

2. ÅRGANG
NR. 1 / 2003

MATEMATIK KEMI FYSIK *i*

PERSPETTIV



Emulgatorer - fedt at stabilisere

Emulgatorer anvendes bl.a. i

- iscreme
- sorbet
- slik
- tyggegummi
- milk shake
- mælkedrikke
- piskeskum/kunstfløde
- margarine
- mayonnaise
- dressing
- snacks
- brød
- kager
- chokolade

Danisco har produceret emulgatorer til fødevarerindustrien siden 1936.

Emulgatorer - hvad er det ?

Emulgatorer indgår i produkter overalt omkring os, men hvor mange ved, hvad en emulgator egentlig er? Kort sagt kan emulgatorer få fedtstof og vand til at hænge sammen, noget der ellers ikke er muligt, ligegyldigt hvor meget man pisker i en blanding af fx olie og vand. Men emulgatorer har også mange andre egenskaber, der gør, at de anvendes i en lang række forskellige industrier. De bruges bl.a. i brød, is, margarine, mayonnaise, jordnøddesmør, dressing, kager, ris, pasta, desserter, kartoffelmos, slik, chokolade og tyggegummi. Danisco har specialiseret sig i at fremstille emulgatorer til fødevarerindustrien og besidder som verdens største leverandør en dybtgående viden om emulgatorers egenskaber og funktionaliteter.

Emulgatorerne fremstilles af naturprodukter som vegetabiliske olier (fx raps-, palme- og sojaolie) og animalske fedtstoffer (fx svinefedt og oksetalg). På basis af disse råvarer kan man producere en række emulgatorer, der hver for sig har særlige egenskaber. I dag fremstilles emulgatorer på fabrikker i Danmark, USA, Brasilien, Kina og Malaysia, men hovedparten af udviklingsarbejdet foregår i Danmark.

Får fedt og vand til at hænge sammen

Emulgatorer har bl.a. den egenskab, at de kan binde olie og vand sammen i en blanding - en emulsion, hvor den ene væske er jævnt fordelt som små dråber i den anden uden at være opløst. Denne egenskab har betydning i en række fødevarer, eksempelvis margarine, salatdressing og mayonnaise, der hovedsagelig består af vand og fedt/vegetabilisk olie. (Margarine består af ca. 84 % fedtstof og 16 % vand). For at bevare margarinens holdbarhed og konsistens er det vigtigt, at fedtstof og vand kan forenes og danne en ensartet og stabil emulsion. Det opnår man ved at

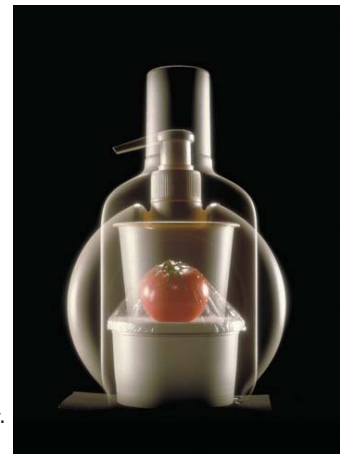
tilsætte en emulgator. Uden en emulgator ville fedtstoffet og vandet skille, og fedtstoffet lægge sig som et lag på overfladen af margarin. Nogle margarine typer kræver særlige emulgatorer. I stege-margarine er det nødvendigt at bruge en emulgator, der forhindrer margarin i at sprøjte under stegningen, mens lavkaloriemargarine samt kalorielet mayonnaise og salatdressing også kræver særlige emulgatorer på grund af deres høje vandindhold.

Forbedrer brødkvaliteten

Afhængigt af korntype, dyrkningssted og klima kan mels bagemæssige kvalitet variere fra høst til høst. Tilsætning af visse emulgatorer kan forbedre hvedemelets bageegenskaber og forlænge holdbarheden af det færdige brød, idet de er i stand til at styrke mels indhold af gluten. Det betyder, at franskbrød og rundstykker får en mere ensartet struktur, og at de er af samme kvalitet fra gang til gang. Det bevirker også, at dejen kan tåle den mekaniske behandling, den er udsat for ved industriel brødfremstilling.

Hindrer pasta i at klistre

Spaghetti, kartoffelmosprodukter og andre stivelsesholdige fødevarer tilsættes ofte en lille smule emulgator for at hindre, at de bliver klæge og klistrede ved opvarmning.



Plastemballage tilsat emulgator.

Hovedindgang til Daniscos kontorbygning i Rio de Janeiro.



