

Enzymer – et kemisk værktøj

Enzymer deltager i utallige processer i din krop. De sørger for, at de kemiske reaktioner kan forløbe hurtigt og effektivt.

Et enzym er en *katalysator*. Det er netop et stof, der får en kemisk reaktion til at gå hurtigere.

I nye biler sidder der en katalysator i udstødningsrøret. Den sørger for, at de skadelige gasser omdannes til mindre skadelige stoffer. Den kemiske reaktion foregår også i luften uden katalysator, men så tager den meget lang tid. Med katalysator sker den kemiske reaktion, medens gassen farer ud gennem udstødsrøret!

Du kender også en katalysator fra forsøg i kemitimerne: Når man vil

lave oxygen, kan man f.eks. bruge hydrogenperoxid, der spaltes i vand og oxygen. Denne spaltning foregår langsomt uden katalysator. Tilsættes der brunsten som katalysator, forløber reaktionen meget hurtigt.

Katalysatorer er altså en slags hjælpeværktøj ved kemiske reaktioner, og blandt dem er enzymer de mest effektive. Enzymer er proteinstoffer, der dannes i levende organismer, og de kan få kemiske reaktioner til at forløbe utrolig hurtigt. Herudover adskiller enzymer sig fra andre katalysatorer ved, at et bestemt enzym kun kan påvirke én bestemt kemisk reaktion. I en enkelt celle i din krop findes der derfor op mod 1000 forskellige enzymer.

Enzym – molekyle. Billedet viser en tredimensional model af et molekyle af osteløbe enzymet Chymosin.

Enzymer laver ost

Grenopgave 4 indeholder et eksperiment, der går ud på at udskille proteinet kasein fra skummetmælk ved hjælp af eddikesyre. Af dette kasein kan der laves syrnede ost.

Det meste ost laves imidlertid ved at kaseinet udfældes med et enzym, der hedder *rennin* eller *osteløbe*.

Enzymet osteløbe udvindes af maver fra spædekølve. Allerede i oldtiden lavede man ost ved f.eks. at lægge kalvemaver i gedemælk. I



Tilsætning af osteløbe til mælk for at få mælken til at danne ost. Osteløbe er udtræk (enzym) fra kalvemaver.

dag trækker man først enzymet ud af maverne og bruger det så i en koncentreret opløsning.

Man kan fremstille næsten det samme enzym »kunstigt«. Ved forsøg har man fundet frem til svampearter, der producerer et osteløbeenzym. Svampene dyrkes i store beholdere, hvorfra man kan udvinde enzymet rent. Den osteløbe, der er lavet på denne måde, kaldes *rennilase*.



Tag et stort bægerglas eller en skål og bland $\frac{1}{2}$ liter sødmælk med 10 ml kærnemælk.

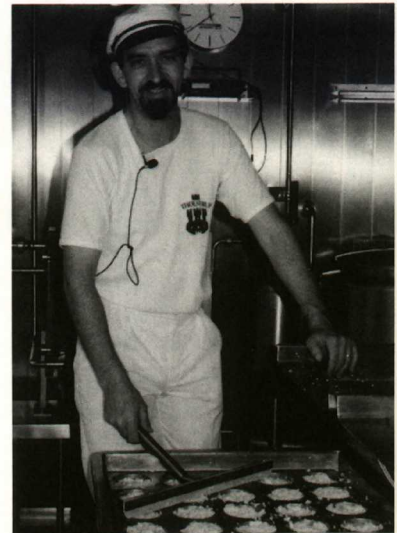
Sæt så glasset med mælken i et fad med ca. 40° varmt vand.

Rør rundt i mælken og tilsæt 10 ml renninopløsning.

Mælken skal stå i vandbadet en halv times tid. Rør i den af og til.

Hvad sker der med den?

Efter tilsætning af osteløbe og koagulering af mælken udtrækkes ostestoffet.



