

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

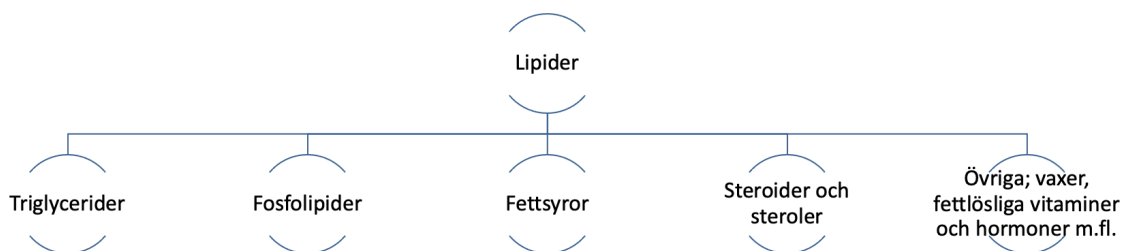
**Fetter:**

1. Förklara vad som kännetecknar gruppen "lipider" och ange några vanliga lipider som förekommer i våra kroppar.

Svar:

Lipider är opolära ämnen som är lösliga i organiska lösningsmedel (dietyleter, hexan, kloroform etc.) men olösliga i vatten. Lipiderna har många viktiga funktioner i våra kroppar. De bygger upp cellmembranen, de fungerar som en bra energireserv eftersom de innehåller mycket energi, de fungerar som hormoner eller ger upphov till hormoner och hormonliknande ämnen i kroppen, de fungerar värmeisolerande, de skyddar inre organ etc.

Exempel på lipider;



2. Beskriv uppbyggnaden av triglycerider, fosfolipider resp. steroider.

Svar:

**Triglycerider (eller triacylglyceroler):** Triglycerider består av alkoholen glycerol som binder tre fettsyror. De fettsyror som binder till glycerolmolekylen kan vara av samma typ eller olika.

**Fosfolipider:** Fosfolipider påminner mycket om triglycerider men fosfolipider består enbart av 2 fettsyror som är bundna till glycerolmolekylen (alltså en diglycerid istället för en triglycerid). Den tredje fettsyran har ersatts av en fosfatgrupp och ytterligare en molekyl (t.ex. kolin).

**Steroider:** Steroider är lipider som kännetecknas av fyra sammankopplade kolväteringar. Steroler är en undergrupp till steroiderna.

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

3. Redogör för uppbyggnaden och formen av mättade, enkelomättade och fleromättade fettsyror. Vilka skillnader finns? Förklara även varför formen av fettsyrorna ofta skiljer sig åt.

Svar:

**Mättade fettsyror:** Mättade fettsyror är uppbyggda av en karboxylgrupp och en kolvätekedja. I kolvätekedjan finns inga dubbelbindningar, eftersom det sitter väteatomer på alla lediga platser. Detta skapar en rak struktur. Mättade fettsyror är alltså "mättade" med väteatomer.

**Enkelomättade fettsyror:** Även enkelomättade och fleromättade fettsyror byggs upp av en karboxylgrupp och en kolvätekedja. Hos enkelomättade fettsyror finns det en dubbelbindning mellan två kolatomer i kolvätekedjan, eftersom det "saknas" två väteatomer. Om väteatomerna vid dubbelbindningen sitter på samma sida av kolvätekedjan (cis-struktur) kommer denna att böja sig eftersom bindningselektronerna repellerar varandra och strävar efter att hamna så långt ifrån varandra som möjligt. Om väteatomerna vid dubbelbindningen däremot sitter på motsatta sidor (trans-struktur) blir strukturen rak eftersom den formen innebär störst avstånd mellan alla bindningselektroner och minst repellering.

**Fleromättade fettsyror:** Fleromättade fettsyror har fler än en dubbelbindning i sin kolvätekedja eftersom det "saknas" minst 4 väteatomer. Precis som hos enkelomättade kan formen vara antingen rak eller böjd beroende på om dubbelbindningarna har cis- eller trans-struktur. Många dubbelbindningar med cis-struktur ger ofta en mycket böjd form.

