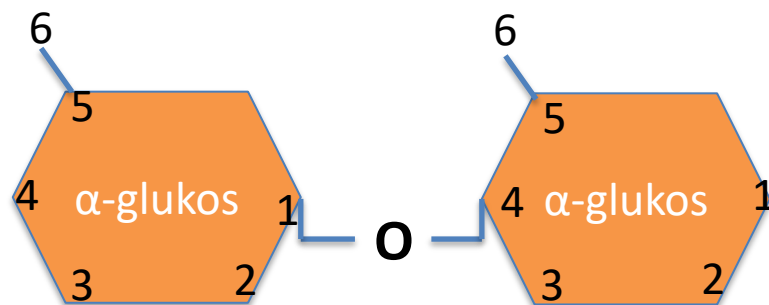


Glykogen lagras i levern och utsöndras till blodet vid hypoglykemi



- ✓ **Hormonet glukagon som bildas i bukspottkörteln (pankreas) stimulerar glykogenolysen** i levern vilket innebär att lagrat glykogen (komplex kolhydrat bestående av långa förgrenade glukoskedjor) spjälkas till glukos som sedan utsöndras till blodet. Glukagon stimulerar även glukoneogenesen i levern vilket innebär att glukos nybildas från andra ämnen (t.ex. från aminosyran alanin) och sedan utsöndras till blodet.

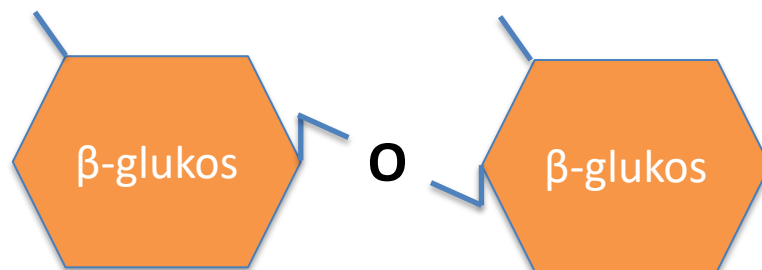
Två huvudtyper av bindningar förekommer mellan glukosmolekyler



α-1,4-glykosidbindning

β-glykosidbindning:

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



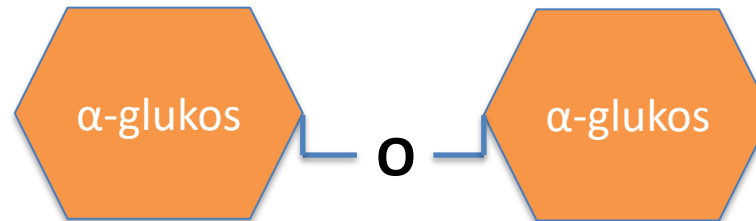
β-1,4-glykosidbindning

α-glykosidbindning:

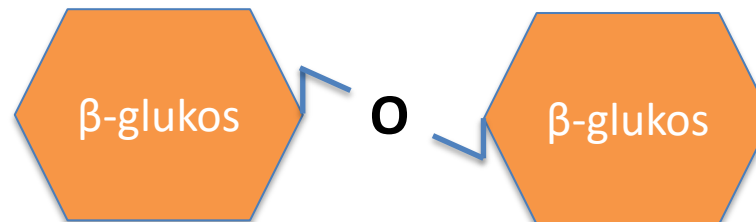
Om 2 α-glukos reagerar med varandra bildas en α-glykosidbindning. I bindningsnamnet anges även mellan vilka kolatomer bindningen sitter. Om bindningen sitter mellan kol nr. 1 (på den ena glukosmolekylen) och kol nr. 4 (på den andra glukosmolekylen) kallas bindningen för en "α-1,4-glykosidbindning".

Människor kan enbart spjälka kolhydrater med alfa-bindningar

- ✓ **Det kolhydrat-spjälkande** enzymet "amylas", som utsöndras från bukspottkörteln och från spottkörtlarna hos oss människor, kan enbart spjälka kolhydrater som innehåller α -glukos och därmed α -bindningar (obs. laktos innehållande β -glukos kan spjälkas av enzymet laktas).



