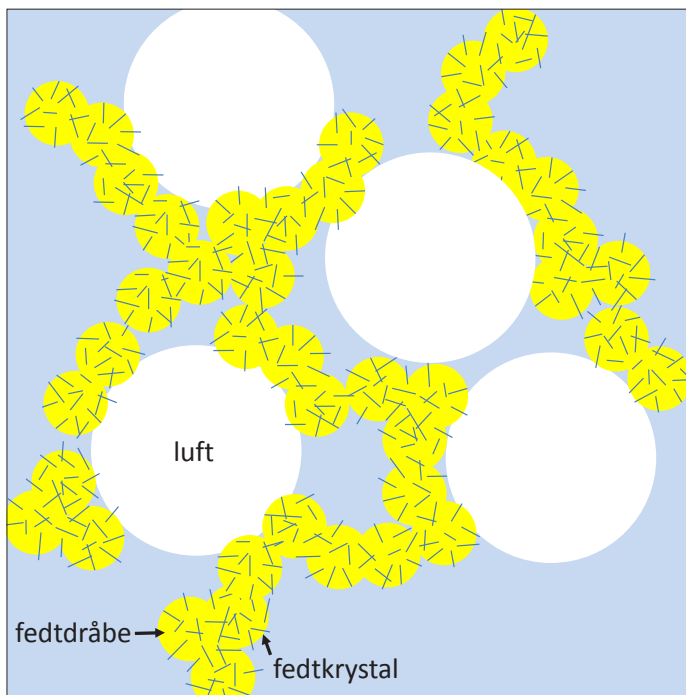


Struktur i fødevarer kan styres med ingredienser

Nye muligheder for at ændre traditionel sammensætning af flødeskum og iskemod et sundere alternativ.

Af Merete B. Munk og Jens Risbo,
Københavns Universitet, FOOD

Ganske små mængder af ingredienser kan ændre strukturen af emulsioner radikalt, hvorved tekturen af et fødevarerprodukt



Figur 1. Netværk af partielt koalescerede fedtdråber i is, der både stabiliserer luftbobler og udstrækker sig i vandfasen for at hindre, at vand- og gasfase skiller.

kan ændres markant. Det åbner nye muligheder for at skabe nye emulsionsbaserede fødevarer f.eks. i retning af et reduceret fedtindhold eller en sundere fedtsyresammensætning.

Fedt er ikke kun smag og kalorier

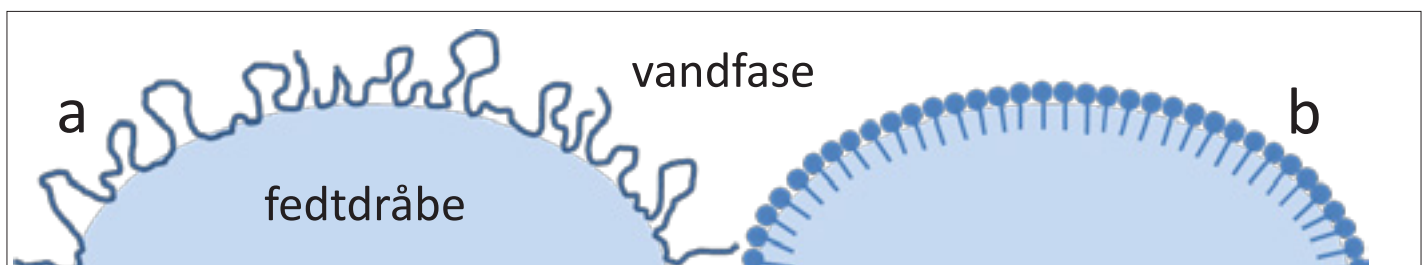
Mælk, fløde, iskemod, og mayonnaise er emulsionsbaserede fødevarer – altså systemer, hvor fedtdråber er dispergeret ud i en

vandig fase. Foruden at bidrage til smag og mundfyldte spiller fedtet ofte en afgørende rolle for strukturen og dermed tekturen af fødevarer. I iskemod og flødeskum udgør fedt en vigtig funktion, idet fedtdråberne skaber netværk, der udstrækker sig i hele vandfasen og via kapilarkræfter modvirker, at vand- og gasfasen separerer og derved danner et uønsket todelt system af skum og væske. Ligeledes stabiliserer netværket af fedtdråber også de indpiskede luftbobler ved at forhindre, at disse flyder sammen.