4. Varför är smör hårt medan olivolja är i flytande form vid rumstemperatur?

Svar:

Smör består av mättade fettsyror och har därmed en lång och rak struktur. Den raka strukturen innebär att fettsyrorna kan packas tätt ihop vilket skapar många kontaktpunkter mellan fettsyrorna och därmed många van der Waalsbindningar. Smör får därför en hårdare konsistens.

Olivolja består av enkelomättade och fleromättade fettsyror i cis-form. Den böjda strukturen av dessa fettsyror förhindrar fettsyrorna från att packas lika tätt vilket ger mindre kontaktpunkter och färre van der Waalsbindningar. Därför har olivolja en mjukare konsistens.

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

5. Varför är fettsyror i protolyserad form i kroppen?

Svar:

Att en fettsyra är protolyserad innebär att den har avgett sin vätejon/proton från karboxylgruppen. Detta sker lättare om pH-värdet i omgivningen är högre än syrans  $pK_a$ -värde ( $pK_a$  representerar det pH-värde då 50 % av ett ämnes molekyler är protolyserade och är därför ett mått på hur stark syran är).

Om pH-värdet i omgivningen är högre än fettsyrens  $pK_a$ -värde så är det relativt få protoner i omgivningen och därför blir det lättare för fettsyran att protolyseras (omgivningen är inte mättad på protoner). I kroppen är pH-värdet ca 7,4 vilket är betydligt högre än fettsyornas  $pK_a$ -värde som är ca 4,5. Av den anledningen kommer fettsyrorna vara protolyserade i kroppen.

6. En fettsyra, som ingår i en fosfolipid i ett cellmembran i din kropp, genomgår lipidperoxidation och bildar då en lipidperoxid (fettperoxid).

- a) Förklara hur lipidperoxidationen går till.

Svar:

1. En fri radikal, exempelvis hydroxidradikalen, har en oparad elektron och vill därför ha en till. Den stjälar då en väteatom som sitter nära en eller mellan två dubbelbindningar hos fettsyran i cellmembranet. Fettsyran oxideras därmed och blir då en fri radikal eftersom den nu har en oparad elektron.
2. En syremolekyl attraheras av den oparade elektronen hos fettsyran och binder dit. Eftersom syremolekylen från början har två oparade elektroner är en av dem fortfarande oparad.
3. Den oxiderade fettsyran oxiderar i sin tur en annan fettsyra genom att rycka åt sig en väteatom. Det leder till att den andra fettsyran blir en fri radikal och kan oxidera ytterligare en annan fettsyra. Den första fettsyran, från cellmembranet, har blivit en lipidperoxid.

- b) Vilka kan konsekvenserna bli vid omfattande lipidperoxidationer i din kropp?

Svar:

Detta har skadliga konsekvenser för kroppen. Fettsyornas struktur och funktion förstörs av peroxidgruppen. Det leder ofta till att fettsyrorna spjälkas, vilket kan ge upphov till skadliga ämnen, exempelvis fria radikaler. Detta har samband med insulinresistens och flera farliga sjukdomar, som till exempel cancer, ateroskleros och hjärt- och kärlsjukdomar.

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

c) Vad kan du göra för att skydda dina fettsyror mot lipidperoxidation?

Svar:

Man kan t.ex. se till att konsumera mycket antioxidanter, eftersom dessa skyddar fettsyror. Dessa finns det gott om i bär, frukt, nötter, frön och grönsaker. Antioxidanter skyddar omättade fettsyror mot lipidperoxidering genom att avge elektroner till fria radikaler i kroppen. Man bör inte heller överdriva sitt intag av fleromättade fettsyror eftersom dessa är extra känsliga mot just lipidperoxidation.