α -1,4-glykosidbindning

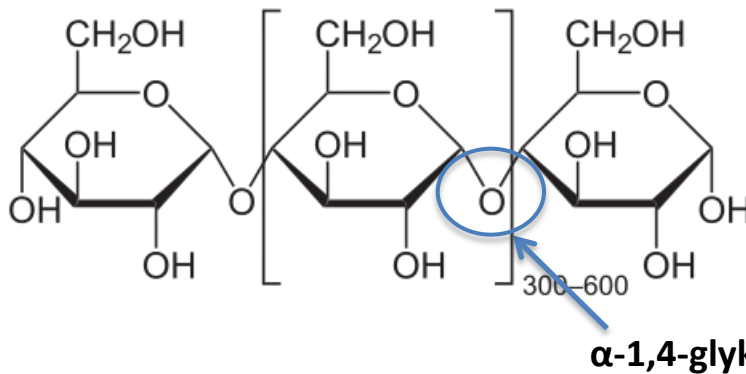


β -1,4-glykosidbindning

- ✓ **Idisslare och termiter** kan däremot spjälka β -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.
- ✓ **Fördelen med detta för oss människor** är att mat som innehåller mycket kostfibrer (t.ex. cellulosa) inte höjer vårt blodsocker!

Det finns 2 typer av stärkelse

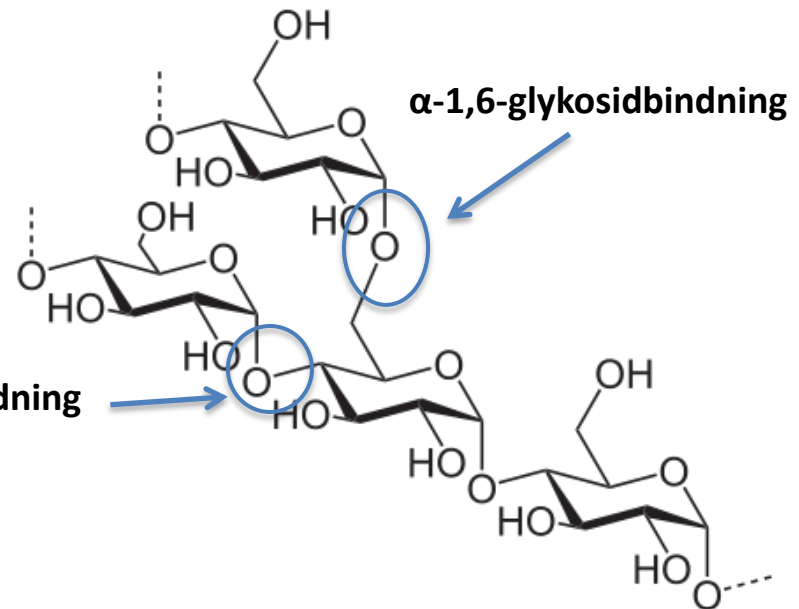
Amylos



- ✓ **Amylos är en stärkelsesort** som utgörs av en lång ogrenad kedja av α-glukos bundna via α-1,4-glykosidbindningar.

Obs. Båda stärkelsesorterna har en helixstruktur (spiralform) vilket inte framgår av bilderna. α-bindningarna möjliggör en sådan struktur. Cellulosa med β-bindningar har däremot en rak struktur.

Amylopektin



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

Jämförelse mellan de vanligaste polysackariderna

	Amylos:	Amylopektin:	Glykogen:	Cellulosa:
Uppbyggd av:	α -glukos	α -glukos	α -glukos	β -glukos
Bindningar:	α -1,4-glykosidbindningar	α -1,4- och α -1,6-glykosidbindningar	α -1,4- och α -1,6-glykosidbindningar	β -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	Bygger upp cellväggen hos växter

Glykemiskt index

- ✓ **Ett livsmedels glykemiska index (GI)** är ett mått på hur mycket livsmedlet påverkar blodsockret under 2 h efter intaget. Enbart livsmedel som innehåller kolhydrater kan ha ett GI-värde.
- ✓ **Det var David J. Jenkins** vid "the University of Toronto" och hans kollegor som under åren 1980-1981 utvecklade det här konceptet för att hjälpa diabetespatienter att välja rätt mat.
- ✓ **Mat med lägre GI ger** (med vissa undantag) ett lägre blodsocker och ett mindre behov av insulin och kan därför underlätta blodsockerkontrollen för personer med diabetes.

