

Tänk om vi kunde leva på bara ljus, vatten och lite koldioxid – precis som växter. Tyvärr fungerar det inte så för oss människor. Vi är helt beroende av växterna, eftersom allt vi äter, direkt eller indirekt, kommer från dem.

Alla levande varelser behöver energi för att orka. Kanske har du känt dig trött och seg efter att ha glömt att äta? Det är din kropp som ropar efter snabb energi för muskler och hjärna.

Växter är proffs på att omvandla solens strålningsenergi. Med hjälp av kolhydrater och vatten, bygger de stora molekyler som kolhydrater, fetter och proteiner – ämnen som djuren behöver både som energikälla och för att bygga upp kroppen. Innan dessa stora molekyler blir användbara måste de först brytas ned i ett matspjälkningssystem.

När du har läst kapitlet ska du ha kunskap om ...

- generella kostråd
- vilka ämnesgrupper kosten bör innehålla för att cellerna ska få vad de behöver
- essentiella aminosyror och fettsyror
- vad som skiljer matspjälkningsorganen mellan olika däggdjur som är växtätare, allätare och köttätare
- principer för nedbrytning av näringsämnen kolhydrater, fetter och proteiner
- människans matspjälkning steg för steg
- de organ som är knutna till matspjälkningen och deras respektive funktion
- hur matspjälkningen regleras
- konsekvenser av för lite respektive för mycket föda
- några olika sjukdomar i matspjälkningssystemet.

Viktiga begrepp

- | | |
|--------------------|---------------|
| • antioxidant | • mikrovilli |
| • essentiell | • mineralämne |
| • fetma | • mucin |
| • fettlever | • proteas |
| • gallsyror | • spårämne |
| • glutenintolerans | • villi |
| • hepatit | |
| • hydrolys | |
| • koenzym | |
| • kostfibrer | |
| • kymus | |
| • laktosintolerans | |
| • magkatarr | |

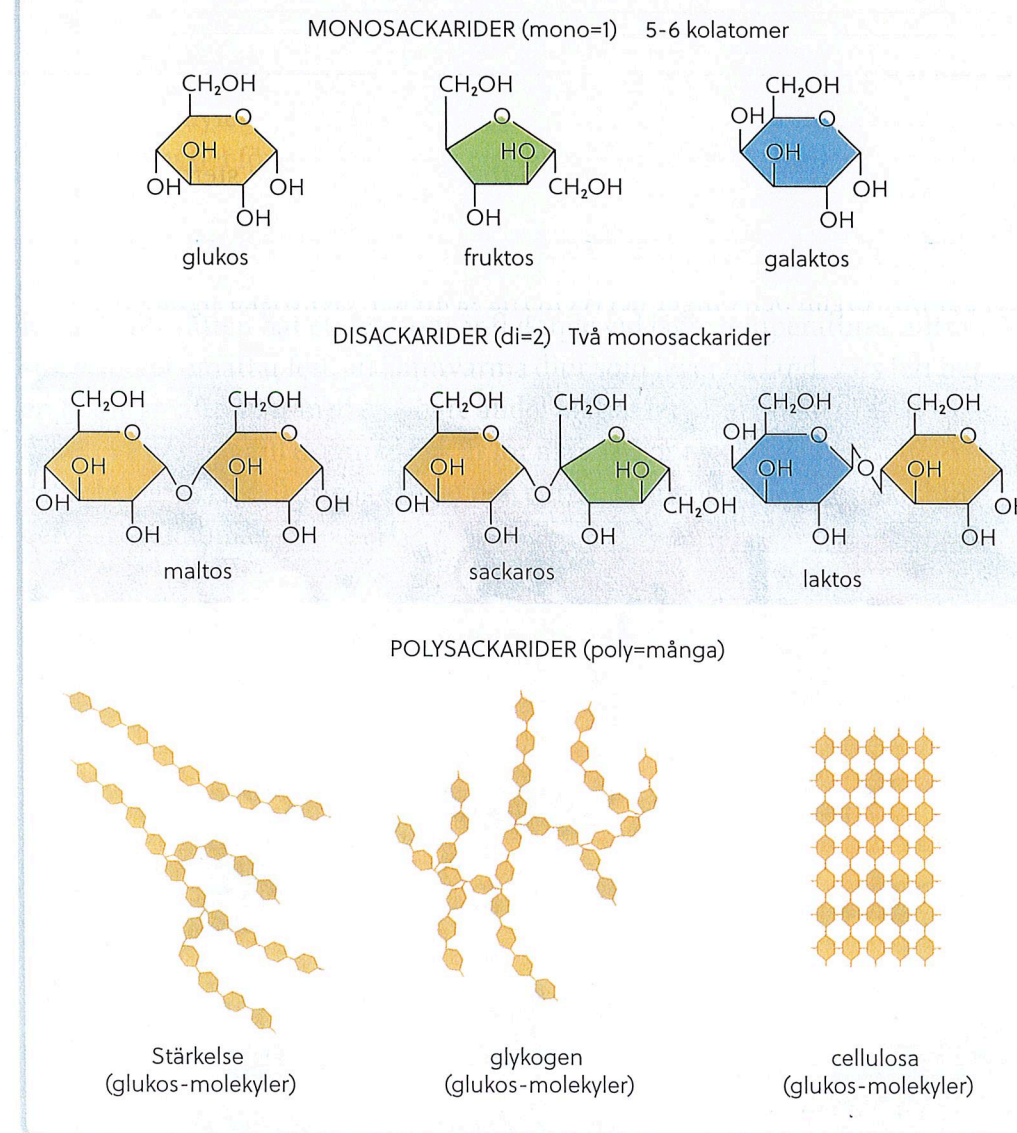
Viktiga näringsämnen för oss människor

Kolhydrater

Kolhydrater, som direkt eller indirekt har sitt ursprung i fotosyntesen, är den viktigaste energikällan för de flesta djur. Det är bara köttätare som främst utnyttjar proteiner och fetter som energikälla. Kolhydrater finns i många olika former. De viktigaste ur energisynpunkt för oss människor är monosackariderna glukos och fruktos, disackarider som maltos och sackaros, samt polysackarider som stärkelse. De monosackarider som våra celler använder som råvara vid tillverkning av ATP är främst glukos, men även till viss del fruktos och galaktos. Övriga monosackarider omvandlas till glukos i levern.

Vi behöver även polysackariden cellulosa som vi inte kan spjälka. Cellulosa ingår i den grupp som kallas **kostfibrer**. De fyller viktiga funktioner som att

kostfibrer – polysackarider, till exempel cellulosa, som förbättrar tarmrörelserna och binder vatten i tarmen.



Monosackarider som glukos, fruktos och galaktos kan tas upp direkt från tarmen till blodet och kallas snabba kolhydrater. Disackarider och polysackarider behöver spjäckas till monosackarider först och därför mättar de längre och kallas långsamma kolhydrater.



Hungrig? Godis höjer snabbt blodsockernivån, men magen ropar snart efter mer. Med ett äpple (långsamma kolhydrater!) håller sig magen lugn en längre stund.

upprätthålla tarmens rörelser och som vätskebindare så att födan passerar långsammare genom tarmen. De fungerar också som energikälla för de viktiga mutualistiska bakterierna som lever i tjocktarmen.

I kostråd anges det ibland att andelen kolhydrater bör vara 50–60 procent av vårt energiintag. Hur viktig den andelen är kan diskuteras. Inuiter på Grönland har en kolhydratfattig föda men har lika bra hälsa som människor i Sydostasien, där andelen kolhydrater i kosten är hög.

I kostråd skiljer man också mellan snabba och långsamma kolhydrater. Snabba kolhydrater är monosackarider och disackarider, eftersom de inte behöver spjälkas i tarmkanalen och alltså når cellerna snabbt. Långsamma kolhydrater, främst stärkelse och andra polysackarider, måste spjälkas och blir därför inte tillgängliga för cellerna lika snabbt.