7. Vilken typ av fettsyror är allra känsligast mot lipidperoxidation och varför då?

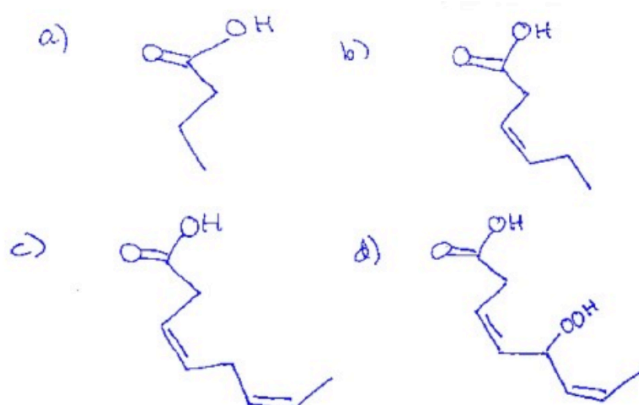
Svar:

Lipidperoxidationen startar med att en eller flera väteatomer lossnar hos fettsyran. Hos fleromättade fettsyror sitter väteatomerna lösast och lossnar därför lättast. Väteatomer i metylengrupper ( $\text{CH}_2$ ) som sitter nära dubbelbindningar lossnar lättast eftersom dubbelbindningarna försvagar bindningarna mellan C och H (förklaringen är dock ganska komplicerad och har att göra med att den produkt som bildas kan anta olika resonansstrukturer etc.). Om väteatomerna sitter i närheten av 2 dubbelbindningar kommer det innebära att väteatomerna lossnar ännu lättare jämfört med om väteatomerna enbart sitter i närheten av en dubbelbindning (som fallet är hos enkelomättade fettsyror). Därför är fleromättade fettsyror känsligast mot lipidperoxidation.

8. Rita (och ev. bygg med molekylsats) nedanstående fettsyror:

- En mättad fettsyra med 4 kolatomer.
- En enkelomättad fettsyra med 6 kolatomer.
- En fleromättad fettsyra med 8 kolatomer.
- Den fleromättade fettsyran från c) efter att den har genomgått lipidperoxidation.

Svar:



FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

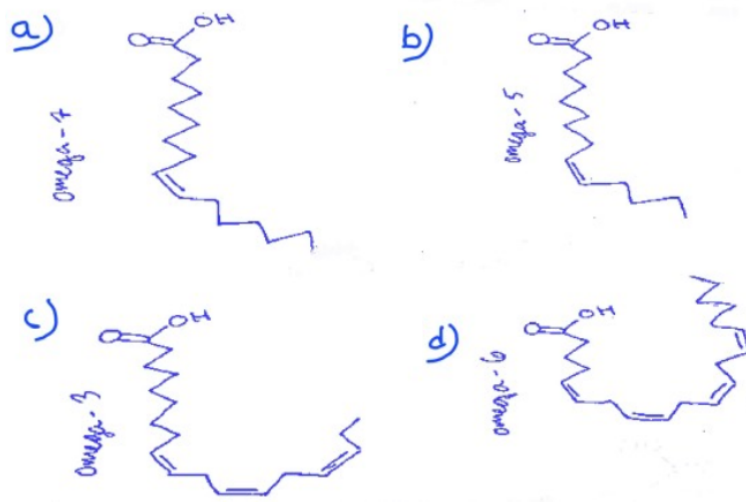
9. Rita nedanstående fettsyror. Avgör även om fettsyran är en omega-fettsyra och i så fall vilken typ (omega-3, omega-6 etc.).

a) C16:1 $\Delta^9$

b) C14:1, n-5

c) C18:3 $\Delta^{9,12,15}$

d) C20:4 $\Delta^{5,8,11,14}$

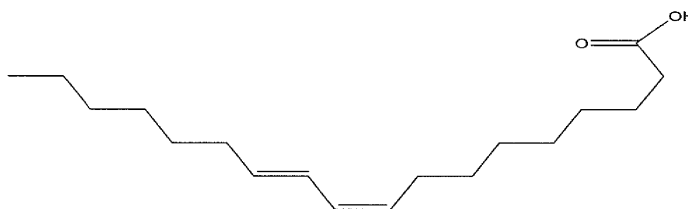


10. Transfettsyror kan uppkomma vid härdning av omättade oljor om härdningen avbryts innan fettat är fullständigt härdat. Förklara vad som menas med transfetter och rita en transfettsyra.

