

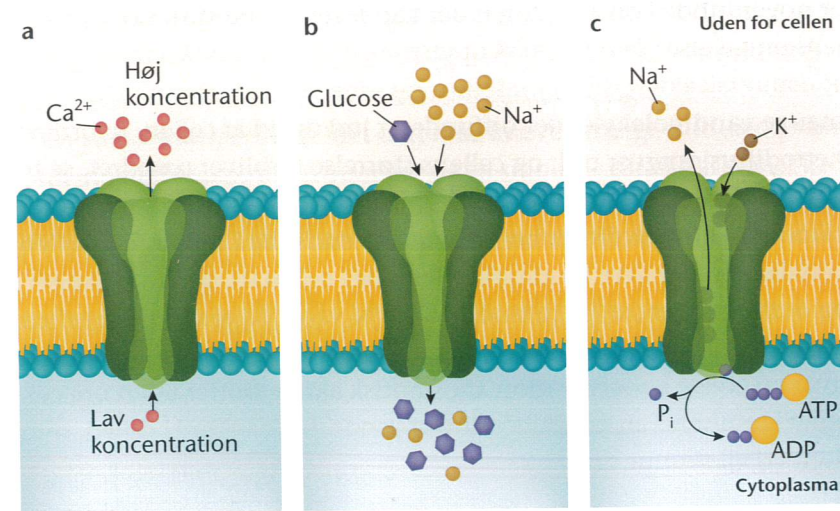
### Aktiv transport

Det er en livsbetingelse for celler aktivt at kunne optage stoffer eller ioner, men også at kunne udskille unødvendige stoffer. Denne type transport over cellemembranen forløber ofte mod en koncentrationsgradient, dvs. fra en lav koncentration mod en højere koncentration, og det kræver *aktiv transport*. Aktiv transport er en energikrævende proces hvor der forbruges ATP for at transporten kan gennemføres. Den aktive transport gennem cellemembranen foregår via transmembrane proteiner der ofte er specifikke for transport af netop ét molekyle eller én bestemt ion.

Som et led i at opretholde en normal cellefunktion og -signalering udskiller eukaryoter  $\text{Ca}^{2+}$ -ioner vha. aktiv transport, idet transporten sker mod en koncentrationsgradient, se figur 13a. En anden form for aktiv transport findes i menneskers fordøjelsessystem, hvor optag af glucose fra tyndtarmen drives af  $\text{Na}^+$ -ioner i hvad der kaldes en symport eller co-transport, se figur 13b.  $\text{Na}^+$ -ionen bevæger sig med en koncentrationsgradient og trækker et glucos molekyle med ind gennem cellemembranen. Der er tale om aktiv transport fordi cellen forinden har brugt energi på at pumpe  $\text{Na}^+$  ud af cellen. Et sidste eksempel på aktiv transport er  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -pumpen, se figur 13c, der under spaltning af ATP pumper tre  $\text{Na}^+$ -ioner ud af cellen og to  $\text{K}^+$ -ioner ind i cellen.  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -pumpen findes i de fleste dyreceller og er særlig udbredt i nerveceller, muskelceller og i tyndtarmens celler.

Figur 13. Aktiv transport.

- Transport af én ion mod en koncentrationsgradient.
- Et eksempel på symport (co-transport) hvor  $\text{Na}^+$  og glucose optages i cellen samtidig.
- $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -pumpen.



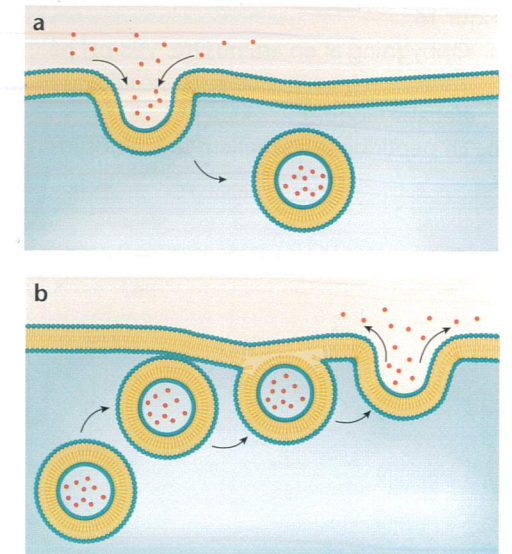
### Endocytose og exocytose

Visse stoffer kan hverken optages eller udskilles gennem kanaler i cellemembranen, så i stedet benytter cellen sig af *endocytose* og *exocytose*.