Fetter

Lipider är det övergripande namnet för fetter, vax, fosfolipider, steroider och karotenoider, som alla har den gemensamma egenskapen att de inte löser sig i vatten. Fett har många viktiga funktioner i kroppen. Det isolerar mot kyla, skyddar inre organ och omger nervcellerna så att den elektriska signalen går



Kostråden säger "ät mer fisk", då framförallt fet fisk eftersom dessa innehåller stora mängder av de viktiga omega-3-fettsyrorna, som är omättade och hälsosamma.

fortare. Fosfolipider och steroiden kolesterol bygger tillsammans upp cellmembranet. Kolesterol gör cellmembranet mer stabilt. Andra steroider kan fungera som hormoner, exempelvis testosteron och kortisol. Eftersom de är fettlösliga kan de lätt ta sig in i cellen, förbi fosfolipiderna.

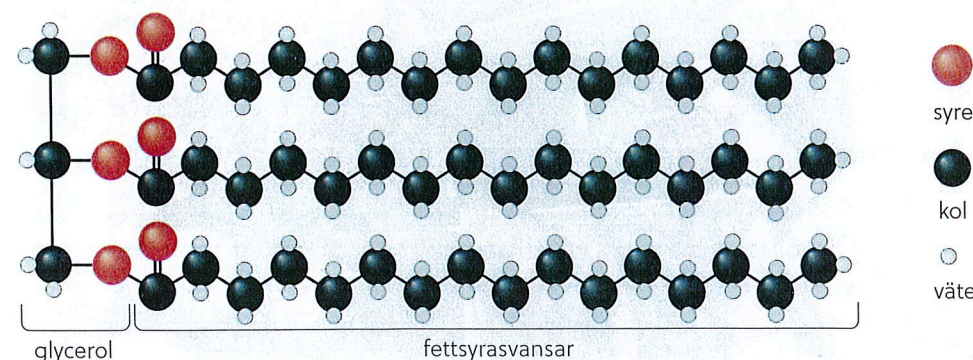
Bland viktiga karotenoider hittar vi A-vitamin och klorofyllmolekylen, som hjälper växter omvandla solens strålningsenergi. Lutein är en karotenoid som finns i färgglada grönsaker och frukter och som visat sig dämpa inflammationer. Ett annat exempel på karotenoiders betydelse är att de hjälper celler att hålla kontakten genom att öppna kanalproteiner mellan närliggande celler. Forskning visar dessutom att karotenoider kan skydda kroppen mot olika sjukdomar som cancer samt hjärt- och kärlsjukdomar. De kan också stärka immunförsvaret, och hudens skydd mot skador från UV-strålning.

Energimängden i de fetter som djuren använder som energikälla är dubbelt så hög som i kolhydrater och proteiner. Det är troligen därför som djuren och växterna har utvecklat förmågan att lagra energi som fett. I vårt klimat lagras fett i fettceller hos djuren under årstider då det finns gott om föda. Tack vare dessa energidepåer kan djuren sedan överleva vintern.

Mättat och omättat fett

Fett består av olika sorters **triglycerider** som är uppbyggda av glycerol och tre fettsyramolekyler. Om fettsyrorna bara har enkelbindningar mellan kolatomerna kallas det för ett mättat fett. I omättat fett finns det en eller flera dubbelbindningar mellan kolatomerna. Omättat fett har en lägre smältpunkt än mättat fett, exempelvis är matolja flytande i rumstemperatur medan smör inte är det. I naturen spelar det roll hur fett är uppbyggt. Fiskar och däggdjur som lever i kallt vatten har ett fett som är flytande vid lägre temperaturer, alltså större andel omättat fett, än jämnvarma djur som lever på land, vars fett har en högre smältpunkt med en högre andel mättat fett. Det omättade fett som finns i växter och till exempel fisk är för människor mer hälsosamt, eftersom det inte lagras i blodkärlens väggar och därmed inte riskerar att orsaka hjärt- och kärlsjukdomar.

triglycerid – en ester som består av glycerol och tre fettsyror.



En triglycerid är en ester av alkoholen glycerol och tre fettsyror som är långa kedjor av kolatomer. Bilden visar ett mättat fett utan dubbelbindningar mellan kolatomerna.

Proteiner

Proteiner har många viktiga funktioner i kroppen. Aktin och myosin är viktiga proteiner i muskelcellerna och keratin finns i hår, hud och naglar. Hemoglobin är det protein som transporterar syret i kroppen. Proteiner bygger upp de antikroppar som immunförsvarets celler skickar ut för att markera ut främmande bakterier eller andra ämnen som inte ska vara i kroppen. Proteiner har en viktig roll i kroppen som **enzymer**, som hjälper till att få reaktioner att ske. Kroppen skulle exempelvis inte kunna spjälka födan över huvud taget om inte olika enzymer hjälpte till. Proteiner byggs upp av 20 olika sorters aminosyror. Människokroppen kan tillverka 12 aminosyror själv, medan åtta är essentiella, och måste ingå i födan.

enzym – ett protein som påskyndar kemiska reaktioner i kroppen utan att själv förbrukas.

Vitaminer

Vitaminer fungerar främst som **koenzymer**. Ett koenzym är en liten organisk molekyll som fungerar som en hjälpmolekyl till enzymer och bidrar till att enzymerna kan utföra sina biologiska funktioner.

Det finns ungefär 13 olika vitaminer som kroppen behöver. De flesta måste vi få i oss via födan, men det finns två undantag. D-vitamin produceras i huden när den utsätts för solljus, och K-vitamin produceras av bakterier i tjocktarmen. Vitaminerna delas in i två grupper: vattenlösliga och fettlösliga.

Vattenlösliga vitaminer

Till de vattenlösliga vitaminerna hör C-vitamin och de olika B-vitaminerna. Dessa kan inte lagras i kroppen, överskottet passerar ut med urinen. Kroppen behöver därför ett konstant tillskott av denna typ av vitaminer. C-vitamin finns i många frukter och grönsaker och är viktigt för exempelvis sårhäkning samt

I färgglada frukter och grönsaker finns mängder med vitaminer, där varje grönsak eller frukt har sin unika sammansättning. Det är därför extra bra att äta många olika varje dag.



upptag av järn i kroppen. B-vitaminer är nödvändiga för att cellandningen och immunförsvaret ska fungera. B-vitaminer finns i nästan alla livsmedel från både djur och växter, till exempel i mejeriprodukter, fågel, fläsk, fisk, linser, potatis, fullkorn, nötter, avokado och bananer. Vitamin B12 (riboflavin) finns i animaliska produkter, som kommer från djur, och i baljväxter och gröna bladgrönsaker som spenat. Många livsmedelsprodukter har idag tillsatta vitaminer.

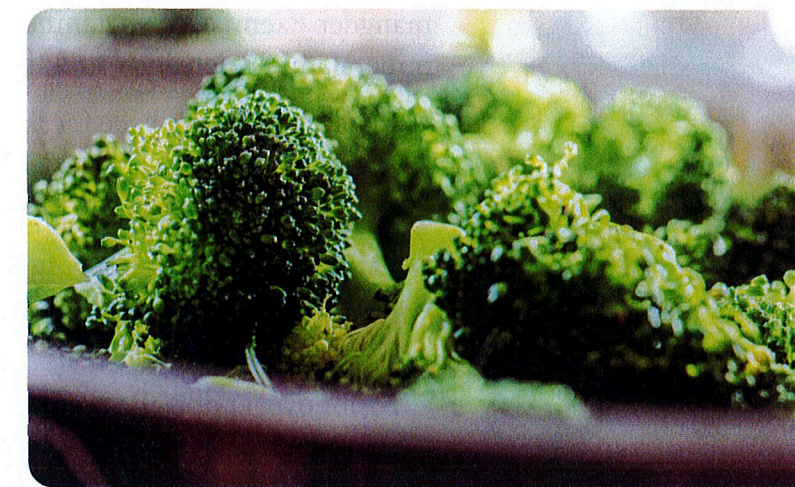
Fettlösliga vitaminer

De fettlösliga vitaminerna A, D, E och K, har mer varierande funktioner. A- och E-vitaminerna fungerar bland annat som **antioxidanter**. Det gör även det vattenlösliga C-vitaminet. Antioxidanter är viktiga för att oskadliggöra reaktiva fria syreradikaler som bildas i liten mängd då syret används i cellandningen. Om halten fria syreradikaler blir för hög kan det skada cellerna. Man skulle kunna tro att det därför är bra att äta A- och E-vitamin-tabletter, men eftersom vitaminerna är fettlösliga kan de lagras i fettvävnaden. Ett alltför stort intag av fettlösliga vitaminer kan ge förgiftningssymtom. A-vitaminer kan kroppen bilda från lipiderna karotenoider som vi får från födan, till exempel finns karotenoider i morötter, kött, fisk och mjölkprodukter. Karotenoiderna tas upp genom tunntarmens vägg och färdas via blodkärl till levern. I levern omvandlas karotenoider till A-vitamin. En form av A-vitamin är retinol som är en viktig del av de ljuskänsliga tapparna i ögats näthinna.