Svar:

Transfettsyror är omättade fettsyror som har dubbelbindningen/dubbelbindningarna i trans-form. Det innebär att väteatomerna intill dubbelbindningen sitter på olika sidor, alltså inte bredvid varandra. Detta ger fettsyran en rak struktur på grund av att elektronerna hos väteatomerna repellerar varandra och vill ha så stort avstånd mellan sig som möjligt.

11. Skriv de kemiska beteckningarna för nedanstående fettsyra. Använd både karboxyl- och omega-referenssystemet. Ange även vad det för typ av fettsyra.



Svar:

Detta är en fleromättad, omega-7 fettsyra.

Karboxyl-referenssystemet: C18:2 $\Delta^{9,11}$

Omega-referenssystemet: C18:2, n-7

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

### Kolhydrater:

12. Förklara skillnaden mellan mono-, di-, och polysackarider och ge exempel på vanliga mono-, di-, och polysackarider.

Svar:

	Uppbyggnad:	Exempel:
Monosackarider:	Består av enbart en enda enkel sockermolekyl.	Glukos, fruktos och galaktos.
Disackarider:	Uppbyggda av två monosackarider (lika eller olika) som sitter ihop med varandra.	Maltos, sackaros, laktos och cellobios.
Polysackarider:	Uppbyggda av ett stort antal monosackarider (glukosmolekyler).	Amylos, amylopektin, cellulosa och glykogen.

13. Vad innebär det att en person är laktosintolerans och varför uppstår det magbesvär hos en person som är laktosintolerans om denne person äter livsmedel som innehåller laktos?

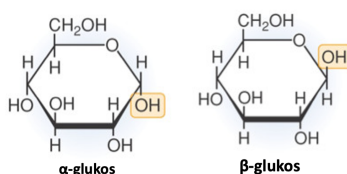
Svar:

En laktosintolerant person saknar enzymet laktas i tunntarmen som bryter ned laktos, vilket gör att laktos inte kan spjälkas i tunntarmen. Om personen får i sig laktos kommer det därför färdas vidare till tjocktarmen där det bryts ned av bakterier. Den processen bildar gaser, vilket leder till magbesvär hos den laktosintoleranta personen. Gasmolekylerna som bildas skapar också en osmotisk effekt där vatten åker ut i tjocktarmen och gör att man blir lös i magen.

14. Rita alfa-glukos resp. beta-glukos och förklara med ord skillnaden mellan dessa.

Svar:

Skillnaden mellan alfa-glukos resp. beta-glukos är att OH-gruppen på kol nr. 1 pekar i olika riktningar. På en tvådimensionell bild ritas man ut att OH-gruppen pekar nedåt på alfa-glukos och uppåt på beta-glukos.



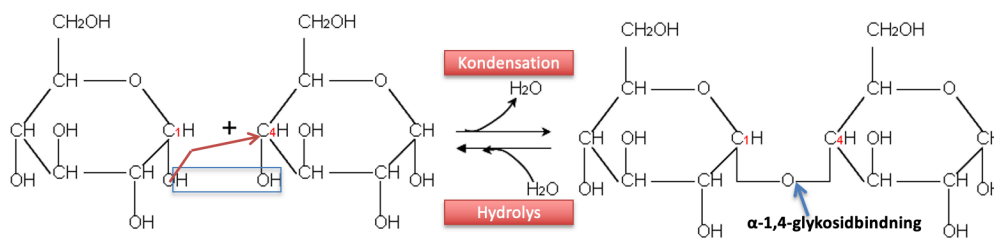
FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

15. Glykogen bildas genom att glukosmolekyler kopplas samman genom s.k. kondensationsreaktioner. Förklara hur en kondensationsreaktion går till.

Svar:

En kondensationsreaktion innebär att två mindre molekyler binder till varann och bildar en komplexare molekyl, i reaktionen avgår också en mindre molekyl, oftast vatten. I fallet där glukos bildar glykogen är det ett stort antal kondensationsreaktioner mellan olika alfa-glukosmolekyler som sker, vilket leder till en lång kedja med glukosmolekyler.

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 partiellt positivt laddad), det skapas en bindning mellan syret och kolet och i reaktionen lossnar 2 väteatomer och 1 syreatom och bildar 1 vattenmolekyl.



