En fed fornemmelse

Med mikroskopi som værktøj undersøger SDU-forskere sammenhængen mellem madens mikrostruktur, mekaniske egenskaber og mundfølelse.

Af Matias A. Via, postdoc og Mathias Porsmose Clausen, lektor, SDU Bioteknologi, Institut for Grøn Teknologi, Syddansk Universitet



Foto: Pixabay.

Fedtstoffer er en vigtig del af vores mad og helt centrale for den sensoriske oplevelse, når vi spiser mange forskellige fødevarer. Det hænger sammen med fedtstoffers helt særlige kemiske og fysiske egenskaber, der gør, at fedtstoffer både fungerer som smagsbærer og samtidig giver maden struktur og mundfølelse. Hvordan fedtstoffer bidrager til struktur og mundfølelse i forskellige fødevarer, er det centrale spørgsmål i en række nye innovative undersøgelser af mad. Her tages avancerede mikroskopiteknikker i brug for at afbillede de mikrostrukturer, som fedtstoffer danner i fødevarer. Med viden om sammenhængen mellem mikrostrukturer og makrostrukturer i fødevarer og hvordan disse påvirker frigivelsen af smags- og aromastoffer og mundfølelsen, er vi bedre rustet til at skabe fremtidens bæredygtige, sunde og velsmagende mad.

Fedt i mad giver smag og mundfølelse

Fedtstoffer i mad spiller en helt central rolle for både madens smag og for madens mundfølelse. Tænk bare på, hvordan magert kød let bliver smagsløst, tørt og sejt, mens kød med rig fedtmarmorering er smagfuldt, saftigt og mørt. Mange smags- og aromastoffer er langt bedre opløst i fedt, end de er i vand. Derfor indeholder fedtholdigt mad også flere forskellige af de smagsgivende stoffer, som vi sætter stor pris på og som gør maden interessant at spise. Fedt er desuden mere tyktflydende end vand, så når vi spiser mad med flydende fedt, beklæder fedtet mundhulen og frigiver langsomt de smagsgivende stoffer, som vi sanser og nyder.

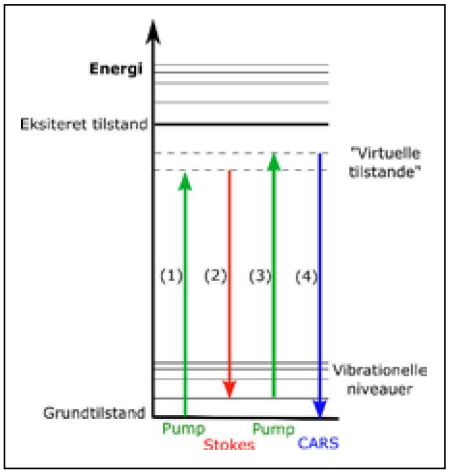
Fedtet i sig selv har ingen smag, men fedt er med til at give maden en særlig struktur og fornemmelse i munden. Fornemmelsen af ren olie eller fast fedt er for de flestes vedkommende ikke forbundet med nydelse, men tænk i stedet på den cremede fornemmelse ved at spise avocado, nøddesmør eller iscreme, eller fornemmelsen af smør eller chokolade, der smelter i munden, eller fornemmelsen af en sauce, der fordeler sig blidt i mundhulen og frigiver smags- og aromastoffer på sin vej.

Disse forskellige mundfølelser skyldes de fysisk-kemiske egenskaber ved fedtet og fedtets evne til at strukturere sig på varierende måder i samspil med fødevarens andre bestanddele: vand, protein og kulhydrater. Triglycerider i tempereret chokolade danner krystalstrukturer, der smelter ved omkring den temperatur, som vi har i munden, hvilket gør mundfølelsen interessant. Mange af de andre mundfølelser, som fedtholdigt mad giver, skyldes, at fedt skyr vand og derfor danner fedtdråber fedtpartikler af forskellig art. Disse er typisk stabiliseret på overfladen af såkaldte emulgatorer, som er amfifile stoffer, for eksempel proteiner eller lipider, hvor dele af stofferne opløses bedst i vand, mens andre dele bedst opløses i fedt. De strukturer, der dannes i denne sammenhæng, er typisk af en størrelse på 1-100 µm og er derfor ideelle at undersøge med lysmikroskopi.

CARS-mikroskopi er velegnet til at se på fedtstrukturer

Mikroskopi anvendes ofte til at undersøge mange forskelligartede typer af materialer og strukturer fra sten, til planter og levende celler. Inden for fødevarevidenskab er mikroskopi også hyppigt anvendt, men det er traditionelt mest brugt kvalitativt. Indenfor de seneste 20 år er et væld af banebrydende mikroskopiteknikker blevet udviklet, som indenfor de seneste få år også har fundet vej til anvendelser i fødevaresystemer, hvor de kan give information, man hidtil kun har kunnet drømme om. En af disse teknikker er såkaldt CARS (coherent anti-Stokes Raman scattering) mikroskopi (figur 1).