Endocytose er en proces der optager stoffer omkring cellemembranens overflade, idet en lille del af membranen krænges indad og afsnøres, se figur 14a. Processen foregår bl.a. i de af immunforsvarets celler der optager virus eller bakterier. Selve afsnøringsprocessen kræver ATP og dermed er der tale om en aktiv transport. Celler kan ligeledes samle nydannede proteiner i en vesikel og sende disse ud af cellen via exocytose, se figur 14b. Det er den måde  $\beta$ -celler i bugspytkirtlen udskiller insulin til blodbanen.

### Proteiner

En menneskecelle indeholder rundt regnet 10.000 forskellige proteiner og 42 millioner proteiner i alt. Det kan umiddelbart være svært at begribe hvad de alle skal bruges til, men proteiner er cellens operatører der udfører funktioner som transport, signaler, nedbrydning, opbygning og regulering af gener. De giver også cellen struktur og holder orden. I figur 15 vises eksempler på de vigtigste funktioner som proteiner udfører i og omkring celler.

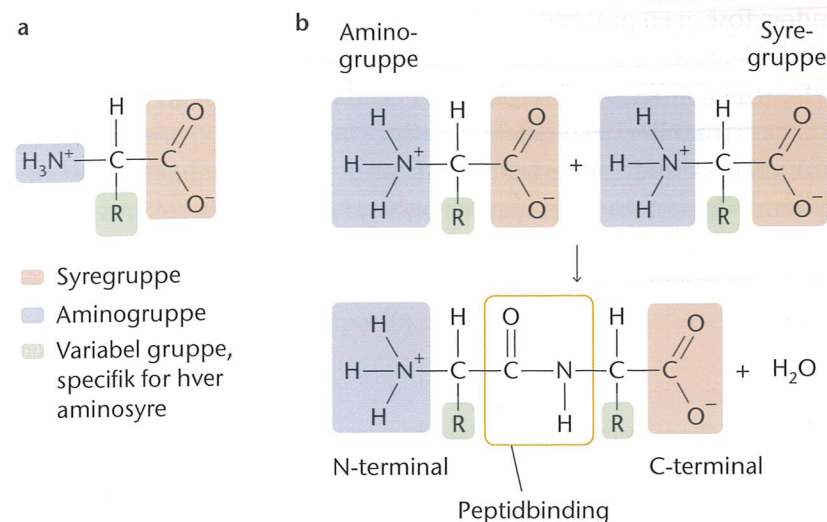


Figur 14. a. Endocytose. b. Exocytose.

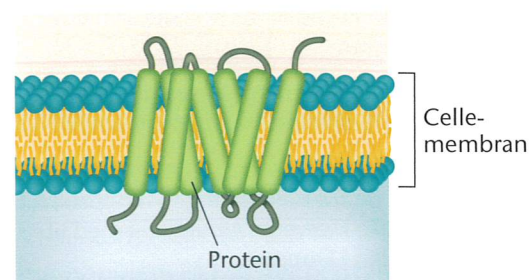
Proteiner	Eksempel og funktion
Muskelproteiner	Aktin og myosin er de primære proteiner der skaber muskelkontraktion.
Membranproteiner	Aquaporin er en kanal i cellemembranen der tillader vand at trænge ind og ud af cellen. Aquaporin er sammensat af fire polypeptider.
Hormoner	Insulin er et peptidhormon hvilket betyder at det består af en kæde af aminosyrer. Insulin er i de fleste celler nødvendigt for at glucose kan optages fra blodet.
Transportproteiner	Hæmoglobin findes i de røde blodceller og transporterer $\text{O}_2$ fra lungerne til alle kroppens celler.
Enzymer	Amylase er et enzym der findes i spyttet og i tyndtarmen. Det nedbryder stivelsen i maden til mindre dele.
Strukturproteiner	Kollagen findes i bindevæv mellem celler samt i brusk, sener, hud og hår. Kollagen er en vigtig del i bl.a. sårheling, og derudover udgør kollagen 30 % af det samlede proteinindhold i mennesker.
Antistoffer	Antistoffer dannes af kroppens immunforsvar og er med til at bekæmpe fremmede elementer i kroppen som fx bakterier og virus.
Serumproteiner	Albumin findes i blodet og trækker vand ind i blodbanen, så der ikke ophobes væske i vævene. Albumin er med til at regulere væskebalancen i kroppen.