D-vitamin finns till exempel i fet fisk, D-vitaminberikade mejeriprodukter och matfetter, ägg och kött. D-vitamin kan även bildas i huden vid solexponering. Behovet av D-vitamin anses vara en av flera evolutionära förklaringar till att människor på solfattigare breddgrader har blek hud. Med blek hy ökar produktionen av D-vitamin som bland annat är viktigt för uppbyggnaden av skelettet. D-vitamin är det enda vitamin som man brukar rekommendera extra tillskott av. Det gäller främst små barn under sina två första år, personer som inte äter berikade mjölkprodukter och fetter, samt vissa äldre över 75 år som riskerar att få svagare skelett.

Mineralämnen

Utöver kolhydrater, fetter, proteiner och vitaminer, har kroppen behov av ett antal grundämnen, så kallade **mineralämnen**. Ungefär 20 mineralämnen är essentiella. Ungefär fyra procent av en människas kroppsvikt utgörs av mineralämnen, varav den största delen finns i skelettet. Sju av dessa mineralämnen kalcium, fosfor, kalium, natrium, svavel, magnesium och klor behöver vi i större mängder. De övriga kallas **spårämnen**, och behövs endast i mycket små



Broccoli innehåller många mineraler och vitaminer. Lite broccoli på tallriken kan täcka nästan hela dagsbehovet av vitaminerna K, B9 och C.

antioxidant – oskadliggör reaktiva fria syreradikaler i cellandningen.

mineralämnen – grundämnen som kroppen behöver i relativt stora mängder för olika livsnödvändiga funktioner.

spårämnen – grundämnen som kroppen behöver i små mängder till specifika reaktioner.

mängder. Exempel på spårämnen är fluor, järn, koppar, zink och selen. Viktiga mineralämnena och deras funktion:

- Kalcium är viktigt både för skelettets byggnad, nervimpulserns kommunikation och musklers sammandragning. I nervsystemet utgör även fördelningen av natrium- och kaliumjoner den elektriska delen av nervimpulserna.
- Natrium och kalium påverkar den homeostatiska regleringen av osmos – alltså kroppens salt- och vattenbalans.
- Fosfor bygger upp alla cellmembran i kroppen och ingår i DNA, RNA, ATP, tänder och benceller.
- Magnesium fungerar som ett koenzym, reglerar blodtryck, nervsystem samt musklers funktion och blodsockerbalans.

För höga doser av vitaminer och mineraler kan vara skadligt för kroppen, och för vissa ämnen är skillnaden mellan en hälsosam och en farlig mängd väldigt liten. Det är alltså lätt att överdosera kosttillskott eftersom de innehåller högre koncentrationer av vitaminer och mineraler. Det finns även risk att ämnena i tillskotten motverkar eller förstärker effekten av läkemedel, eller att de innehåller föroreningar som mykotoxiner (gifter från svampar) och tungmetaller som bly och kvicksilver. Det är viktigt att känna till att alla kosttillskott räknas som livsmedel och har inte genomgått samma noggranna kontroll som läkemedel gör för att få användas och säljas. Om man misstänker en brist på något ämne är det därför säkrast att vända sig till sjukvården. Vissa grupper kan drabbas av brist på mineralämnena även om de äter en normal kost. Till exempel kan äldre personer få brist på kalcium, och kvinnor riskerar järnbrist vid kraftiga menstruationsblödningar.

14.1 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- | | | |
|---------------|---------------|------------|
| • kostfibrer | • koenzym | • spårämne |
| • triglycerid | • antioxidant | |
| • enzym | • mineralämne | |

SVARA PÅ FRÅGORNA

1. Vad används kolhydrater till i kroppen hos de flesta djur?
2. Mättat eller omättat fett, vad spelar det för roll för djur och människor?
3. Vilka olika funktioner har proteiner i kroppen?
4. Vilka skillnader är det mellan snabba och långsamma kolhydrater för kroppen?
5. När bör en person äta tillskott av vitaminer och mineralämnena?
6. Cellulosa är kolhydrater som vi inte kan utnyttja, men de fungerar som kostfibrer. Vilken nytta gör de då i kroppen?
7. Varför är det farligare med för stort intag av fettlösliga vitaminer än av vattenlösliga?

14.2 Djurens matspjälkning

De enklast uppbyggda djuren

Djur behöver äta andra organismer för att få energi och byggmaterial. De enklast byggda djuren har bara en öppning och ett inre hålrum där enzymer från specialiserade celler bryter ned födan. Näringsämnen tas sedan upp av celler och avfallsprodukter skickas ut samma väg som födan kom in. De flesta djur har en mag- och tarmkanal som ett rör genom kroppen. Födan i tarmen kan sägas befinna sig utanför kroppen, vilket minskar risken för att enzymer som spjälkar födan även skadar kroppens egna celler.

I mag- och tarmkanalens början finns ofta olika organ för att gripa och sönderdela födan. Därefter kommer födan till olika delar som bryter ned den till näringsämnen som kan tas upp av blodet. Restprodukter som djuret inte kan ta upp eller använda från födan lämnar kroppen som avföring genom analöppningen. Djur kan få i sig födan på många olika sätt, och det går att se skillnader i mag- och tarmkanalens uppbyggnad, beroende på vilken föda de äter.

Munnen

Hos många djur börjar matspjälkningen i munnen genom att tänder sönderdelar födan i mindre bitar. Hos växtätare (herbivorer) är tänderna längst fram i munnen bra på att gnaga eller riva, medan kindtänderna längre bak är bra på att mala växtdelarna. Köttätare (karnivorer) har spetsiga tänder som används för att hålla fast byten samtidigt som kindtänderna är vassa för att kunna klippa sönder köttet. Många insekter, som myror och gräshoppor har kraftiga käkar som används för att klippa sönder växtdelar eller byten. Det finns också djur som saknar tänder. Fåglar, musslor och vissa fiskar sväljer ofta födan hel eller sliter sönder den i mindre bitar.

Vattenlevande svampdjur, musslor och koralldjur filtrerar vattnet efter sin föda, som består av växt- och djurplankton. Filtrarer gör även världens största däggdjur, blåvalen, som använder sina barder för att sila djurplankton ur havsvattnet. Fjärilar har en sugsnabel för att suga upp blommornas nektar på samma sätt som myggor använder sin sugsnabel till att suga växtsaft eller blod.

Allätare (omnivorer), som exempelvis människor, vildsvin och björnar, äter både växter och kött. De har olika tandtyper med vassa tänder för kött och platta tänder för att mala växtdelar. Detta gör dem flexibla i sin kost.



Jämför lejonets gap med en människas. Vilka skillnader kan du se när det gäller tändernas utseende och placering?