Forøger skumstabiliteten i piskeprodukter

Ved hjælp af emulgatorer er det i dag muligt at fremstille vegetabiliske fløder, piskedesserter og lignende produkter, der er mere holdbare og mindre fedtholdige end piskefløde. Emulgatorer får de meget små fedtdråber til at hænge sammen, så de bedre kan holde på den indpiskede luft. Det giver et pænt og stabilt skum.

Andre anvendelsesmuligheder

Danisco har specialiseret sig i emulgatorer til fødevarerindustrien, men har i de senere år også interesseret sig for andre områder, fx kosmetik, plast og farmaceutiske produkter. Emulgatorerne fungerer her i mange tilfælde på samme måde som i spiselige produkter. Man udnytter fx de samme egenskaber i emulgatoren, hvad enten man laver margarine eller ansigtscreme. I begge produkter vil man sikre, at olie og vand danner en pæn, ensartet emulsion.

I plastemballage anvendes emulgatorer bl.a. til at forhindre statisk elektricitet, så emballagen ikke tiltrækker støv og snavs, mens de i plast til fx driv-huse kan hæmme dannelsen af fugt på indersiden, idet de ændrer plastens overfladespænding.

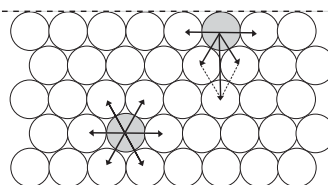
Disse er kun nogle af de egenskaber og funktioner, emulgatorer har. Der forskes fortsat, og nye anvendelser bliver stadig opdaget - fremtiden er fuld af muligheder.

Emulsion og emulgator

Olie og vand skyr hinanden. Forsøger vi at blande lidt olie med vand, skilles væskerne. Vi kender fænomenet fra hjemmelavet salatdressing med olie-eddikeblanding. Rystes blandingen meget voldsomt, dannes der små dråber af olie inde i vandfasen (eddiken), og blandingen bliver uklar, men emulsionen er ikke holdbar; så snart vi holder op med at ryste blandingen og lader den henstå, dannes der efterhånden igen to adskilte væskelag. De små oliedråber slår sig åbenbart sammen i

større enheder og samler sig til et væskelag oven på vandet.

Resultierende kraft på molekyle i overflade virker indad.



Resultierende kraft på molekyle inde i dråbe er nul.

Bindingerne mellem molekylerne i grænsefladen mellem de to lag - vand og olie - er så svage, at molekylerne ikke holdes sammen til én væske. Tyngdekraften søger for, at væsken med størst densitet (massefylde) lægger sig nederst.

Imidlertid kender vi fødevarer, som består af meget fint fordelte små dråber af én væske i en anden væske, fx mayonnaise, margarine, mælk og smør. Også vandbaseret plasticmaling er en emulsion af bittesmå, bløde olie-kugler i vand med pigmenter og andre tilsætningsstoffer. Den kaldes derfor også emulsionsmaling - i modsætning til olie-maling, der har terpen-tin som opløsningsmiddel. En sådan blanding af to ikke blandbare væsker kaldes en emulsion.

En *emulsion* defineres som en blanding af meget fint fordelte små dråber af én væske i en anden væske.

En emulsion er kun stabil, hvis de små dråber forhindres i at slå sig sammen og danne et sammenhængende væskelag. For at opnå denne effekt må emulsionen indeholde en *emulgator*.



Billedet viser til venstre olie oven på vand (eller eddike til salatdressing), til højre emulsionen lige efter sammenrystning af blandingen.

Emulgatorer – hvorfor tilsættes de ?

Iscreme og flødeskum

Når vi laver flødeskum, kræver det normalt piskefløde med en fedtprocent på 38. Samtidig udnytter vi emulgatorvirkningen af et protein, casein, der findes i mælkeprodukter, og som binder sig til fedtkuglernes overflade. I flødeskum og iscreme eller softice findes den indpiskede luft som bobler, der er omgivet af små fedtkugler. De forhindres i at »smelte« sammen på grund af det omgivende lag af proteinmolekyler.

Ønskes et meget holdbart skum, tilsættes en emulgator. Herved destabiliseres emulsionen af fedtdråber i vandet. Emulgatoren nedbryder delvis den tynde film af protein omkring hver enkelt fedtdråbe, så dråberne klumper sig sammen til et tredimensionalt netværk, der bedre kan holde på luftboblerne. Brugen af emulgatorer i piskeprodukter betyder, at man ikke behøver at have en så høj fedtprocent (38 %) som i piskefløde.