Figur 15. Eksempler på proteiner og deres funktion.

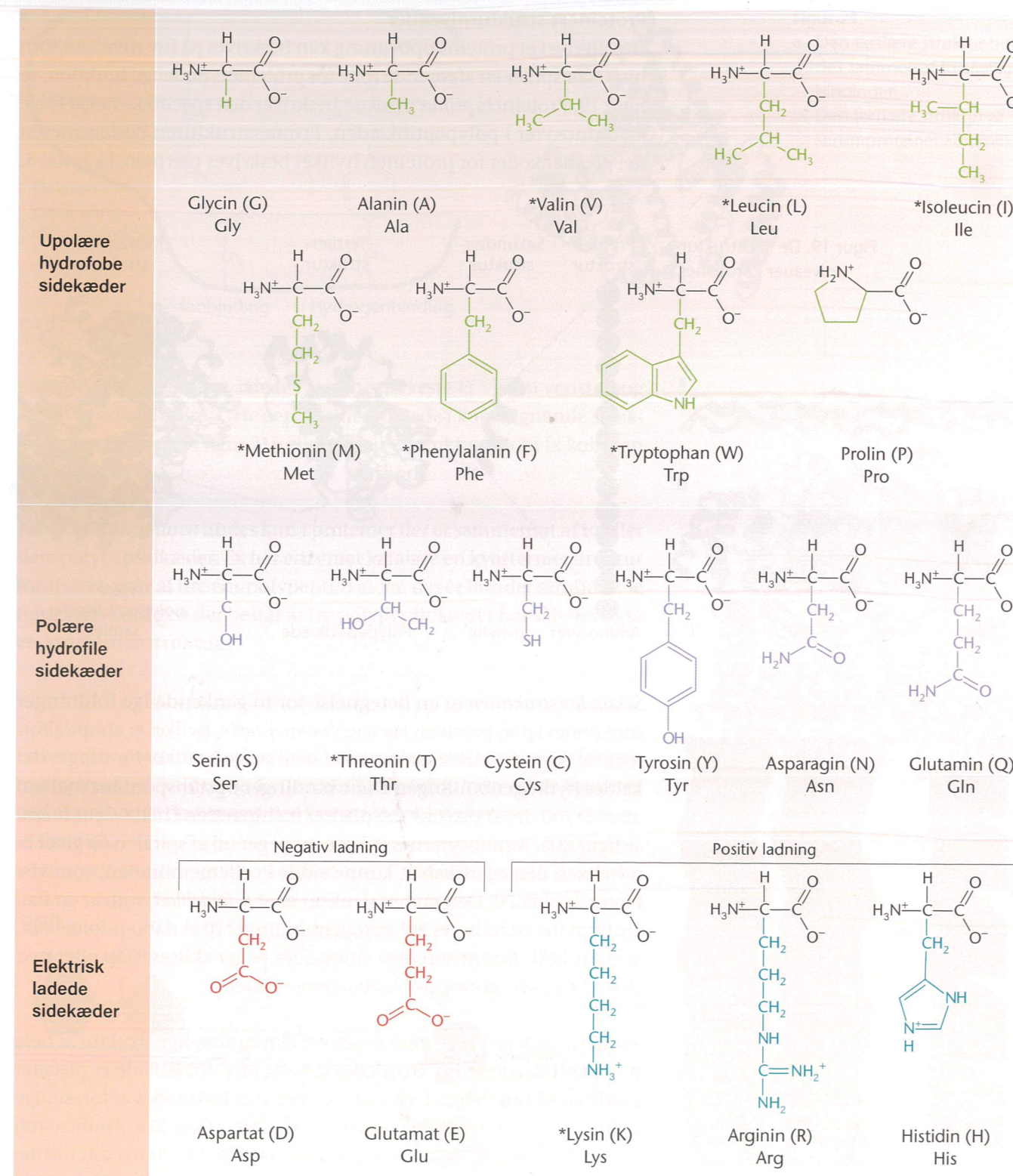
Figur 16.  
 a. Opbygning af en aminosyre. Ved pH på 7,4 har aminosyren både en positiv og en negativ ladning.  
 b. En peptidbinding mellem to aminosyrer.