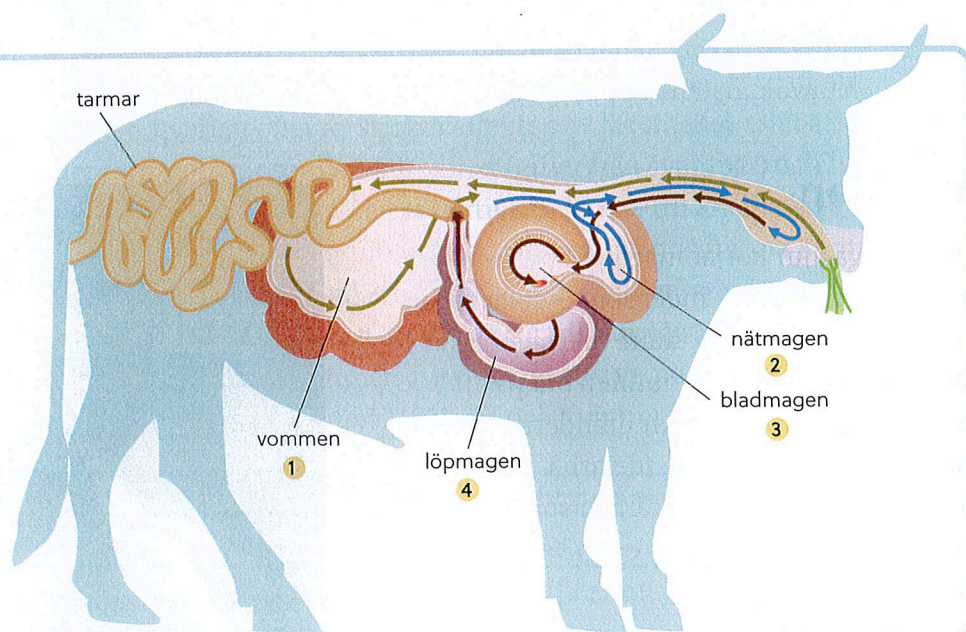
Magen och tarmarna

Tarmens längd och uppbyggnad är tydligt kopplad till vad djuret äter. Växtätare behöver ofta längre tarmar för att hinna bryta ned cellulosa, som är svårt att spjälka. Djur som gräshoppor, rådjur och vissa fiskar har därför en längre eller mer veckad tarm än köttätare.

idisslare – En idisslare är alltid växtätare och tuggar sin föda två gånger.

Idisslare, exempelvis rådjur, giraffer, samt många tamdjur som kor, får och getter har under evolutionen utvecklat sitt matspjälkningssystem med olika magar för att effektivt bryta ned cellulosa. Dessa djur har ett avancerat matspjälkningssystem med upp till fyra magar – våmmen, nätmagen, bladmagen och löpmagen. Dessa förmagar är utbuktningar av matstrupen och rymmer hos en ko upp till 150 liter föda. Den första magen, våmmen, fungerar som en jäsningskammare där mikroorganismer bryter ned cellulosa. Djur som idisslar tuggar sin föda två gånger – först grovt – sedan finfördelat, efter att den stöts upp igen från våmmen.

Kors matspjälkningssystem. Idisslare är högt specialiserade på cellulosarik växtföda. För att få ut så mycket näringsämnen som möjligt i tarmarna, passerar maten munnen två gånger på sin färd genom de "fyra magarna". I de två första magarna bryts den svårsmälta cellulosan ned av mutualistiska mikroorganismer.



Köttätande djur har kortare tarmar eftersom kött är lättare att spjälka. Hos vargar och rovfåglar passerar födan snabbt genom systemet, och mycket av näringsämnena tas upp tidigt i tarmen. Ormarnas matspjälkning å andra sidan påverkas av omgivande temperatur. När det är kallt går reptilernas spjälkning långsammare.

Fåglar har en speciell mag- och tarmkanal. Många arter har en kräva där födan lagras och fuktas. Efter krävan passerar födan en mage med enzymutsöndring och sedan en kraftig muskelmage där födan mals mekaniskt. Muskelmagen gör att även hårda frön kan sönderdelas utan tänder.

Spindlar och sjöstjärnor har matspjälkningen delvis utanför kroppen. De sprutar in nedbrytande enzymer i sitt byte och suger sedan ut näringslösningen. Det är ytterligare ett exempel på en specialiserad matspjälkning.

Den kemiska spjälkningen

Kolhydrater, fetter och proteiner är stora molekyler. Det gör det svårt för kroppen att transportera dem till cellerna och att använda dem som energikälla eller byggstenar. De behöver därför spjälkas till mindre molekyler i mag-tarmkanalen med hjälp av olika enzymer och ibland mikroorganismer. Spjälkningsprodukterna kan tas upp av celler i tarmväggen och transporteras ut i kroppen med hjälp av cirkulations- och lymfsystemet (kapitel 15).

Kemiskt handlar spjälkningen mest om **hydrolys**. Det innebär att enzymerna binder vattenmolekyler till de stora molekylerna och delar upp dem i mindre vattenlösliga delar – som monosackarider, aminosyror, glycerol och fettsyror.

Köttätare, som äter en mer lättsmält föda med mindre cellulosa, har förutom en stor magsäck även extra mycket saltsyrautsöndring för att bryta ned proteiner och fetter. Den starka saltsyran luckrar upp bindväv, muskler och skelett och dödar även bakterier i rutten föda från as. En del köttätande djur spyr upp osmältbara delar som fjädrar, päls och ben. Forskning har visat att köttätare också kan ha en del, i slutet av tjocktarmen, där svårnedbrytbara födodelar kan förvaras och ge mättnad mellan målen.

hydrolys – bryta bindningen mellan två molekyler när vatten adderas; exempel är en disackarid som bryts ned till två monosackarider.



Gorillor är växtätare och kan äta över 20 kg växtmaterial per dag, blad, frukter, rötter och stjälkar av många olika växter. De spenderar halva sin vakna tid på att leta och äta mat. För att gorillorna ska kunna bryta ned de svårsmälta växterna har de både mutualistiska mikroorganismer och längre tarmar. De har också förstärkta tuggmuskler som sträcker sig upp över skallen.

ciliater – Encelliga djur som lever i sötvattenmiljöer och i detta fall i mutualism med växtätande djur.

Hos växtätare är det främst mikroorganismer som spelar en avgörande roll för den kemiska spjälkningen.. Det kräver ofta specialiserade delar av mag-tarmkanalen, som exempelvis längre blindtarm. Tarmkanalen hos växtätare är lång jämfört med andra däggdjur. I tarmkanalen har växtätande däggdjur ofta en jäskammare med mikroorganismer som kan spjälka cellulosa. Där finns både mutualistiska bakterier och **ciliater** – encelliga djur som lever i mutualism med däggdjuret. Växtätarna kan ha jäskammare i den främre delen av matspjälkningskanalen. Det gäller till exempel idisslare som får och kor. Andra växtätare har i stället jäskammare i slutet av tjocktarmen eller i en förlängd blindtarm, som hos hästar och harar. Uppehållstiden i matspjälkningssystemet är även den lång för att växtmaterialet ska få tillräcklig tid att brytas ned. Hos harar och kaniner delas födan upp i en osmältbar, fiberrik del som direkt blir bajspluttar, och en näringsrik del som förvaras i den extra långa blindtarmen. För att inte få näringsbrist behöver hardjur äta det mjuka näringsrika blindtarmsinnehållet igen så att födan passerar tarmen två gånger.

Allätare har en blandning av enzymer som klarar av både växtmaterial och animaliskt protein, men de är inte lika effektiva på att bryta ned cellulosa som en riktig växtätare, eller på att snabbt ta upp protein som en köttätare.

14.2 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- idisslare
- hydrolys
- ciliat

SVARA PÅ FRÅGORN

1. Ge några förklaringar till att flertalet djur, inklusive människan, behöver ett matspjälkningssystem.
2. Varför är det oftast svårare för växtätare än för köttätare att få ut näringsämnen ur födan?
3. Hur kan idisslarna utnyttja näringsämnena i växter?
4. Hur är köttätare anpassade till sin föda?
5. Hur kan tänderna avslöja djurets födoval?
6. Varför har idisslare så långa tarmar?

14.3 Människans matspjälkning

Tiden för födans passage

Det tar mellan 20 och 36 timmar för födan att passera genom hela mag- och tarmkanalen . När vi har svält födan bearbetas den först i magsäcken under cirka fyra timmar. Detta gör att vi inte behöver äta hela tiden, utan kan fylla magsäcken med jämna mellanrum. Efter magsäcken passerar födan tunntarmen under 3–6 timmar. Slutligen passerar den tjocktarmen och ändarmen under 12–14 timmar. När måltiden har bearbetats färdigt återstår restprodukter som cellulosa, en del salter och en massa bakterier.