Ostestoffet eller oste-kaseinet hældes i forme, og osten er færdig.

Filtrer kaseinet fra ved at hælde mælken gennem et stykke lærred. Lav en klump af kaseinet og vrid den let i lærredet. Læg den så til tørring.

Næste dag har du en nylavet smøreost. Smag på den!

Læg osten i en lufttæt dåse, og stil den til modning på et køligt sted.

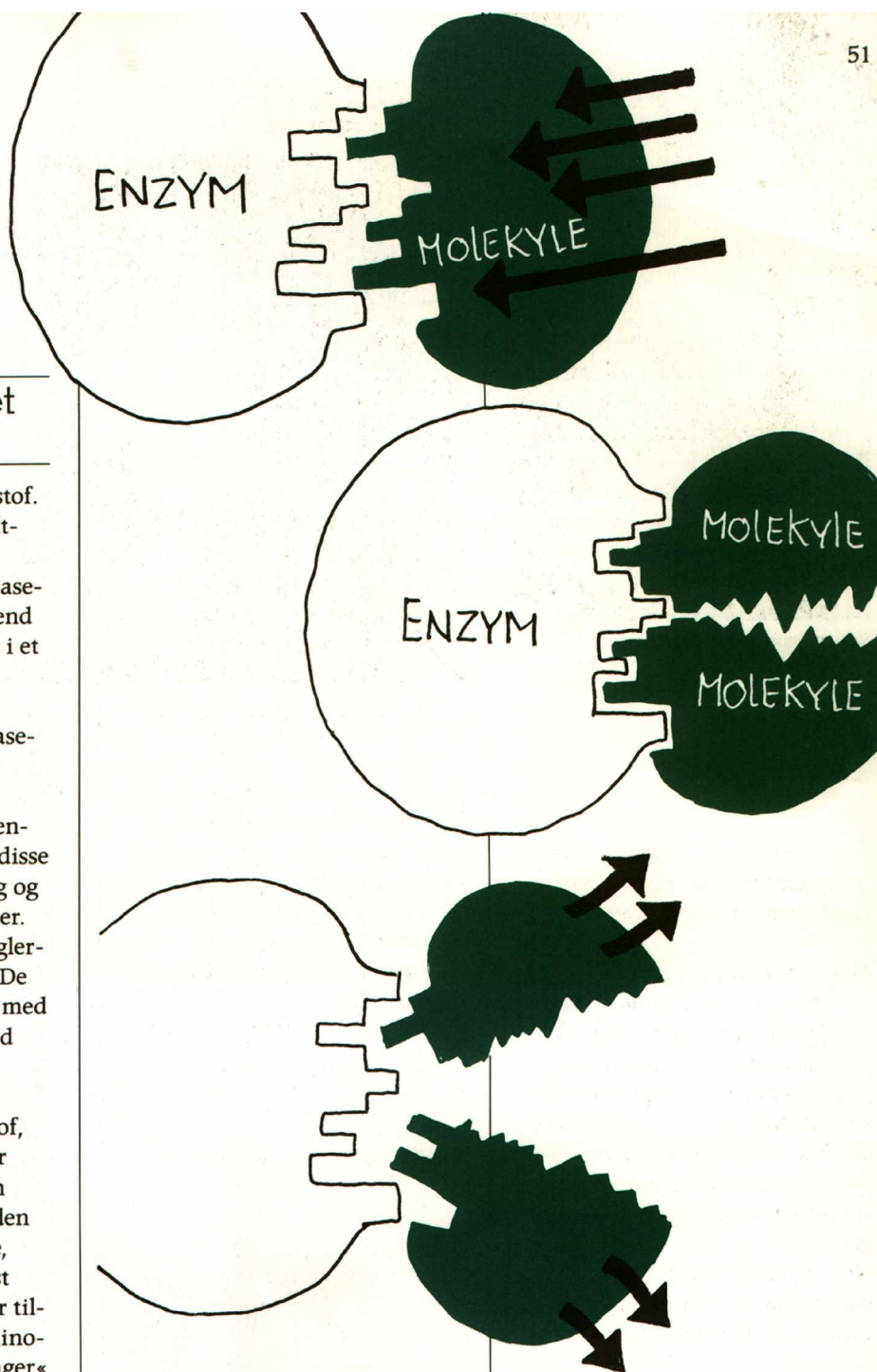
Hvordan virker et enzym?