Denne form for stabiliserende strukturdannelse kræver, at fedtdråber har evnen til at klatre sig sammen til et tredimensionelt netværk, der dels omkranser luftboblerne og således minimerer kontakten imellem dem og dels udstrækker sig i hele vandfasen. Dispergerede fedtdråber vil altid søge mod hinanden på grund af molekulære tiltrækningskræfter og forsøge at fusionere for at minimere ufavorabel kontakt mellem fedt og vand. For at danne et stabiliserende netværk er det derfor nødvendigt, at fedtdråberne besidder en vis fasthed eller elasticitet, der modvirker fuldstændig sammensmeltning (koalescence), men kun tillader en delvis sammensmeltning (partial koalescence), figur 1. Dette fremmes traditionelt ved at benytte fedtarter med en høj grad af mættethed, hvor fedtpartiklerne har høj krystallinitet og dermed en vis fasthed eller elasticitet.

Stabilitet af iskemod og piskefløde er et paradoks

Produkter som iskemod og piskefløde er kendetegnet ved paradoksale fysiske egenskaber. Ingredienserne såsom emulgatorer og protein er på den ene side udvalgt til at give en god emulsionsstabilitet, hvor fedtdråberne frastøder hinanden af hensyn til lagring inden piskning. Samtidig skal det sikres, at emulsionen er passende ustabil, således at fedtdråberne kan aggregere og danne et stabiliserende netværk under piskning. En måde hvorpå stabiliseringen/destabiliseringen af emulsioner kan styres, er ved at justere typen af emulgatorer på grænsefladelaget mellem olie og vand, hvorved fedtdråbernes overfladeegenskaber ændres. Vandopløselige proteiner (ofte mælkeproteiner) kan sikre en effektiv emulgeringsproces, men fedtdråber med proteiner på overfladen vil ofte være for stabile pga. både sterisk og elektrostatiske frastødning, figur 2. Ved tilsætning af små emulgatormolekyler kan partial koalescence og netværksdannelse frem-



Figur 2. Adsorption på grænsefladelaget mellem fedtdråber og vandfase af et a) fleksibelt mælkeprotein som kasein, b) lille emulgatormolekyle.



Figur 3. Skærefast emulsion med et fedtindhold på 25% som er emulgeret af LACTEM og umættet monoglycerid.

mes, idet disse delvist fortrænger proteiner fra fedtoverfladen. Selv små ændringer i emulgatorsammensætningen kan ændre produkter på dramatisk vis og være skyld i produktfejl.

En skærefast emulsion med kun 25% fedt

Emulgatorkombinationen mælkesyreester af monoglycerid (LACTEM) og umættet monoglycerid har vist sig at være yderst effektiv til at aggregere emulgerede fedtdråber af hårdet palmekerneolie. En emulsion med et vand- og fedtindhold på hhv. 65% og 25% omdannes hurtigt og spontant fra en flydende emulsion til en hård skærefast masse, når den emulgeres af <1% LACTEM og umættet monoglycerid, figur 3. Den dannede struktur har evnen til at inkorporere store mængder vand (på bekostning af fedt) og alligevel opretholde en meget fast tekstur, og det skaber gode muligheder for at udvikle nye lavfedtholdige produkter. Samtidig er strukturen en model til forståelse af de netværk, der findes i iskrem og flødeskum. En 3D-model af denne emulsionsstruktur har vist, at 98% af de aggregerede fedtdråber er forbundet i et sammenhængende netværk, der rummeligt fordeler sig i hele prøven [1], figur 4. Tilmed viser 3D-modellen, der er målt med ptychographic X-ray computed tomography, at den individuelle sfæriske struktur af fedtdråberne delvist er bevaret, hvilket er en stærk indikation på partial koalescence.

Til trods for den meget hårde tekstur er det kun under 1% af vandet, der er indkapslet i små lommer i fedtnetværket. Både vand og fedt ligger derimod side om side i prøven som kontinuerlige faser.