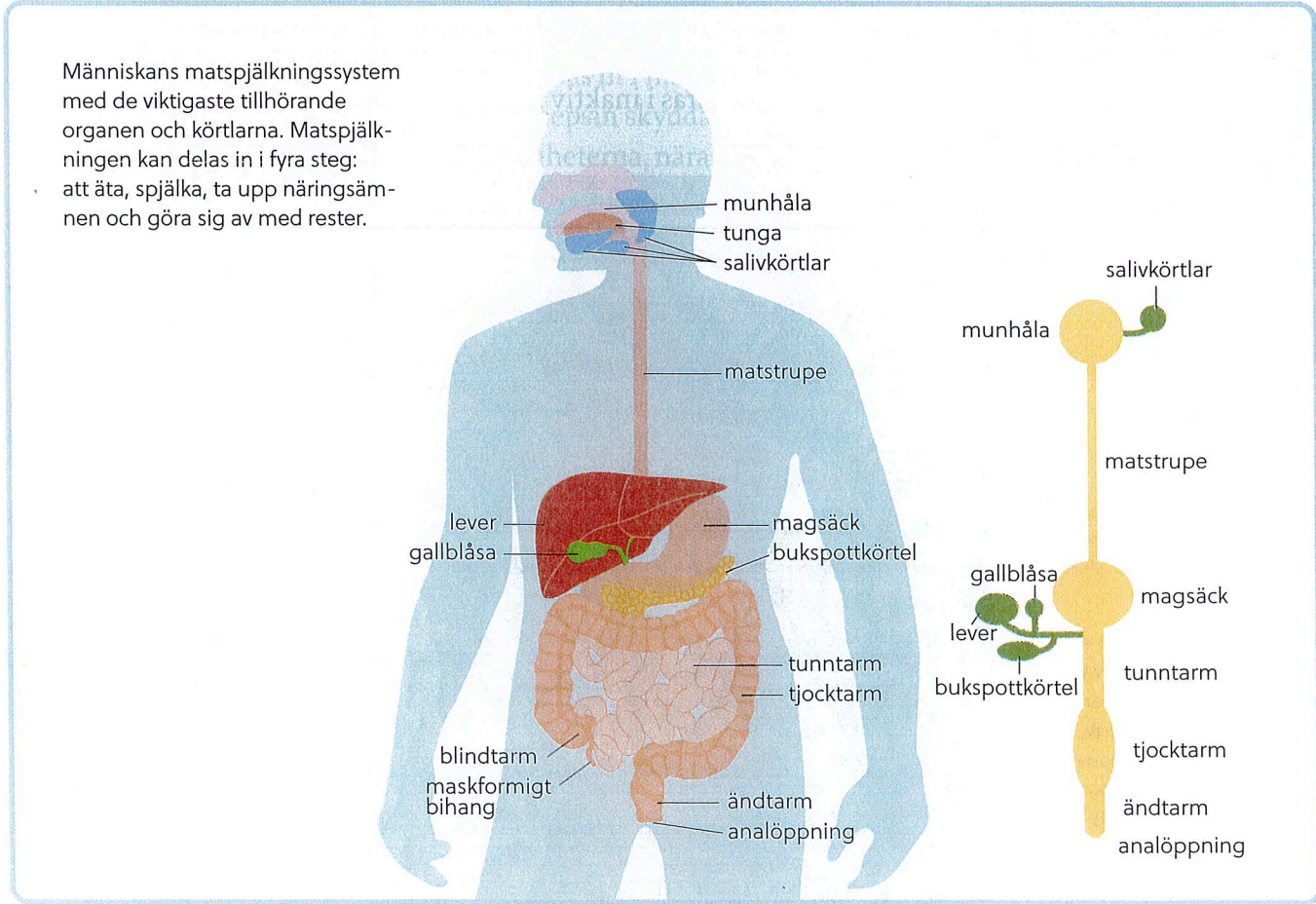
Munhåla, svalg och matstrupe

I munhålan sönderdelas och mals födan av tänderna och tungan, samtidigt som den blandas med saliv. Varje dygn producerar spottkörtlarna 1–2 liter saliv. Saliv består till största delen av vatten, men innehåller också **mucin** – ett slemämne som gör födan hal och enklare att svälja.

mucin – ett slemämne som gör födan enklare att svälja.

Saliven innehåller också enzymet **amylas**, som spjälkar stärkelse till disackarider. Eftersom födans pH-värde kan variera kraftigt så fungerar saliven också som en kemisk buffert. Bakterier i munnen sänker dessutom pH-värdet, och

amylas – ett enzym som spjälkar stärkelse till disackarider.



för att skydda tändernas emalj innehåller saliven också vätekarbonatjoner (HCO_3^-), som stabiliserar pH-värdet vid cirka 7. Dessutom innehåller saliven också antikroppar, och lysozym, ett enzym som finns i både saliv och tårvätska, som bekämpar virus och bakterier.

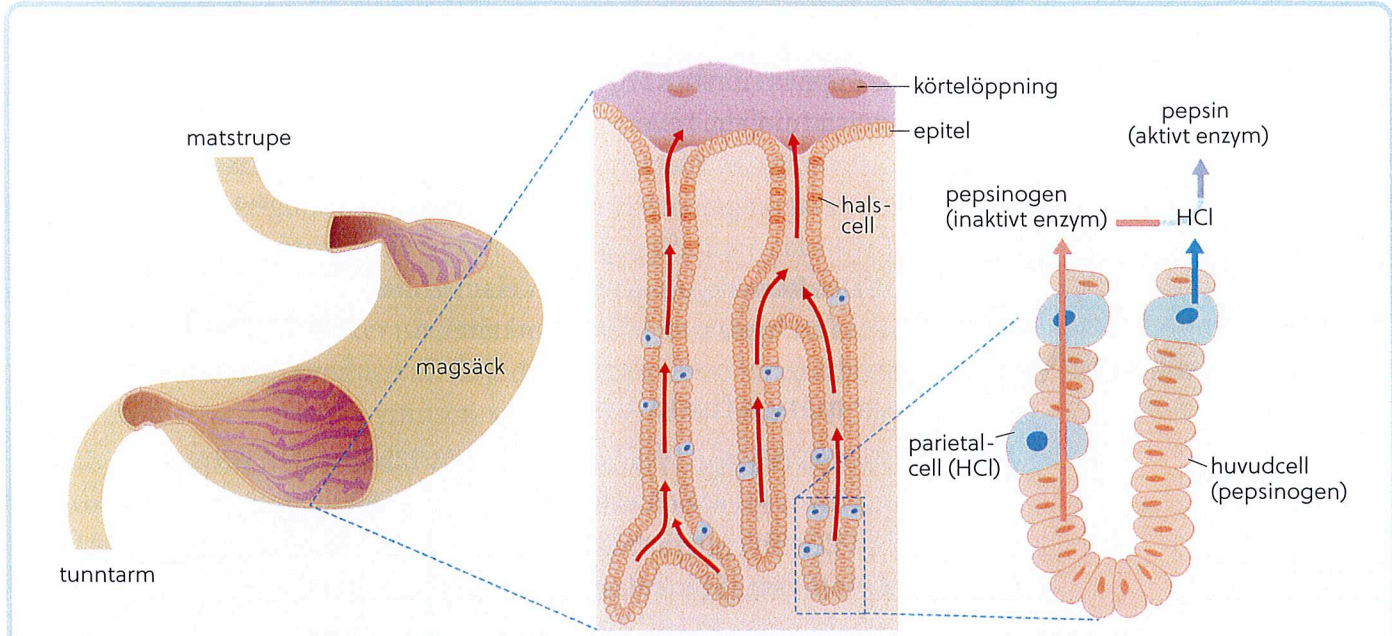
När du sväljer stängs öppningen till luftstrupen automatiskt. Stängningsreflexen är mycket stark, men trots detta händer det att födan kommer i luftstrupen i stället för i den angränsande matstrupen. Den översta delen av matstrupen är omgiven av skelettmuskler som kan kontrolleras av viljan. De övriga delarna omges av glatt muskulatur, som inte kontrolleras av viljan. Den föda du sväljer kramas av de glatta musklerna nedåt mot magsäcken med ryt-miska (peristaltiska) rörelser.

Magsäcken

Magsäcken har många viktiga funktioner. Den fungerar som lagerutrymme för födan och portionerar den vidare för nedbrytning i tarmkanalen. Magsäcken kan tänjas så att den rymmer cirka två liter. För att hindra magsäcksinnehållet från att tränga upp i matstrupen finns en övre magmun, en ringmuskel som sluter öppningen. I botten på magsäcken finns en nedre magmun som sköter tömningen av magsäckens innehåll vidare till tolvfingertarmen. I magsäckens vägg finns glatta muskler och en mängd körtlar som utsöndrar magsaft – en blandning av vatten, saltsyra, enzymer och mucin – som blandas med födan i en knådande rörelse.