Proteiner har en stor alsidighed i deres form og funktion, men de er alle opbygget af de samme byggeklodser, nemlig *aminosyrer*. Den generelle struktur af en aminosyre er vist i figur 16a, og to aminosyrer kan bindes sammen ved at den enes aminogruppe reagerer med den andens syregruppe, så der dannes en *peptidbinding* under fraspaltning af vand, se figur 16b. Når mange aminosyrer på den måde er bundet sammen til en lang kæde, kaldes det for et *polypeptid*. Der findes 20 forskellige aminosyrer som naturligt forekommer i proteiner, og de opdeles i undergrupper efter hvilke egenskaber sidekæden (vist som R i figur 16) har. Der findes aminosyrer med hydrofobe (upolære) og hydrofile (polære) sidekæder samt nogle med en positiv eller negativ ladning. Kombinationen af de forskellige aminosyrer er med til at bestemme proteinets egenskaber, så proteiner der fx forekommer i cellemembranen indeholder en eller flere sektioner af hydrofobe aminosyrer, som muliggør proteinets placering mellem phospholipidernes fedtsyrer, se figur 17. Kroppen kan selv danne 12 ud af de 20 aminosyrer, men de resterende otte er såkaldte *essentielle aminosyrer* som skal tilføres via kosten, se figur 18.



Figur 17. Et membranprotein. De lysegrønne sektioner af proteinet indeholder hydrofobe aminosyrer og placeres i cellemembranens hydrofobe midte. De mørkegrønne sektioner er hydrofile.

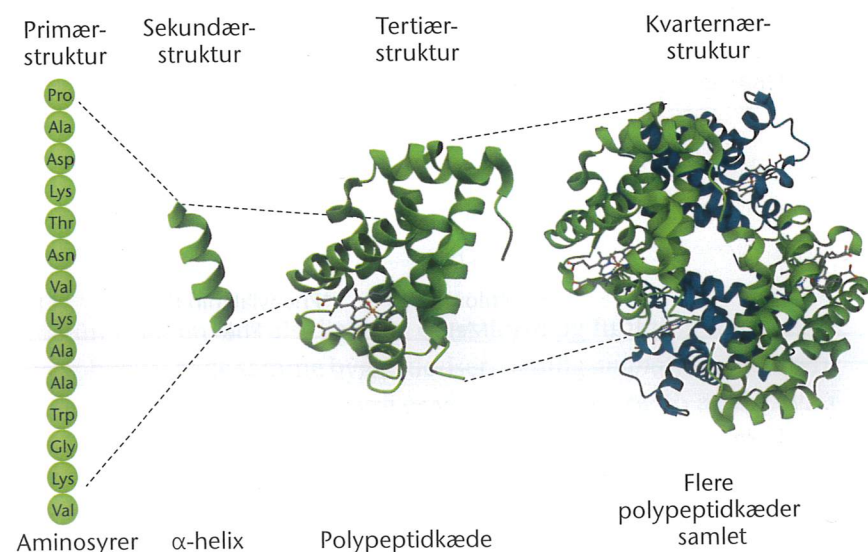


Figur 18. De 20 naturligt forekommende aminosyrer. De essentielle aminosyrer er markeret med en stjerne.