Kaseinet i mælk er et proteinstof. Det findes fordelt imellem fedtkuglerne i mælken, og flyder rundt som små kugler. Men kaseinkuglerne er meget mindre end fedtkuglerne. De kan ikke ses i et almindeligt mikroskop.

Det, der holder sammen på kaseinkuglerne, er en særlig slags proteinmolekyler, der ligger i kuglernes overflade. Rennin-enzymet griber lige præcis fat i disse molekyler. Herved deler de sig og falder fra hinanden i to stykker. Når det er sket kan kaseinkuglerne ikke holde sammen mere. De »åbner« sig og løber sammen med de andre kaseinkugler. Herved udfældes der ost.

Et enzym er også et proteinstof, og som hos andre proteiner er molekylerne opbygget som én lang kæde af *aminosyrer*. Kæden snor sig på en indviklet måde, men den holdes hele tiden fast i en bestemt form, fordi der er tiltrækningskræfter mellem aminosyrerne i forskellige »bugtninger« af kæden.

Når et enzyimmolekyle virker på et stof, tager det fat i stoffets molekyler ét ad gangen. Man kan forestille sig, at der er nogle »indbugtninger« i enzyimmolekylet, som stoffets molekyler lige netop passer ind i. Akkurat som en nøgle passer i en lås.



Ligesom ved nøglen og låsen passer et bestemt enzyimmolekyle kun med molekylerne fra et bestemt stof.

Når et molekyle fra stoffet er gået i »låsen« og sidder bundet til enzymet, sprænges molekylet et bestemt sted. De kræfter, der nor-

malt holder molekylet sammen, er blevet »forstyrret« af enzymet. Molekylet går i to stykker – og det sker netop der, hvor kræfterne er blevet svage.

Enzymet har ingen skade taget og er straks klar til at gribe et nyt molekyle.

Enzymer kan ødelægges

 Enzymer er følsomme og kan let ødelægges. De virker kun, når de holder en bestemt form. Ved opvarmning ødelægges formen, og der er ikke længere noget enzym. Det kan du undersøge, ved at opvarme rennin-enzymet:

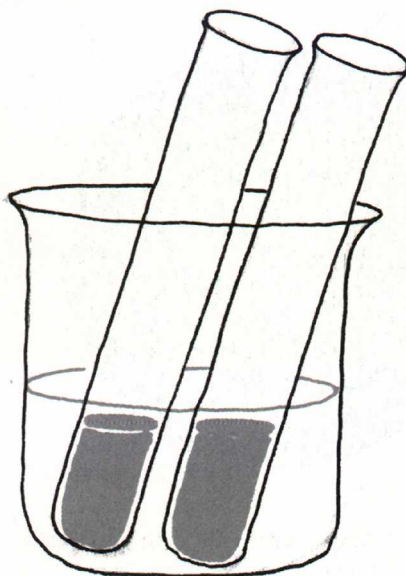


Tag 1 ml rennin-opløsning i et reagensglas og kog det ganske kort.

Hæld så 10 ml skummetmælk op i et andet reagensglas og tilsæt den kogte rennin.

Sæt reagensglasset ned i et bægerglas med vand fra den varme hane, højst 40°.

Hæld som kontrol 10 ml skummetmælk i et andet reagensglas og hæld 10 ml ukogt rennin i det. Sæt også dette glas ned i det varme vand.



Vent 5 minutter og sammenlign så indholdet i de to glas.