16. Du äter inte mat på ungefär 6 timmar. Trots detta sjunker inte ditt blodsocker särskilt mycket utan hålls på en relativt hög nivå under dessa timmar. Förklara varför.

Svar:

Om blodsockret sjunker under normalnivå kan hormonet glukagon utsöndras, vilket höjer blodsockret. Glukagon är ett hormon som produceras i bukspottkörtelns alfaceller och bidrar till att höja blodsockerkoncentrationen genom att stimulera glukoneogenesen samt glykogenolysen i levern. I glykogenolysen spjälkas lagrat glykogen till enkla glukosmolekyler som utsöndras till blodet. I glukoneogenesen tillverkas nya glukosmolekyler från andra beståndsdelar, såsom aminosyror, glycerol och laktat, för att sedan utsöndras till blodet.

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

17. Redogör för följande begrepp och hur dessa är relaterade till varandra; glukos, glukagon, glukoneogenesen samt glykogenolysen.

Svar:

Glukos är en enkel sockerart (monosackarid) som kommer ut i blodet efter nedbrytning av kolhydratrik mat. Glukosen tas upp av cellerna och används där till att producera energi (ATP).

Glukagon är ett hormon som produceras i bukspottkörtelns alfaceller och bidrar till att höja blodsöckerkoncentrationen genom att stimulera glukoneogenesen samt glykogenolysen.

Glykogenolysen är en process i levern som bidrar till att höja blodsöcket. I glykogenolysen spjälkas lagrat glykogen till enkla glukosmolekyler som utsöndras till blodet.

Glukoneogenesen är en annan process i levern som leder till höjt blodsöcker. I glukoneogenesen tillverkas nya glukosmolekyler från andra beståndsdelar, såsom aminosyror, glycerol och laktat, för att sedan utsöndras till blodet.

18. Fyll i nedanstående tabell. Skriv "Ja" eller "Nej" i de olika rutorna i kolumn 2-6. I den sista kolumnen anger du däremot vilka monosackarider som kolhydraten är uppbyggd av.

Svar:

	Mono-sackarid?:	Di-sackarid?:	Poly-sackarid?:	Förgreningar?:	Energikälla åt oss?:	Uppbyggt av följande monosackarider:
Amylos:	nej	nej	ja	nej	ja	glukos
Laktos :	nej	ja	nej	nej	ja	glukos och galaktos
Fruktos:	ja	nej	nej	nej	ja	fruktos
Sackaros:	nej	ja	nej	nej	ja	glukos och fruktos
Glykogen:	nej	nej	ja	ja	ja	glukos
Glukos:	ja	nej	nej	nej	ja	glukos
Cellobios:	nej	ja	nej	nej	nej	glukos
Maltos:	nej	ja	nej	nej	ja	glukos
Cellulosa:	nej	nej	ja	nej	nej	glukos
Amylopektin:	nej	nej	ja	ja	ja	glukos
Galaktos:	ja	nej	nej	nej	ja	galaktos



## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

19. Förklara varför människor enbart kan spjälka kolhydrater som innehåller alfa-bindningar.

Svar:

Det kolhydratspjälkande enzymet "amylas", 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 däremot spjälka  $\beta$ -bindningar eftersom de har bakterier i mag-/tarmkanalen som producerar enzymet cellulasa. Dessa djur kan därför äta cellulosa (t.ex. gräs) och använda det som en energikälla.

20. Jämför de olika polysackariderna med varandra genom att fylla i nedanstående tabell:

Svar:

	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	Bygger upp cellväggen hos växter

24. Förklara hur man går tillväga för att ta reda på ett livsmedel glykemiska index.

Svar:

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.
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

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

”glukosarean” får det testade livsmedlet GI-värdet 75. Ett medelvärde tas dock av de personer som ingår i testet.