Körtlarna sitter i veck i slemhinnan och består av specialiserade huvudceller, som bildar enzymet pepsinogen och parietalceller som bildar saltsyra. Enzy-met pepsinogen utsöndras i inaktiv form längst ned i körtlarna. På vägen upp

Magsäcken är inte som en tom påse, utan har en vägg av starka muskler som är kraftigt veckad. Bilden är tagen med svepelektron-mikroskop av magsäck-ens veckade insida med körtelöppningar där pepsin och slem utsöndras.



I den kraftigt veckade magsäcksväggen mynnar de körtlar som producerar saltsyra, pepsinogen och buffrande slem. Pepsinogen avges längst ned i huvudcellerna, saltsyra lite högre upp från parietalcellerna och det buffrande slemmet utsöndras från halscellerna, närmast mynningen. När magen är full är körtlarna mycket aktiva, medan de mellan måltiderna normalt är inaktiva.

mot öppningen möter pepsinogenet saltsyran och reagerar till aktivt **pepsin**. Det aktiva pepsinet är lättflytande och duschas in i magsäckens inre. Genom att utsöndra pepsinogen som sedan bildar pepsin skyddas magsäckens egna celler från att brytas ned. Längst upp i håligheterna, nära körtlarnas mynning till magsäcken, finns andra specialiserade celler, halsceller, som bildar ett skyd-dande slem. Det bidrar ytterligare till att skydda cellerna i magsäckens vägg, framförallt från saltsyran.

Spjälkningen i magsäcken

Det mycket låga pH-värdet i magsäcken dödar mikroorganismer, samtidigt som proteinernas tredimensionella struktur bryts ned. Det kallas att proteinerna denatureras, vilket underlättar för pepsinet som fortsätter nedbrytningen av proteinerna till mindre polypeptider. Blandningen av föda och magsaft kallas **kymus**, en halvflytande vätska som förs från magsäcken till tunntarmen.

Tolvfingertarmen

Tolvfingertarmen utgår från nedre magmunnen och är egentligen de övre två decimetrarna av tunntarmen. Den har fått ett speciellt namn, eftersom den är ungefär tolv fingrar bred och det är här som både bukspottkörteln och leverns gallblåsa tömmer sitt innehåll av bukspott och galla. Även celler i tolvfingertar-mens vägg är aktiva och utsöndrar slem.

pepsin – ett enzym som spjälkar proteiner till poly-peptider.

kymus – en halvflytande vätska som består av bear-betad föda och magsaft.

tolvfingertarmen – den första delen av tunntarmen där galla och bukspott tillförs.

Levern

gallsalter – tillverkas i levern och emulgerar stora fett droppar till mindre. Fungerar ungefär som diskmedel.

Levern är kroppens största körtel (cirka 1,5 kg) och den har en central betydelse för ämnesomsättningen. Levercellerna producerar galla, som är nödvändigt för spjälkning och upptag av fett i tarmkanalen. På leverns undersida finns också gallblåsan som lagrar gallan innan den utsöndras i tolvfingertarmen. Det fett vi äter är triglycerider. De är olösliga i vatten och bildar därför stora fett droppar i kymusen. **Gallsalterna** i gallan sönderdelar fett dropparna, vilket gör det lättare för enzymerna att bryta ned dem i tarmkanalen.

Levern har många funktioner

Ämnena från spjälkningen i tarmen tas upp av blodet och transporteras direkt till levern via portvenen för fortsatt bearbetning som inga andra celler i kroppen kan göra. Levern reglerar blodsockernivån, se nästa sida, bildar de flesta av de proteiner som finns i blodplasman, till exempel fibrin för blodets levering, och lagrar vitaminer och järn. Ibland kallas levern för den stora reningscentralen eftersom det är i levern som gifter i blodet tas omhand och oskadliggörs. I levern omformas gifter och läkemedel så att de blir mer vattenlösliga och kan utsöndras med urinet. Alkohol bryts ned i levern med hjälp av enzymet alkoholdehydrogenas. Detta enzym har begränsad kapacitet och kan bara omvandla cirka 0,1 g etanol per timme. När kroppen bryter ned alkohol bildas det skadliga ämnen. Ett sådant ämne är acetaldehyd som skadar cellerna och är cancerframkallande. Levern fungerar också som ett blodförråd, och speciella celler i levern kan döda bakterier som råkat följa med från tarmen. Det syrerika blodet som behövs för leverns alla processer transporteras till levern via leverartären.

När levern bryter ned alkohol omvandlas alkoholen till det giftiga ämnet acetaldehyd. Det anses vara en bidragande orsak till baksmälla.