I komælk er der mange forskellige enzymer. Nogle enzymer kan f.eks. spalte fedtstoffet i mælken, så der dannes fedtsyrer, og mælken bliver sur. Man opvarmer derfor mælken på mejeriet for at gøre den holdbar. Ved opvarmningen er det netop enzymerne i

Pasteurisering
Ved Pasteurisering opvarmes mælken til 70–80° i ca. 20 sekunder. Det kan f.eks. ske ved at mælken løber i et tyndt lag mellem nogle plader af stål. I hvert

mælken, der ødelægges. Processen hedder pasteurisering efter den franske kemiker, Louis Pasteur (1822–95), som opfandt metoden.

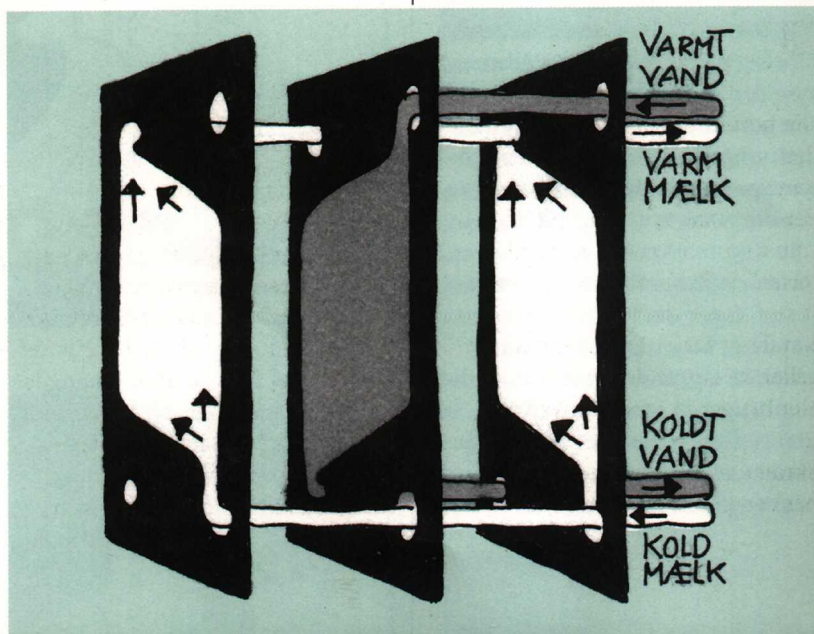
Pasteurisering af mælken betyder også, at en hel del af de bakterier, der er i mælken, bliver dræbt. Det beskytter os mod sygdomme, der ellers kunne spredes med mælk.

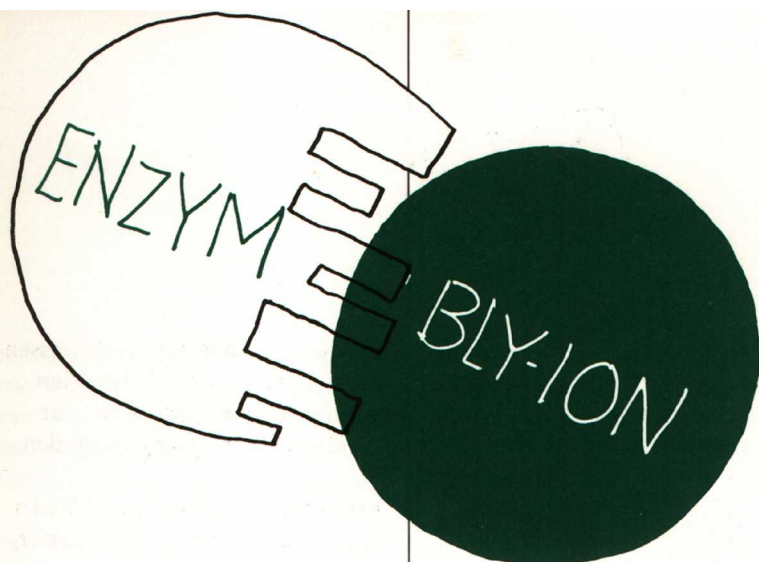
Gift for enzymer

Måske har du hørt at tungmetaller er farlige?