### Proteiners strukturniveauer

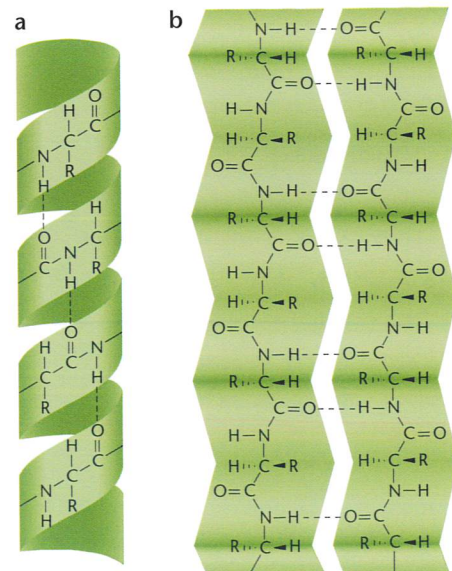
Detaljerne i et proteins opbygning kan beskrives på fire niveauer som hver især spiller en afgørende rolle for proteinets endelige funktion, se figur 19. Proteinets *primærstruktur* beskriver den specifikke rækkefølge af aminosyrer i polypeptidkæden. Primærstrukturen bestemmes af det gen der koder for proteinet, hvilket beskrives nærmere i kapitel 5.

Figur 19. De fire struktur-niveauer i proteiner.

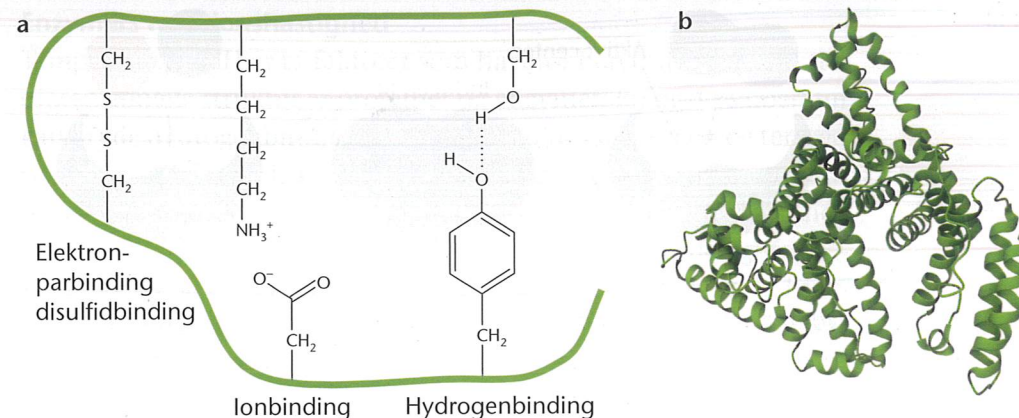


*Sekundærstrukturen* er en betegnelse for to genkendelige foldninger som findes i polypeptidet. Først er der en  $\alpha$ -helix, hvilket er en spiralformet struktur der holdes sammen af flere svage kemiske bindinger der kaldes hydrogenbindinger. Disse bindinger opstår spontant mellem aminosyrer der er placeret fire pladser fra hinanden i helix-strukturen, se figur 20a. Aminosyrernes sidekæder peger ud af spiralen og giver fx  $\alpha$ -helixen den egenskab at kunne sidde i cellemembranen, som vist i figur 17 side 20. Den anden struktur er et  $\beta$ -foldeblad, som er en flad struktur der stabiliseres af hydrogenbindinger til et nabo- $\beta$ -foldeblad, se figur 20b. Aminosyrernes sidekæder peger skiftevis op eller ned uanset hvilken retning  $\beta$ -foldebladene vender.