Livsmedel:	GI-värde:
Potatismos, pulver	90
Potatis (färskpotatis, kokad med skal)	62
Cornflakes	80
Vitt bröd	69
Yoghurt	36
Tacoskal	68
Äpple	36
Baljväxter	32
Havregrynsgröt	61
Läsk, Fanta	68

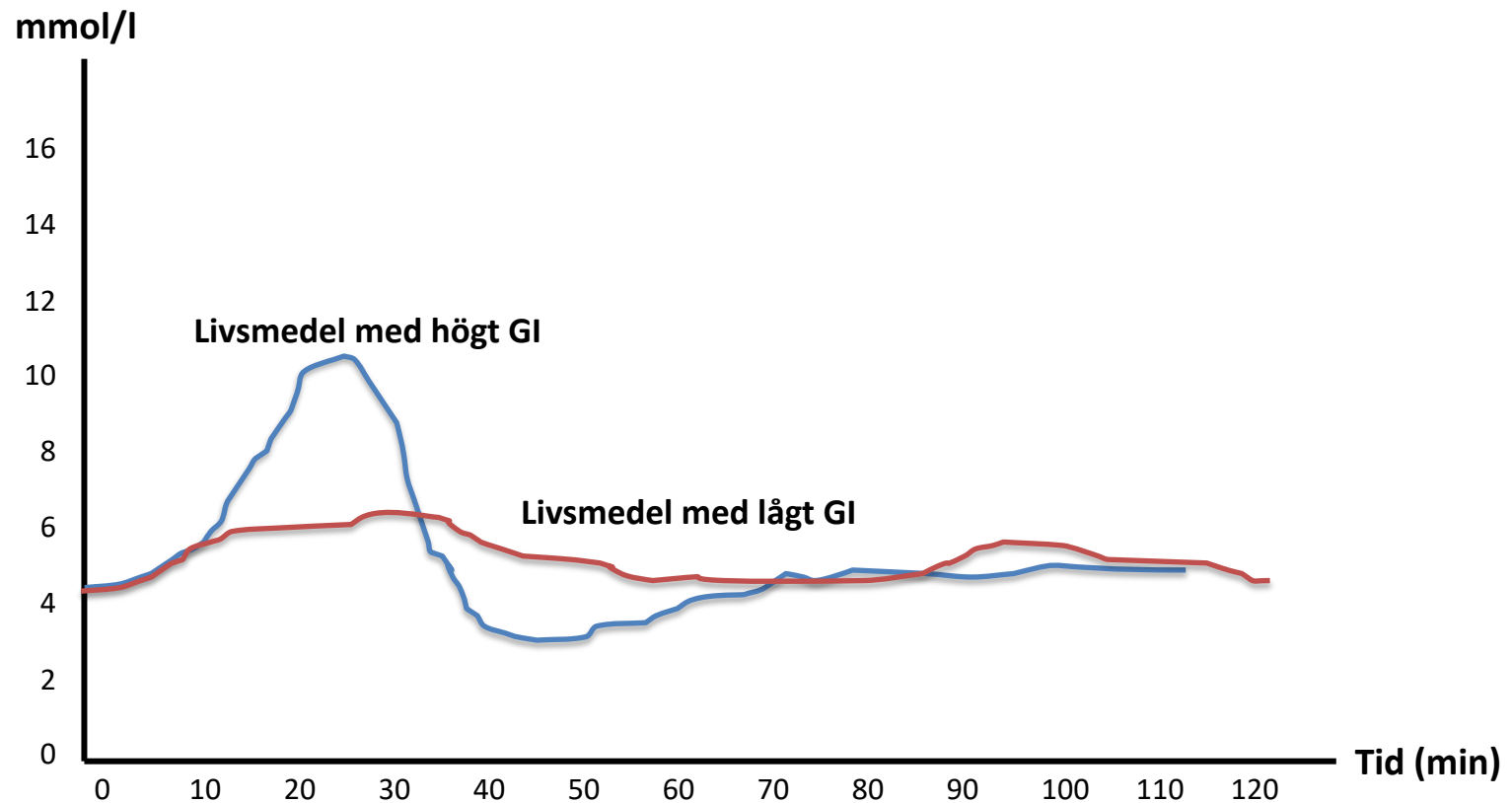
Tabellen baseras på glukos (GI= 100) som referensmedel.