Smør og margarine

I smør, margarine og mayonnaise er hovedbestanddelen fedtstof. Almindelig margarine består fx af ca. 82 % fedtstof og ca. 16 % vand. Af hensyn til margarinens holdbarhed og konsistens er det vigtigt, at fedtstof og vand kan forenes og danne en ensartet og stabil emulsion. Det opnår man ved at tilsætte en emulgator.

Forskellige margarinetyper kræver forskellige emulgatorer. I fx stegemargarine er det nødvendigt at bruge en emulgator, der forhindrer margarinens i at sprøjte under stegningen.

Lavkaloriemargarine og kalorielet mayonnaise kræver særlige emulgatorer på grund af et højt vandindhold. De emulgatorer, der anvendes, er en blanding af mono- og diglycerider i varierende mængdeforhold.

Brød og kager

Afhængigt af fx hvedetype samt dyrkningssted og klima kan kvaliteten af mel variere, og det har indflydelse på melets bage-egenskaber. Nogle emulgatorer er i stand til at forbedre bageegenskaberne, så brødet bliver meget lettere og mere luftigt og har samme kvalitet fra gang til gang.

Et friskt franskbrød er blødt i krummen og sprødt i skorpen. Tilsættes hvedemel en smule emulgator, forbedres holdbarheden, dvs. brødet bliver ikke så hurtigt tørt.

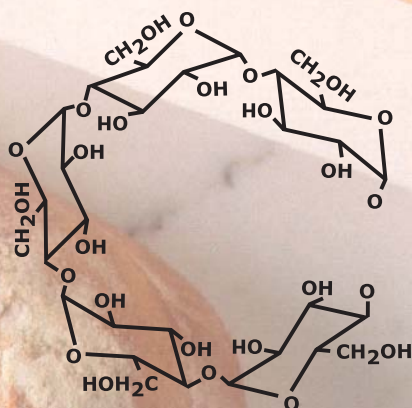
Hvedemel indeholder hovedsageligt stivelse og protein. Stivelsen nedbrydes til glucose (druesukker). Af gær omdannes glucosen til carbondioxid og vand, der får brødet til at hæve. Dej-skelettet kommer fra proteinerne i gluten, der sammen med vand gør dejen elastisk, og som forhindrer carbondioxidet i at undslippe dejen. Stivelse består af amylose og

amylopectin i forholdet 1:4. Under æltningen og bagningen trænger amylosen ud i vandet, hvorved der dannes en gel (eller gelé), dvs. en svampet, ikke-krystallinsk masse. Amylopectinen er derimod ikke opløselig i vand og danner krystaller.

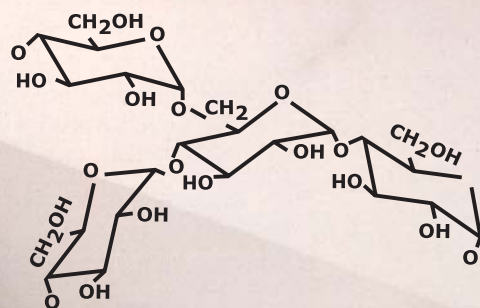
Når franskbrød bliver gammelt og synes tørt, skyldes det amylosen, der sammen med amylopectinen danner krystaller i vandet i løbet af et par dage. Vandet er stadig til stede, men dannelsen af krystaller får brødet til at virke tørt.

Emulgatorer af typen monoglycerider, E-nummer E 472, kan binde sig til amylose, så denne krystallisation forhindres. Erstattes 2 % af melet med emulgator, vokser hårdheden i krummen langsommere i forhold til et kontrolbrød, og holdbarheden forøges fra typisk 2 til 4 dage.

Det er særligt vigtigt at sikre brødet holdbarhed i lande, hvor det bliver transporteret over store afstande.



Amylose



Amylopectin

Kosmetik

Produkter til personlig hygiejne fra top til tå

Emulgatorer anvendes også i kosmetik, fx cremer, lotions og shampoo

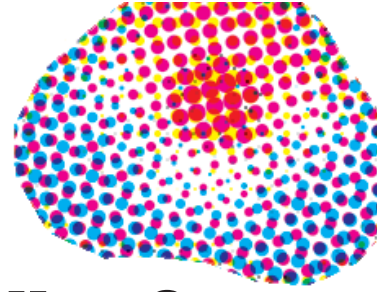
Emulgatorer har stor anvendelse inden for alle mulige slags cremer, hvad enten der er tale om en olie-i-vand eller en vand-i-olie emulsion. Kravene fra forbrugerne er, at en creme skal være blød, smidig og behagelig at smøre på huden. Samtidig skal den ikke kunne føles på huden. Creme skal selvfølgelig beskytte huden, men må også gerne give den et bedre udseende.