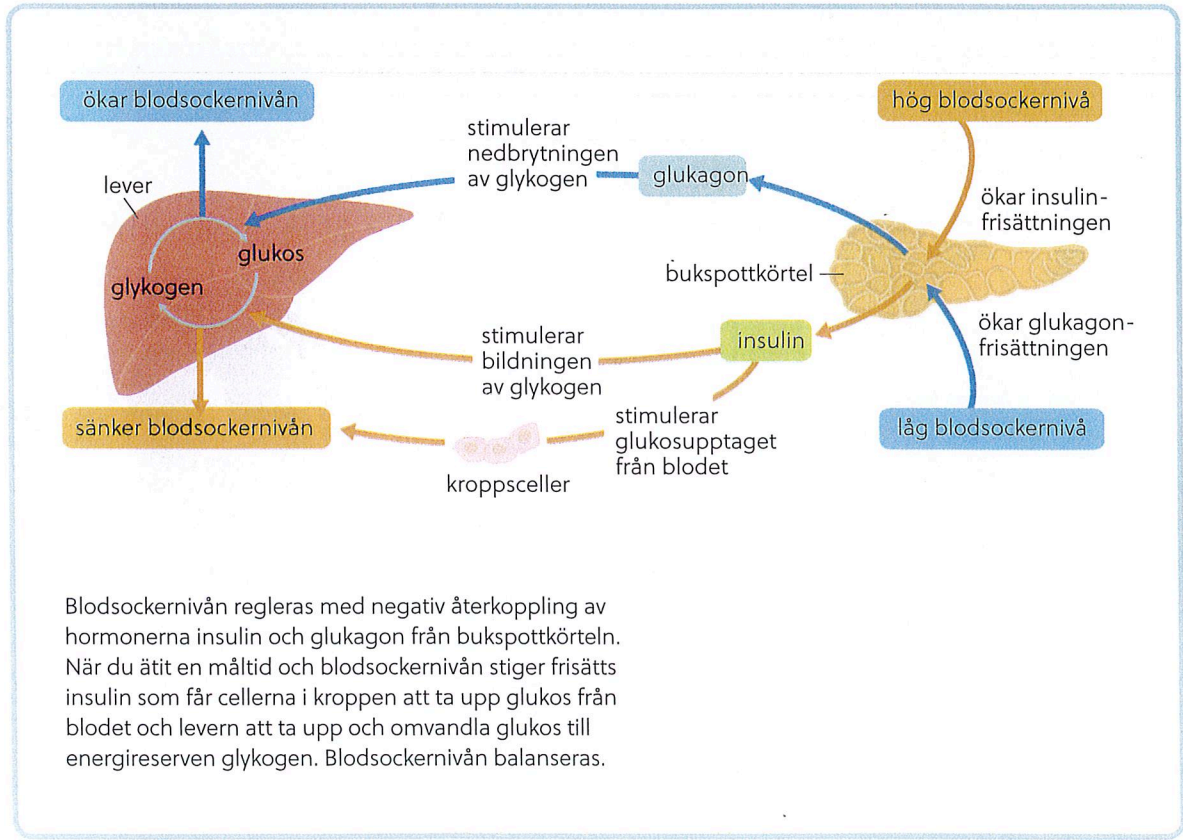


Bukspottkörteln

Bukspottkörteln (pankreas) är en körtel som ligger mellan magsäcken och tolvfingertarmen. Bukspottkörteln producerar bukspott med flera enzymer, bland annat amylas, **lipaser** och **proteaser**. Lipaserna, som egentligen är flera olika enzymer, bryter ned triglyceriderna i fett till glycerol och fria fettsyror. Proteaser är ett samlingsnamn för flera enzymer som spjälkar proteiner till polypeptider och aminosyror. Gemensamt för fettsyror och aminosyror är att de är mer vattenlösliga, vilket underlättar upptag och transport. I de omkring 1,5 liter bukspott som produceras varje dygn, ingår också vätekarbonatjoner som neutraliserar den sura kymusen, samt hormonerna insulin och glukagon. Hormonerna deltar i regleringen av blodsockernivån tillsammans med levern. De celler som ställer in blodsockernivån finns i de så kallade Langerhanska öarna i bukspottkörteln. Blodsockernivån regleras med hormonerna insulin och glukagon från bukspottkörteln. När du ätit en måltid och blodsockernivån stiger frisätts insulin som får cellerna i kroppen att ta upp glukos från blodet och överskottet av glukos omvandlar levern till energireserven glykogen. Blodsockernivån sjunker till normal nivå. Blodsockernivån är cirka 4–6 mmol/L i fastande tillstånd. Om du inte ätit på länge kommer blodsockernivån att sjunka och bukspottkörteln skickar istället ut glukagon som får levern att omvandla det lagrade glykogenet till glukos som går ut i blodet. Blodsockernivån ökar tills den åter är balanserad. Blodsockrets reglering är ett exempel på homeostatisk reglering och negativ återkoppling (kapitel 13). Efter passagen genom tolvfingertarmen har pH-värdet i tarmvätskan höjts till ungefär 8, tack vare bukspottet.

lipas – ett enzym som spjälkar fetter till fria fettsyror och glycerol.

proteas – samlingsnamn för flera enzymer som spjälkar proteiner till polypeptider och aminosyror.



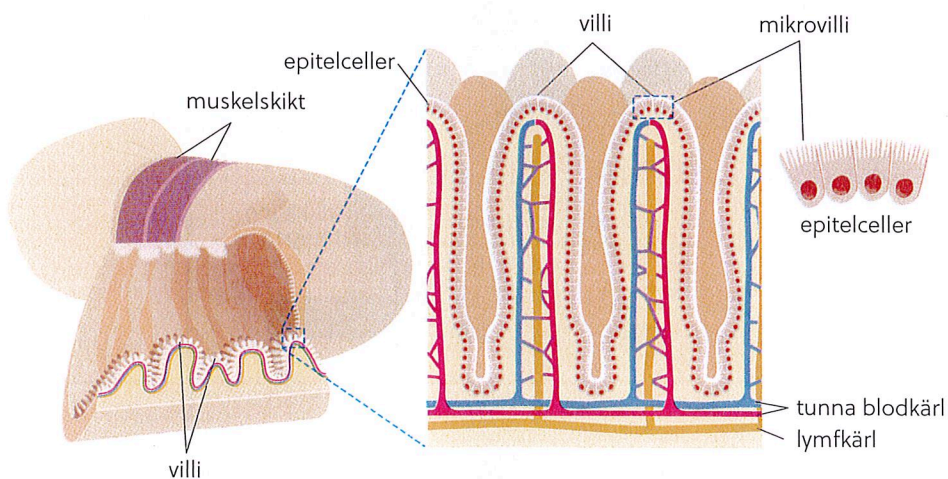
Tunntarmen

Tunntarmens viktigaste funktion är att ta upp näringsämnen från födan till blodet. Tunntarmen utgör den längsta delen av matspjälkningskanalen med sina cirka sex meter, vilket ger tid för enzymernas spjälkning samt upptag av näringsämnen.

villi – ytförstorande utskott i tunntarmsväggen (tarmludd).

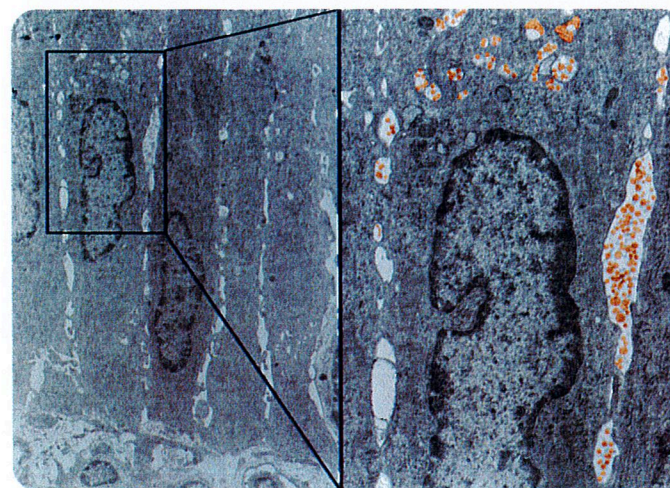
Tunntarmens väggar är kraftigt veckade och ytan är täckt med **villi** (tarmludd), som i sin tur är klädda med mikrovilli (små utskott på varje epitelcell). Denna uppbyggnad med veckning i flera nivåer gör att absorptionsytan blir stor, cirka 30 m², vilket effektiviserar upptaget av näringsämnen. I tunntarmens väggar finns även körtlar som producerar tarmsaft. Den har till uppgift att smörja tarmen och underlätta transporten av tarmvätska, men innehåller också små mängder enzymer. I tunntarmen spjälkas disackarider till monosackariderna glukos, galaktos och fruktos. Exempelvis spjälkas mjölksocker (laktos) av enzymet laktas och sackaros spjälkas av enzymet sukras. Absorptionen av näringsämnen sker aktivt, eller genom diffusion, in i tarmväggens celler. Monosackarider, aminosyror, nukleotider, vitaminer och mineralämnen tas i huvudsak upp av blodkärlen genom aktiv transport. Glycerol och fettsyror tas upp av epitelcellerna som återbildar triglycerider och packar dem i så kallade **kylomikroner**. Dessa omges av ett lager fosfolipider med en vattenlöslig utsida, vilket gör att det paketerade fett kan transporteras vidare i blodet och lymfan, som till största delen består av vatten. Även fettlösliga vitaminer transporteras med hjälp av kylomikroner. Alla näringsämnen samlas så småningom upp i portvenen och transporteras till levern. Ungefär tio liter tarmvätska passerar genom tunntarmen varje dygn, men bara en liter når tjocktarmen. Nästan allt vatten, näringsämnen och gallsalter absorberas alltså.

kylomikron – transporterar fetter, framför allt triglycerider, från tarmen till olika vävnader.



Tunntarmen har en mycket stor yta tack vare veckningar i villi och mikrovilli. I villi löper både blodkärl och lymfkärl för att maximera näringsupptaget.

Tunntarmen i genomskärning. Ytterst syns en ring av längsgående och cirkulära muskler som med enkelriktade peristaltiska rörelser pressar kymusen framåt. Det rödlila skiktet längst in är villi där upptaget av näring sker.



Kylomikroner är små bollar med hydrofil utsida (färgade orangea). De är nödvändiga för att transportera fett i vattenmiljöer. Här syns kylomikronerna mellan epitelcellerna i tunntarmen. Kylomikronerna byggs upp av ett lager fosfolipider och särskilda lipoproteiner som underlättar transporten av fett i blodkärlen och upptag vid cellerna.

Tjocktarmen

Tjocktarmen är viktig för kroppens vattenbalans eftersom den absorberar mycket av vattnet i tarmvätskan från tunntarmen. Tjocktarmen är cirka 1,5 meter lång, och i den finns också många hundra arter av mutualistiska mikroorganismer, den så kallade tarmfloran. Tarmbakterier använder till exempel den cellulosa vi själva inte kan bryta ned som energikälla, och i gengäld får vi flera B-vitaminer, folsyra och K-vitamin. Samtidigt bildar mikroorganismerna gaser av svavelväte och metan.

Där tunntarmen ansluter till tjocktarmen finns blindtarmen, med sitt **appendix**, en säcklik utbuktning. Ibland kan man läsa att blindtarmens appendix inte har någon funktion för människan, men forskare tror att det ingår som en viktig del i kroppens immunförsvar. Det är blindtarmens appendix som kan bli inflammerat och då ofta opereras bort.

appendix – ett litet utskott från blindtarmen.