Hvis den tilsvarende emulsion med 25% palmekerneolie derimod emulgeres af LACTEM og mættet monoglycerid, forbliver emulsionen tyndflydende, da aggregering af fedtdråber udebliver [2]. En given struktur er dog resultatet af interaktioner mellem alle ingredienser i emulsionen, og afhænger ikke kun af en enkelt ingrediens. F.eks. vil strukturen af det aggregerede fedtnetværk, og dermed emulsionens tekstur, ændres, hvis hårdet palmekerneolie udskiftes med en anden type fedt. Og det til trods for at fedtsyresammensætningen eller fordelingen af flydende olie versus krystallinsk fedt forbliver den samme [3]. Det har vist sig, at natriumkaseinat i emulsionen ikke fortrænges til vandfasen af LACTEM og umættet monoglycerid, men formentlig indgår i det aggregerede fedtnetværk [4].

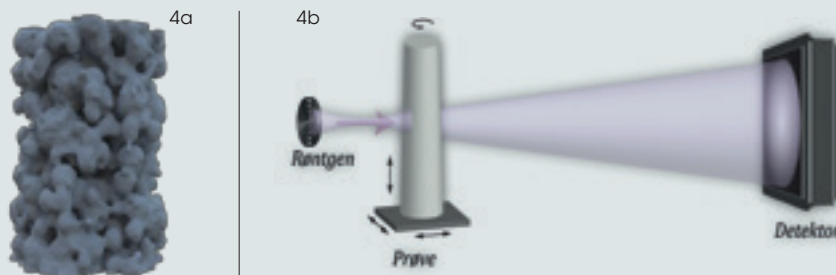
Derfor er det også højst sandsynligt, at både typen og koncentrationen af protein også spiller en vigtig rolle for strukturen af fedtnetværket.

Ud med mættede fedtsyrer, ind med oleogeler

Mættet fedt kan give forhøjet risiko for livsstilsrelaterede syg-

Nanostruktur i 3D

Figur 4a. 3D-billede af nanostrukturen af den skærefaste emulsion. Prøven er ca. 20 μm i diameter, og den hvide struktur afspejler det sammenhængende netværk af fedtdråber, som har en størrelse på ca. 1 μm . Vandfasen udfylder områderne mellem fedtet og er ikke vist eksplicit. Strukturen er en model for de netværk, der dannes i iskrem og flødeskum og som giver disse produkter deres tekstur. Billedet er lavet ved hjælp af en røntgenbaseret nano-tomografisk teknik, ptychografi, og den rumlige elektrontæthed for prøven er kortlagt med en opløsning på 300 nm. Områder med fedt har lavere elektrontæthed end områder med vand og således kan de forskellige områder identificeres og der kan laves et 3D-billede. Mere end 98% af alle fedtdråber har kittet sig sammen i et sammenhængende netværk. (Figur ved Liborius APS).



Figur 4b. Skematisk princip for ptychografi. Et kapillarrør med prøven roteres og flyttes med nanometers nøjagtighed. Intense røntgenstråler fra en synchrotronkilde fokuseres til et mikrometer tyndt strålebunt, der passerer gennem prøven og en række overlappende spredningsmønstre lagres. Ved hjælp af tomografiske principper kan tredimensionel information om prøvens elektrontæthed beregnes med nano opløsning. Se også <http://food.ku.dk/nyheder/ptychographicxray/>.

domme, og dette har skabt fokus på udvikling af fødevarerprodukter baseret på mere umættet fedt. I langt de fleste tilfælde er en simpel udskiftning af mættet fedt med umættet olie ikke mulig, da fedtkrystaller som nævnt udgør en central funktion for strukturdannelse. For eksempel er en iscrem baseret på umættede olier umiddelbart umulig at fremstille, da dispergerede oliedråber vil smelte sammen (koalescere) og føre til produktkollaps. En måde, hvorpå elasticiteten af oliedråberne kan øges for at modarbejde koalescens, er ved tilsætning af oleogelatorer til olien. Oleogelatorer er en fællesbetegnelse for komponenter, der ved tilsætning i lave koncentrationer kan strukturere flydende olie til en fast gel - en såkaldt *oleogel*, figur 5. Oleogelatorer spænder vidt, fra små molekyler såsom phytosteroler, fedtsyrer, monoglycerider, fedtalkoholer og voks til store makromolekyler som proteiner og polymerer som ethylcellulose. I mange år har oleogelering været anvendt i kosmetiske, farmaceutiske og bioteknologiske applikationer bl.a. til indkapsulering og reduktion af olieudsivning, men det har nu også fundet vej til fødevarerindustrien.