Interessen for vegetabiliske emulgatorer til kosmetik er voksende, og i de senere år har der vist sig en tendens til at benytte emulgatorer, der også anvendes i fødevarer. Erfaringerne herfra kan overføres til kosmetiske produkter, og samtidig sikres forbrugerne, at emulgatorerne ikke er sundhedsskadelige.

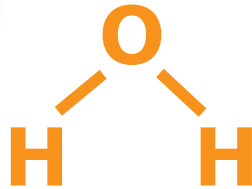
Også shower-gel med badeolie kræver emulgatorer, fordi de både rengør og smører huden. Når vi tager et brusebad må huden ikke blive udtørret, og derfor kan sæben indeholde en bodylotion. På den måde slipper vi for at skulle smøre os ind efter badet.

Det er meget nemt at lave en emulsion, men derimod vanskeligt at gøre den stabil. Og det sidste forlanges i industrien. En emulsion skal være holdbar i mindst tre år, så man ikke behøver en sidste salgsdato eller "bedst før"-dato på produktet.





Emulgatorer- hvorfor er de nødvendige ?



Kalotmodel og stregformel for et vandmolekyle.

Hvilke væsker kan blandes?

Olivenolie er ikke blandbart med vand, derimod kan ethanol blandes med vand i alle forhold. Hvis vi skal forstå, hvorfor det forholder sig sådan, må vi se nærmere på opbygningen af vandmolekylet og molekylerne i fedtstoffer eller spiseolier.

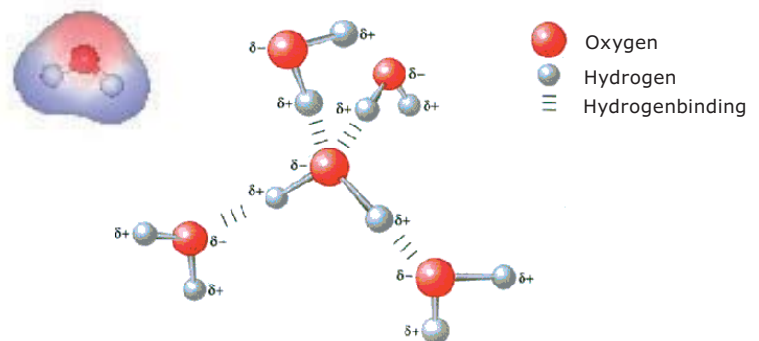
I vandmolekylet ligger de tre atomer i H_2O ikke på linje, men danner en vinkel som vist på figuren.

Mellem O-atomet og hvert H-atom er der en elektronparbinding (kovalent binding). Det fælles elektronpar, som udgør en enkeltbinding i molekylet, fordeles ikke ligeligt mellem O- og H-atomet. Oxygenatomet trækker mere end hydrogenatomet i det fælles elektronpar mellem de to atomer. Herved bliver en større del af den fælles elektronsky trukket over mod oxygenatomet. Da elektronskyen er negativ, får O-atomet et lille overskud af negativ ladning, δ^- (delta minus). H-atomet mister derimod en del af det fælles elektronpar og bliver svagt positivt ladet, δ^+ (delta plus).

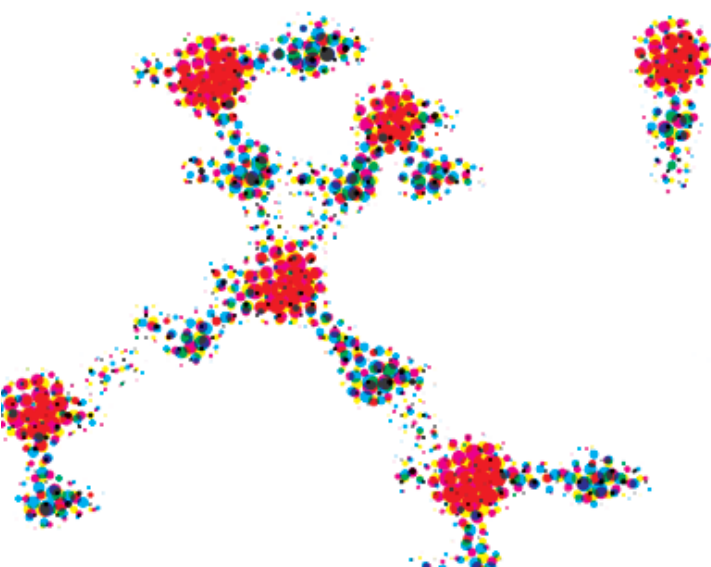
Oxygensiden af vandmolekylet er negativ, og et punkt midt mellem H-atomerne er center for en svag positiv ladning. Da centeret for positiv og negativ ladning i molekylet ikke er sammenfaldende, er molekylet polært.