Lågt GI: <55

Medelhögt GI: 55-70

Högt GI: >70

Blodsockerresponsen vid intag av lågt-GI resp. högt-GI



Mätning av ett livsmedels GI-värde

1. **Minst 10 testpersoner intar** 50 g kolhydrater av det livsmedel som ska testas. Detta sker efter 12 h fasta.
2. **Blodsockret mäts** och skrivs upp under 2 h. Första timmen var 15:e minut. Andra timmen var 30:e minut.

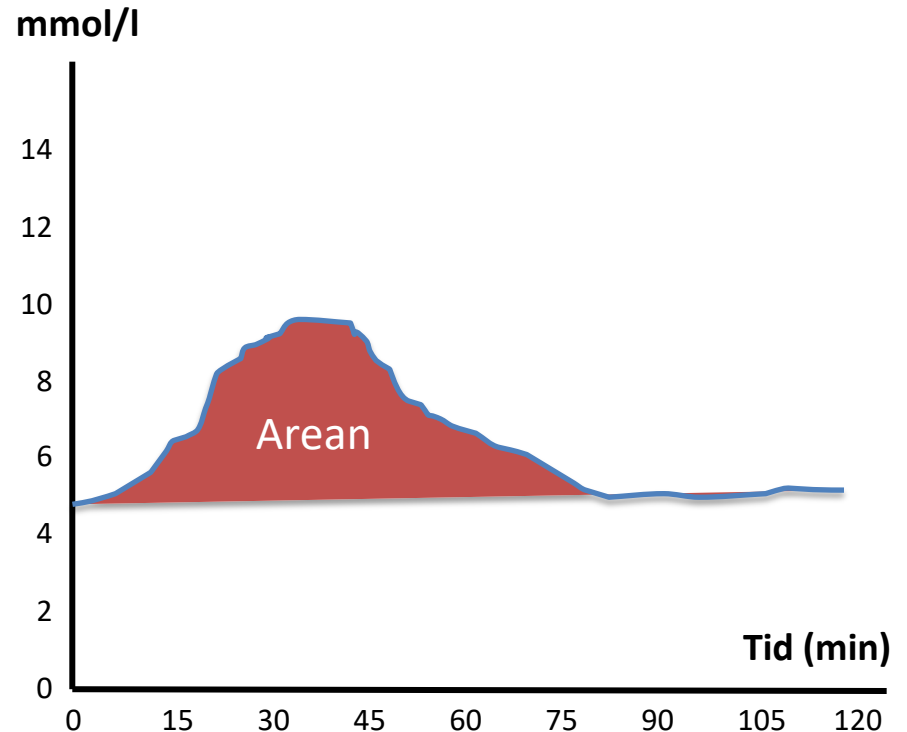
Tid (min):	P-glukos (mmol):
0	4,8
15	6,5
30	9,1
45	9,7
60	7,1
90	4,8
120	4,9



Bildkälla: "Spaghetti". Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spaghetti.jpg#/media/File:Spaghetti.jpg>

Mätning av ett livsmedels GI-värde

3. En blodsockerkurva ritas upp och den totala arean under blodsockerkurvan mäts.
4. Arean av det testade livsmedlet jämförs med arean av ett referenslivsmedel (som samma testpersoner har testat vid ett annat tillfälle). Det vanligaste (och bästa) är att glukos används som referenslivsmedel (även vitt bröd kan användas). De personer som har utvecklat det här testet har bestämt att glukos har 100 i GI-värde. Alla andra livsmedel jämförs sedan med glukos. Om arean av det testade livsmedlet utgör 75 % av "glukosarean" får det testade livsmedlet GI-värdet 75. Ett medelvärde tas dock av de personer som ingår i testet.



$$GI = (\text{Area}_{\text{testprodukt}} / \text{Area}_{\text{referens}}) \times 100$$

Faktorer som påverkar ett livsmedels glykemiska index (GI)