Et af de første forsøg på at inkorporere oleogeler i emulsionsbaserede fødevarer er fremstillingen af is lavet på solsikkeolie og 1% plantevoks [5,6]. Takket være de store vokskrystaller i oliedråberne er det muligt at stabilisere mange små luftbobler, men i forhold til is lavet på mælkefedt er mængden af inkorporeret luft betydeligt lavere og oleogel-isen smelter også markant hurtigere [6]. Koncentrationen af både voks og olie, emulgatorsammensætningen og ikke mindst typen af voks har stor betydning for egenskaberne af den færdige oleogel-is [5], så der foreligger stadig et stort udviklingsarbejde inden en kommerciel lancering af oleogel-is kan forventes.

I et igangværende forskningsprojekt på Københavns Universitet arbejdes der mod at udvikle nye teknologier, der gør det muligt at fremstille is og andre emulsionsbaserede fødevarer

med højt indhold af umættet fedt. Den primære udfordring er at udvikle strukturgivende netværk, som ikke er baseret på krystaller fra mættet fedt, men tværtimod fra nogle af de andre ingredienser i fødevarer-systemerne. Forskningsprojektet, der delvist er finansieret af Innovationsfonden og som er et samarbejde mellem FOOD – Københavns Universitet og virksomheden AAK, forventes afsluttet til april 2018.

E-mail:

Merete B. Munk: bogelund@food.ku.dk

Referencer

- Nielsen, M. S., Munk, M. B., Diaz, A., Pedersen, E. B. j. L., Holler, M., Bruns, S., Risbo, J., Mortensen, K., Feidenhans'l, R., Ptychographic X-ray computed tomography of extended colloidal networks in food emulsions. *Food Structure* 2016, 7, 21-28.
- Munk, M. B., Marangoni, A. G., Ludvigsen, H. K., Norn, V., Knudsen, J. C., Risbo, J., Ipsen, R., Andersen, M. L., Stability of whippable oil-in-water emulsions: Effect of monoglycerides on crystallization of palm kernel oil. *Food Research International* 2013, 54, 1738-1745.
- Munk, M. B., Andersen, M. L., Partial coalescence in emulsions: The impact of solid fat content and fatty acid composition. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2015, 117, 1627-1635+.
- Munk, M. B., Larsen, F. H., van den Berg, F. W. J., Knudsen, J. C., Andersen, M. L., Competitive Displacement of Sodium Caseinate by Low-Molecular-Weight Emulsifiers and the Effects on Emulsion Texture and Rheology. *Langmuir* 2014, 30, 8687-8696.
- Botega, D. C. Z., Marangoni, A. G., Smith, A. K., Goff, H. D., Development of Formulations and Processes to Incorporate Wax Oleogels in Ice Cream. *Journal of Food Science* 2013, 78, C1845-C1851.
- Botega, D. C. Z., Marangoni, A. G., Smith, A. K., Goff, H. D., The Potential Application of Rice Bran Wax Oleogel to Replace Solid Fat and Enhance Unsaturated Fat Content in Ice Cream. *Journal of Food Science* 2013, 78, C1334-C1339.



Figur 5. Oleogel bestående af 93% solsikkeolie og 7% solsikkevoks.




MORTALIN

Vores ekspertise - din sikkerhed

Elektronisk overvågning af skadedyr.....

Tiden er til nytænkning og mere miljørigtige løsninger. Depoter må ikke længere indeholde gnavergift hele tiden og derfor kan forskelligt måle- og overvågningsudstyr monteres. De elektroniske systemer kan kombineres med smækfælder og derved bidrage til en miljørigtig og fortsat effektiv forebyggende sikring.

Vi sidder klar til at rådgive og finde den bedste løsning til dig og din virksomhed, så du er sikret mod skadedyrsangreb.

- ✓ Skadedyrssikring
- ✓ Døgnservice 24/7
- ✓ Kurser & Rådgivning
- ✓ Kvalitetsledelse

- der er viden til forskel












Ring: 70 15 10 69

www.mortalin.dk