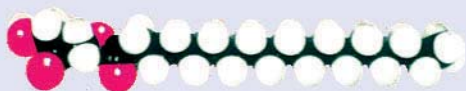
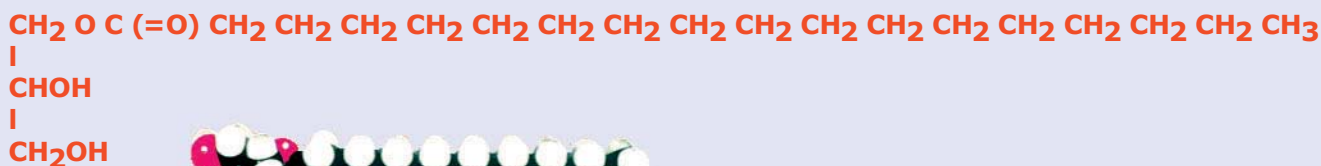
Da vandmolekyler er polære og samtidig små, kan hydrogenatomet i et vandmolekyle tiltrække elektroner fra et O-atom i et nabomolekyle. Derved kommer hydrogenatomet til at danne bindinger *mellem* vandmolekylerne. Disse bindinger kaldes *hydrogenbindinger*. Da vandmolekylet er et polært molekyle, kaldes vand et polært opløsningsmiddel.

Andre molekyler, fx alkoholer, indeholder også et hydrogenatom, der er bundet til et oxygenatom, altså atomgruppen $-OH$. Grupper, der ligesom $-OH$ kan danne hydrogenbindinger, kaldes *hydrofile grupper*.



Hydrogenbindinger mellem vandmolekyler.





Emulgatorer - hoved og hale

En emulgator gør det muligt at blande et polært stof med et upolært stof, fx olie og eddike til en salat-dressing. Et emulgatormolekyle skal altså forene egenskaber fra et polært og et upolært molekyle. Det gør monoglycerider.

I et monoglycerid sidder der kun en fedtsyreenhed på glycerolskelettet, se figuren.

Et emulgatormolekyle kan illustreres meget forenklet som en hydrofil kugle på en *hydrofob* pind (eller hale).



Det hydrofile hoved bindes til vand med hydrogenbindinger, mens den hydrofobe hale danner svage bindinger til upolære molekyler.

Når vi opløser en smule emulgator i vand, vil emulgatormolekylerne nær vandoverfladen anbringe sig med den hydrofile del nede i vand og den hydrofobe del stikkende op i luften. Inde i væsken vil emulgatormolekylerne slå sig sammen i nogle klynger, der ligner kugler, og som vender de hydrofile ender ud mod vandet. En sådan sammenklumpning kaldes en micelle.

Størrelsen på miceller varierer meget, men ligger ofte på en diameter på omkring 5 μm . I en liter mælk findes ca. $2 \cdot 10^{12}$ miceller.

Emulgatorer påvirker altså vandoverfladen og andre grænseflader - emulgatorer nedsætter overfladespændingen. De er overfladeaktive stoffer på samme måde som sæber eller tensider.

To slags emulsioner

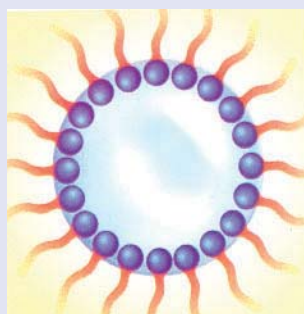
En emulgator fungerer ved, at den hydrofobe del af molekylerne binder sig til upolære molekyler, samtidig med at den hydrofile kugle danner hydrogenbindinger med vandmolekyler. Små oliedråber i vand bliver endnu mindre og fordeles ensartet i væsken. Som små pigge på et pindsvin stritter de hydrofile grupper ud gennem dråbe-overfladen mod vandet og forhindrer de små dråber i at slå sig sammen til større partikler.