Med tungmetaller mener man bl.a. stoffer som bly, cadmium, kviksølv og kobber. Metallerne kan indgå i kemiske forbindelser og findes som forurening mange steder, bl.a. i nogle levnedsmidler.

andet plademellemrum løber der mælk, i de andre mellemrum strømmer først varmt, så koldt vand. Der opnås en meget præcis og hurtig opvarmning og afkøling af mælken.





Selv i ganske små mængder kan metallerne være farlige. Mange af dem udskilles nemlig ikke så let igen, når vi har indtaget dem. Metallerne *ophobes* i kroppen, og som tiden går, kan de bevirke, at vi bliver syge.

En af de måder, tungmetallerne kan angribe os på, er ved at gøre nogle af vore enzymer uvirksomme. Tungmetallerne virker som *enzymgift*.

Metal-ionerne binder sig til enzyimmolekylerne og ødelægger deres form. Derved forsvinder de »indbugtninger«, hvor »nøglemolekylerne« skulle have siddet fast, og enzymet virker ikke mere.

 Du kan vise, at et tungmetal er en enzymgift.

Det gøres lettest med et enzym, der hedder *katalase*. Dette enzym kan spalte hydrogenperoxid, så der dannes oxygen og vand – ligesom når vi laver oxygen i laboratoriet.

Katalase findes i mange levende celler, så det er nemt at få fat i. Her bruger vi igen en kartoffel.

Skræl kartofflen og mos den gennem en persillekværn.

Kom $\frac{1}{2}$ teskefuld kartoffelmos i 2 reagensglas.

I det ene glas hældes 2 ml kobbersulfat-opløsning og lidt vand, så kartoffelmosen er helt dækket. I det andet glas hældes kun vand på kartoffelmosen.

Ryst de to glas og stil dem i ro i 5 minutter. Medens glassene står i ro, vil katalaseenzymet blive trukket ud i opløsningen.

Når de 5 min. er gået sættes der 1 ml 10% hydrogenperoxid til begge glas.

Kan du se forskel på oxygenudviklingen i glassene?

Enzymer som industriarbejdere

Enzymer bruges i industrien, f.eks. ved ostefremstilling som det allerede er beskrevet. Nogle enzymprocesser har været brugt siden oldtiden, men det er de færreste. I vore dage indgår enzymer ved fremstillingen af en mængde industriprodukter, og antallet vil stige stærkt i de kommende år.

Grunden hertil er, at man kan

isolere enzymerne fra de mikroorganismer, som fremstiller dem. Derved får man det rene enzym, som er en fantastisk katalysator.

Endvidere kan man nu lave om på bakterier. Ved *gensplejsning* kan man give dem nye arveegenskaber, så f.eks. en bakterieart, der aldrig før har produceret et bestemt enzym, begynder at gøre dette.

Man dyrker bakterierne i store ståltanke, og enzymet kan så filtreres fra, eller det fjernes i en centrifuge.

Enzymer anvendes f.eks. på bryggerierne til fremstilling af øl og på spritfabrikkerne ved spritfremstilling.

Man bruger også enzymer, når proteinstof skal nedbrydes, f.eks. når man fjerner hår fra dyreskind, eller når tekstiler skal renses. Du gør det måske selv, når du vasker dit tøj!

I mange vaskemidler er der enzymer. De nedbryder det snavs, der består af protein.

Enzymer bruges også som lægemidler. Her er det igen evnen til at nedbryde protein, man udnytter. Det kan være som midler, der hjælper med fordøjelsen, eller stoffer, der fjerner skorper omkring sår.

Det kan også være som et enzym, der er i stand til at nedbryde blodpropper.