*Tertiærstrukturen* i et protein beskriver den rummelige struktur af hele polypeptidkæden, dvs. hvorledes  $\alpha$ -helix og  $\beta$ -foldeblade er placeret i forhold til hinanden. Den rumlige struktur fastholdes af forskellige bindinger mellem aminosyrernes sidekæder, se figur 21a. Aminosyren cystein indeholder et svovlatom i sin sidekæde, og når to cysteinsidekæder er i nærheden af hinanden, dannes en binding mellem de to svovlatomer, en såkaldt *svovlbro* eller *disulfidbinding*. Bindingerne vist



Figur 20. a. Et  $\alpha$ -helix og b. et  $\beta$ -foldeblad. De stiplede linjer viser hydrogenbindinger.



Figur 21.

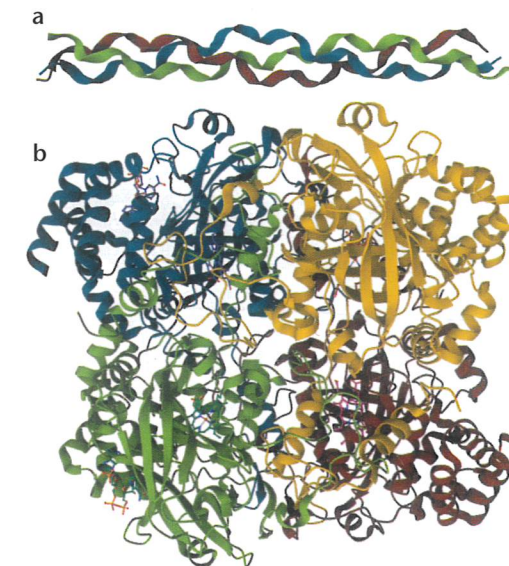
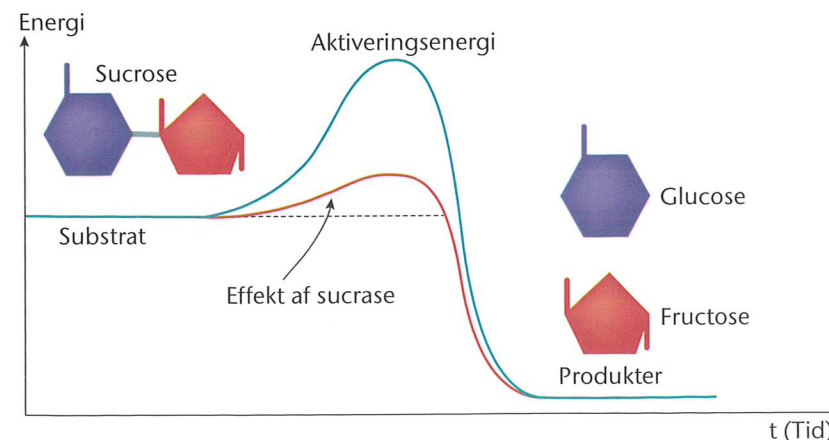
- a. Den tertiære struktur holdes sammen af forskellige bindinger.
- b. Den tertiære struktur af serumproteinet albumin.

i figur 21 er organiseret således at den stærkeste er vist til venstre, og den svageste til højre. Ofte er proteiner foldede i kuglelignende strukturer, som albumin i figur 21b eller i en fiberstruktur som fx kollagen i figur 22a.

*Kvarternærstrukturen* findes kun i proteiner der er sammensat af to eller flere polypeptidkæder. Fx har enzymet katalase en kvarternærstruktur fordi det består af fire ens polypeptidkæder, der er bundet sammen, se figur 22b. Kollagen der består af tre polypeptidkæder har således også en kvarternærstruktur.

### Enzymer

Enzymer er proteiner der hjælper biokemiske processer med at forløbe hurtigere. Man kalder også enzymer for *katalysatorer*, og de fungerer ved at nedsætte den energi der kræves for at igangsætte en reaktion, se figur 23.



Figur 22. Proteiner med en kvarternær struktur. a. Kollagen. b. Katalase.

Figur 23. Enzymer nedsætter den energi der skal til for at igangsætte en reaktion.