25. Ange vilket livsmedel som har högst GI i nedanstående par och motivera ditt svar:

- a) Kokta morötter vs. råa morötter
- b) Potatismos vs. potatis
- c) Rent strösocker vs. cornflakes (sockerfria)
- d) Pizza vs. riskakor
- e) Mjök vs. jordnötter
- f) Äpple vs. banan

Svar:

- a) **Kokta morötter vs. råa morötter:** Kokta morötter har högre GI-värde eftersom strukturen är lösare/mjukare p.g.a. den höga temperaturen under kokningen. Därmed kommer enzymerna i kroppen lättare åt att spjälka kolhydraterna och moroten får därmed ett högre GI-värde.
- b) **Potatismos vs. potatis:** Potatismos har högre GI-värde eftersom strukturen är lösare/mjukare, därmed kommer enzymerna i kroppen lättare åt att spjälka kolhydraterna och potatismosen får därmed ett högre GI-värde.
- c) **Rent strösocker vs. cornflakes (sockerfria):** Strösocker (sackaros) är uppbyggt av glukos och fruktos. Det är enbart glukos som kommer ut direkt till blodet. Det mesta av fruktosen stannar i levern och används där bl.a. som energikälla. En del fruktos omvandlas till glukos och åker ut i blodet. Men oavsett vad som händer med fruktosen så kommer blodsockret inte påverkas lika mycket. Cornflakes består av lättsmält stärkelse. Stärkelse är uppbyggt av enbart alfa-glukos, vilket innebär att 100 % av sockermolekylerna kommer ut i blodet. Cornflakes kommer därför påverka blodsockret mer och ge ett högre blodsocker.
- d) **Pizza vs. riskakor:** Riskakor eftersom pizza innehåller mer fett och protein än riskakor. Det leder till att magsäcken töms långsammare och att det tar längre tid innan kolhydraterna spjälkas och tas upp i blodet.
- e) **Mjök vs. jordnötter:** Mjök eftersom jordnötter innehåller mer fett som sänker magsäckens tömningshastighet. Jordnötter har även en kompaktare struktur vilket ger ett långsammare upptag.
- f) **Äpple vs. banan:** Banan eftersom äpple har en fastare struktur och är därför svårare att bryta ned. Äpple har även ett högre kostfiberinnehåll vilket också försvårar nedbrytningen och upptaget av glukos till blodet.

## FACIT: FETTER OCH KOLHYDRATER

26. Rangordna följande kolhydrater efter hur snabbt de (i ren form) höjer blodsockret (deras GI-värde) och motivera ditt svar:

- a) Amylopektin      b) Amylos      c) Cellulosa

Svar:

Amylopektin har högst GI, därefter kommer amylos, och cellulosa har lägst GI. Vi människor saknar enzymer som kan bryta ned beta-bindningarna i cellulosa, vilket gör att det inte kan brytas ned alls i tunntarmen, och på grund av det påverkar det inte blodsockret. Vi har dock enzymet amylas som kan bryta ned både amylos och amylopektin, som innehåller alfa-bindningar. Skillnaden mellan amylos och amylopektin är att amylopektin är förgrenat. Detta innebär att enzymet har fler ställen att börja bryta ned bindningarna, samt att molekylerna inte är lika tätt packade och enzymet därför lättare kommer åt bindningarna. På grund av det bryts amylopektin ned snabbare och har därför högre GI.

27. Vad menas med glykemisk belastning (GB eller GL) och varför är det ofta ett bättre mått än glykemiskt index (GI) när det gäller hur mycket ett visst livsmedel påverkar vårt blodsocker?

Svar:

Glykemisk belastning (GB eller GL) är ett mått som innefattar ett livsmedels GI-värde men som också tar hänsyn till hur mycket kolhydrater man får i sig från en normal portion av livsmedlet. Glykemisk belastning beräknas enligt följande;

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

Vissa livsmedel har ett högt GI-värde men kommer ändå inte påverka blodsockret och insulinutsöndringen särskilt mycket, eftersom livsmedlet innehåller så pass lite kolhydrater. I dessa fall är GB ett mycket bättre mått.

Exempel:

Vattenmelon och rotfrukter har höga GI-värden men påverkar ändå blodsockret minimalt! Vattenmeloner och rotfrukter innehåller nämligen lite kolhydrater vilket ger ett lågt GB-värde. Det höga GI-värdet på dessa livsmedel är därför vilseledande. För att blodsockret ska påverkas negativt av till exempel kokta morötter måste du äta hela 6.5 dl kokta morötter.