- ✓ **Strukturen av livsmedlet:** Desto hårdare och kompaktare struktur desto svårare är det för våra enzymer att komma åt och spjälka kolhydraterna (mindre total yta). Förbehandling och tillagning av livsmedlet kan påverka strukturen och därmed GI-värdet. T.ex. har potatismos högre GI än vanlig potatis och kokt stärkelse högre GI-värde jämfört med okokt.
- ✓ **Typ av kolhydrat:**
 - Kraftigt förgrenade kolhydrater som glykogen och amylopektin bryts ned snabbare än amylos eftersom enzymerna kan börja spjälka bindningar på flera ställen samtidigt. Jämfört med amylos har dessa även en öppnare struktur.
 - Fruktos påverkar blodsockret mycket mindre än andra sockerarter eftersom det mesta av fruktosen stannar i levern istället för att utsöndras till blodet.
 - Sackaros påverkar blodsockret mindre än glukos eftersom sackaros till hälften består av fruktos.
 - Kostfibrer som t.ex. cellulosa påverkar inte blodsockret alls eftersom våra enzymer inte kan spjälka dessa kolhydrater (p.g.a. β -bindningarna).

Faktorer som påverkar ett livsmedels glykemiska index (GI)

- ✓ **Mängden kostfibrer:** Kostfibrer binder vatten och bildar en geléartad massa i tarmarna vilket gör det svårare för enzymerna att komma åt och spjälka övriga kolhydrater.
- ✓ **Livsmedlets innehåll av fett och protein:** Fett och protein sänker magsäckens tömningshastighet vilket innebär att det tar längre tid innan kolhydraterna tar sig ut i tunntarmen där de kan spjälkas av enzymer och absorberas av blodet.
- ✓ **pH-värdet:** Ett lågt pH-värde sänker också magsäckens tömningshastighet (precis som fetter och proteiner). Dessutom fungerar inte kolhydratnedbrytande enzymer lika effektivt vid ett lågt pH-värde.

Nackdelar med att enbart förlita sig på GI-värden

- ✓ **GI säger inget om livsmedlets innehåll** av vitaminer, mineraler, antioxidanter etc.
- ✓ **Den insulinutsöndring ett livsmedel** ger är inte alltid relaterat till livsmedlets GI-värde.
- ✓ **GI-värdet baseras på att vi får i oss 50 g kolhydrater av livsmedlet:** Vissa livsmedel har ett högt GI-värde men kommer ändå inte påverka blodsockret och insulinutsöndringen särskilt mycket eftersom livsmedlet innehåller så pass lite kolhydrater. Kokta morötter har ett GI-värde på 85 (råa morötter har ett GI-värde på 30) men GI-värdet baseras på att man får i sig 50 gram kolhydrater av livsmedlet. För att få i oss 50 gram kolhydrater från morötter måste vi äta t.ex. 575 g kokta morötter (9 normalstora morötter). Det är ganska mycket och det är inte vanligt att vi äter så pass mycket kokta morötter. Kolhydratinnehållet i 1 morot är alltså väldigt lågt och därmed kommer vårt blodsocker påverkas väldigt lite av att vi äter några morötter.

GB-värdet visar bättre hur livsmedlet påverkar blodsockret

- ✓ **GB-värdet** (glykemisk belastning på svenska och glycemic load, GL, på engelska) är ett bättre värde att använda eftersom GB-värdet även tar hänsyn till mängden kolhydrater i en vanlig portion av livsmedlet.
- ✓ **GI- och GB-tabell:**
http://www.mendosa.com/gi_by_gl.pdf

Livsmedel:	GI-värde:	GB-värde:
Popcorn	72	8
Chips	54	30
Spaghetti	42	20
Äpple	38	6
Cornflakes	81	21
Vattenmelon	72	4
Ris (parboiled)	47	17

$$\text{GB} = \frac{(\text{GI} \times \text{kolhydratinnehållet i en normalportion})}{100}$$

Lågt GB: <11

Medelhögt GB: 11-19

Högt GB: ≥20

- ✓ **Diabetiker bör försöka välja livsmedel med lågt GB-värde** (om dessa livsmedel även är nyttiga ur andra aspekter) eftersom det kan underlätta deras blodsockerkontroll.

Se gärna fler filmer av Niklas Dahrén:

<http://www.youtube.com/Kemilektioner>

<http://www.youtube.com/Medicinlektioner>