Ändtarmen

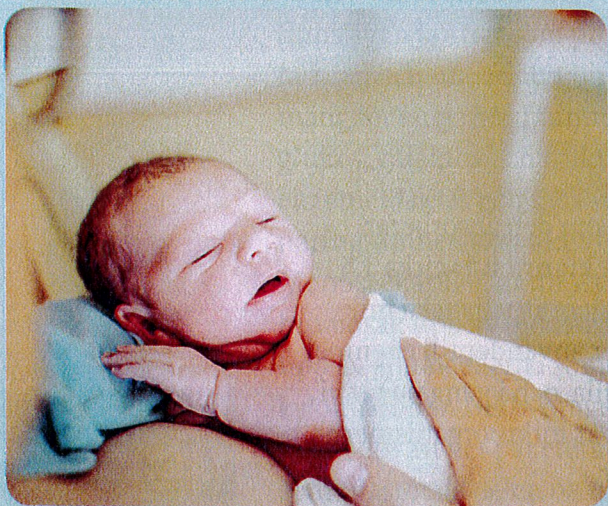
Slutligen hamnar avföringen i ändtarmen. Ändtarmen har två utvikningar – en där avföringen samlas och en där gaserna samlas. I och med att dessa är skilda åt behöver vi inte gå på toaletten varje gång gaser behöver släppas ut. Tömningsregleras av både viljestyrda och icke viljestyrda muskler. När ändtarmen börjar bli full reagerar först tryckkänsliga nerver och meddelar att det är tid att tömma tarmen. När vi sedan bestämmer att det är dags att gå på toaletten, är det i stället viljestyrda muskler som aktiveras.

Tjocktarmen börjar till vänster i bilden (där syns blindtarmens maskformiga bihang), tar en sväng upp mot magsäcken, och vänder sedan nedåt och mynnar i ändtarmen, längst ned. Personen på bilden har fått i sig kontrastvätska som gör att tarmen syns så bra på röntgenbilden.



Människan och de mutualistiska tarmbakterierna

Tidigare ansågs bakterier, svampar och virus på och inuti kroppen som något dåligt. Idag vet vi att vi tvärt om inte klarar oss utan dem. Kunskapen om hur vi lever och samarbetar med dessa organismer i ett gemensamt system är fortfarande inte helt klarlagt. Stora resurser satsas på forskning inom området, och ny kunskap kommer varje dag.



Den här nyfödda bebisen börjar nu koloniserar av mutualistiska bakterier.

Som foster är vi sterila, men redan vid förlossningen börjar vi koloniserar av bakterier, som på bara några dygn är etablerade. Hudens alla områden, munhåla, övre luftvägar, mag- och tarmkanal samt urinvägar och könsorgan får snabbt kolonier av bakterier som vi faktiskt har stor nytta av. Vid ungefär två års ålder är bakteriefloran fullständig och vi behåller den livet ut, med vissa åldersrelaterade förändringar. Kunskapen om dessa snälla bakterier är fortfarande begränsad, men forskning på områ-

det har gett oss insikt om att de har stor betydelse för vår hälsa och vårt välbefinnande. Som vi har nämnt tidigare så överstiger antalet bakterier i våra kroppar vida antalet celler som vi består av. Antalet är också stort – det finns cirka 1 000 olika arter av bakterier i ditt matspjälkningssystem, där de allra flesta koloniserar tjocktarmen. Tillsammans har de mer än 100 gånger fler gener än vad vårt eget DNA innehåller. Man kan fråga sig om det är vi som är värd för bakterierna eller om det är de som är vår värd. Vi ska här titta lite närmare på de bakterier vi har i mag- och tarmkanalen, som kan beskrivas som ett invärtes mikrobiellt ekosystem. Likande naturens olika biom kallas alla bakterierna tillsammans för mikrobiom. Forskningen har visat att ju artrikare detta mikrobiom är, desto friskare är vi. Det är också visat att mikrobiomet är viktigt för utvecklingen av både immunförsvaret och hjärnan. Spännande ny forskning visar att vårt mikrobiom i Europa och Nordamerika, där allergier är vanliga, är mycket artfattigare än det hos människor i Sydamerika och östra- och sydöstra Asien.

Den livsviktiga tarmfloran

De flesta av de bakterier vi får i oss när vi äter dör i magsäckens sura miljö, men redan i tunntarmen börjar de snälla bakterierna dyka upp. När mjölksyrabakterier tar sin näring från olika kolhydrater skapar de en sur miljö som gör det svårare för sjukdomsalstrande bakterier att etablera sig. Dessa mjölksyrabakterier producerar också vissa B-vitaminer som tas upp i tunntarmen och som även har visat sig ha en stimulerande effekt på immunförsvaret. I slutet på tunntarmen, men framför allt i tjocktarmen, ökar antalet snälla bakteriearter stort. De livnär sig i huvudsak på de delar av vår föda

som vi inte kan ta tillvara själva. Tarmbakteriernas betydelse för oss är många:

- De producerar aminosyror och vitaminer som vi kan tillgodogöra oss, exempelvis K-vitamin och olika B-vitaminer.
- Genom sitt stora antal dödar de eller konkurrerar ut sjukdomsalstrande bakterier.
- De stimulerar immunförsvaret så att låga nivåer av antikroppar produceras mot dem. Dessa antikroppar reagerar sedan även med sjukdomsframkallande bakterier, ibland till och med kraftigare.
- De ser till att ämnen från levern, som gallsyror, kan återvinnas.
- De producerar det mesta av hormonet serotonin i kroppen, ett ämne som har betydelse för vårt välmående och aptit – hög nivå när vi är mätta och belåtna, och låg nivå när vi hungriga eller stressade.

Det är alltså inte bara hjärnan som bestämmer. Kommunikationen mellan tarmarna och hjärnan går i båda riktningarna. Bildligt kan vi säga att tarmbakterierna talar om vad de vill ha. Kanske det till och med är bakteriernas behov som ibland får oss att bli sugna på udda mat. Många sjukdomar som diabetes, Alzheimer, autism, tarminflammationer, depression, vissa allergier och fetma är direkt eller indirekt kopplade till störningar i tarmens mikrobiom, vilket benämns dysbios.

Tarmens barriärfunktion

Det kanske känns konstigt att ha så mycket bakterier i kroppen, men de befinner sig faktiskt utanför kroppen även om de är inne i tarmen. Eftersom tarmsystemet kan liknas vid ett rörsystem med två öppningar där tarmens inre hör till yttervärlden

och tarmens vägg av epitelceller som barriär eller gräns mellan yttre världen och kroppen. Tarmepitelets huvudsakliga uppgift är att ta upp näringsämnen från födan till blodet. Epitelcellerna som utgör tarmväggen hålls ihop av tight-junctions, proteiner som håller samman epitelcellerna. Tight-junction-proteinerna är dynamiska och kan öppna upp utrymmet mellan cellerna och på detta sätt reglera jontransport och vatten över tarmepitelet. Patogena (skadliga) bakterier som till exempel *Escherichia coli* (*E. coli*) och *Salmonella typhimurium* (*S. typhimurium*) har visat sig försvaga tarmens tight-junctions barriär. Det kan leda till inflammation och aktivering av immunförsvaret.

Vid tarminflammationer och när vi använder antibiotika rubbas tarmfloras mikrobiom, med irritationer som diarré som följd. Efter en antibiotikakur kan det ta upp till ett år innan bakteriefloran är återställd! I svåra fall har man därför börjat ge avföringstransplantationer med tarmflora från friska donatorer, vilket har visat sig vara mycket effektivt. Den metoden har också visat sig ge lovande resultat vid behandling av kroniska tarminflammationer och diabetes typ 2. Kopplingen mellan födoämnesallergier och bakterierna i tarmarna intresserar forskarna och förhoppningsvis finns snart vacciner mot de vanligaste födoämnesallergierna.

1. Vad menas att vi koloniserar av bakterier när vi föds?
2. Vad menas med dysbios?
3. Hur kan snälla bakterier hjälpa tarmens barriärfunktion?

14.3 Testa dina baskunskaper

FÖRKLARA BEGREPPEN

- | | | |
|---------|--------------|--------------|
| • mucin | • proteas | • kylomikron |
| • kymus | • villi | • appendix |
| • lipas | • gallsalter | |

SVARA PÅ FRÅGORNA

1. Vad händer med födan i magsäcken?
2. Vilka två stora körtlar tömmer sina produkter i tolvfingertarmen?
3. Vilka uppgifter har levern utöver dem som direkt har med nedbrytning av födan att göra?
4. Vad händer med födan i tunntarmen?
5. Vad kan störa magsäckens funktion?