I olie-i-vand emulsioner (O/V emulsioner) er olien eller fedtstoffet fint fordelt i vand som bittesmå dråber. De holdes svævende i vandet, fordi de er indkapslet i en skal af emulgatormolekyler.

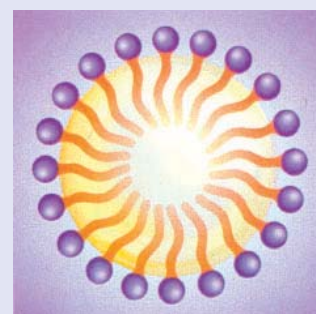
I vand-i-olie emulsioner (V/O emulsioner) er emulgatormolekylernes hydrofile kugler trængt ind i vanddråberne og vender de hydrofobe ender ud mod den omgivende olie.

Til O/V emulsioner kræves emulgatorer med relativt store hydrofile ender, fx lecithin fra æggeblomme. Monoglycerider er velegnede til V/O emulsion, som kendes fra fx margarine.

Proteiner i mælk er sammen med emulgatorer med til at stabilisere fedtdråberne i O/V emulsionen. Det skyldes de ladede grupper, der sidder på proteiner, og som binder sig til de hydrofile grupper på emulgatorerne - emulgatorerne alene klarer altså ikke denne opgave.



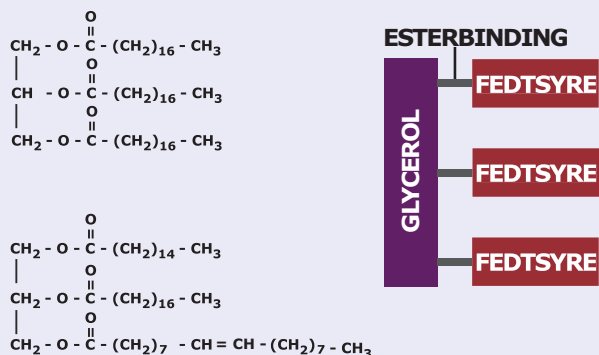
Vand-i-olie



Olie-i-vand

Fedtstoffer

Et fedtstofs molekyler er meget anderledes i deres opbygning end vandmolekylerne. Mange fedtstoffer er triglycerider. Det betyder, at hvert fedtstofmolekyle har en grundstruktur, der stammer fra alkoholen glycerol, hvortil der er bundet tre molekyler fedtsyrer.



Grundstrukturen er altså et glycerolskelet, hvorpå der er hæftet tre fedtsyreenheder. Hver af disse enheder er opbygget af en C=O-gruppe og en lang kæde af carbonatomer, hvortil der er bundet hydrogenatomer. Det enkelte fedtstofmolekyle domineres af de upolære CH_2 -grupper, hvilket gør fedtstoffer til upolære stoffer.

De tre fedtsyreenheder er sjældent ens. Der kan være to forskellige eller tre forskellige kæder bundet til glycerolskelettet.

Da de lange kæder af CH_2 -grupper ikke kan danne hydrogenbindinger med vand, kaldes de *hydrofobe*.

Erfaringen viser, at upolære fedtstofmolekyler danner tilstrækkeligt stærke bindinger mellem de enkelte molekyler til, at stofferne enten er faste stoffer eller væsker.

Da glycerolskelettet går igen i alle fedtstoffer, er det variationen i fedtsyrekæderne, der gør det ene fedtstof forskelligt fra det andet.

Forskellene bestemmes af

- længden af kæderne
- antallet og placeringen af dobbeltbindinger, $\text{C}=\text{C}$, i fedtsyrekæderne
- graden af *umættethed*

Længden af kæderne bestemmer fedtstoffets molekulmasse og har betydning for stoffets smeltepunkt. Antallet af dobbeltbindinger, $\text{C}=\text{C}$, spiller også en rolle for smeltepunktet. Jo flere dobbeltbindinger i kæderne, desto lavere smeltepunkt har fedtstoffet.

PERSPEKTIV

i PERSPEKTIV

Udgivet af Fysikforlaget med støtte fra Undervisningsministeriets tips/lottomidler og af Birch & Krogboe Fonden

Redaktion: Niels Elbrønd Hansen
Layout: Mette Qvistoff

Produktionsgruppe: Inge Kaufmann (fagredaktør)
Knud Ole Reffstrup og Henrik Parbo
i samarbejde med Danisco

www.perspektiv.gymfag.dk

Tryk: Budolfi Tryk, Aalborg
Oplag: 10.000

ISSN 1602 - 5059