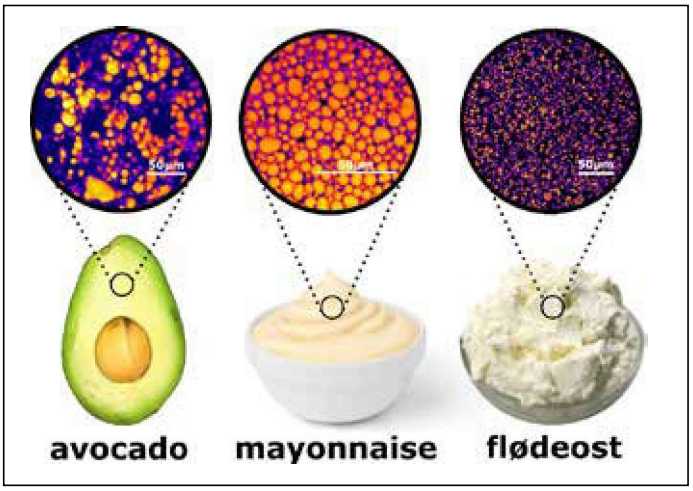
CARS-mikroskopi udnytter de spektroskopiske egenskaber af prøven. Teknikken afbilleder vibrationsniveauer



Figur 1. Skematisk oversigt over energitilstande under CARS.

af kemiske bindinger og det er derved molekylerne selv, der giver kontrast i billedet. Rent praktisk scanner man to lasere hen over prøven. Disse to lasere har forskellige bølgelængder og forskellen i bølgelængde er tilpasset den energi, der er karakteristisk for vibrationen i det stof, man ønsker at undersøge i sin prøve. Da forskellige kemiske bindinger har hver deres vibrationsenergier, kan man derfor separat afbillede for eksempel vand, protein og fedt. CH-bindingerne, der er typiske for fedtstoffer, giver særlig høj kontrast og CARS-mikroskopi egner sig derfor særlig godt til at se på fedtstrukturer. Derved kan man nu se direkte ind i en fødevare uden at skulle farve den eller lave anden form for prøveforberedelse. Den minimale prøveforberedelse sikrer, at man opnår mere valide resultater og muliggør studier af fødevarer, man ikke før har kunnet studere med mikroskopi. Typisk kan man se fedtstrukturer ned til cirka 1 µm og se 50-100 µm ind i sin prøve.

Eksempler på forskellige fedtholdige fødevarer ses i figur 2.



Figur 2. Eksempler på CARS-mikroskopibilleder af "fede" fødevarer.

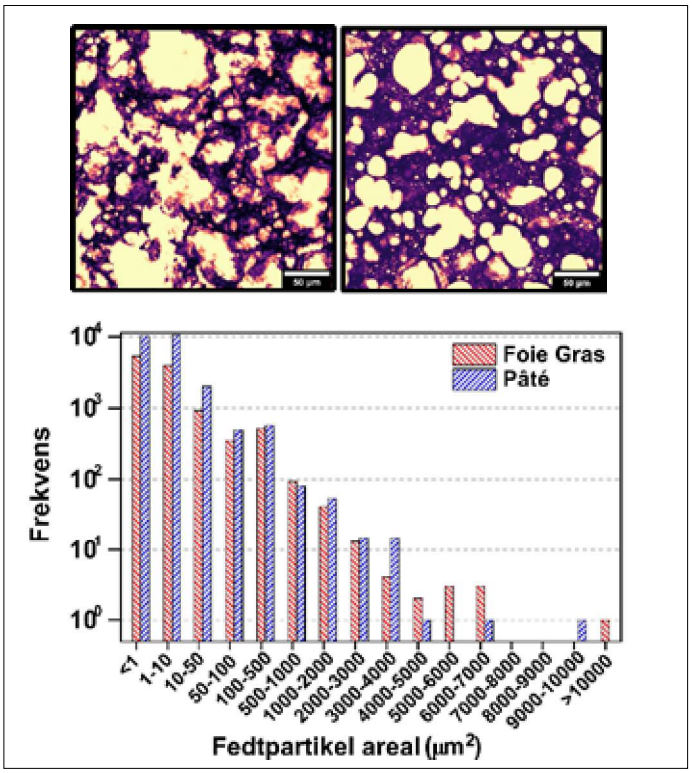
Fra billede til data

Et billede siger mere end tusind ord. Derfor bidrager mikroskopibilleder ofte til at skabe en kvalitativ forståelse af fødevarer. Men faktisk kan de bruges til langt mere end det. De strukturer, der ses på mikroskopibilleder som dem på figur 2, kan identificeres og analyseres for at give kvantitative data. Værktøjer til billedanalyse bliver ligesom mikroskopiteknikkerne også mere avancerede og bedre og vi kan få præcis information om for eksempel størrelse, form, hyppighed mv. af eksempelvis de fedtdråber, der findes i en mayonnaise. Man kan derfor gå videre end at sige, at man har små eller store (begge relative størrelser) fedtdråber, men præcist hvor store og hvor runde, kantede eller aflange de er. Med denne kvantitative information kan man nu skabe en direkte sammenhæng mellem mikrostrukturer og andre egenskaber af maden, for eksempel dens smeltetemperaturer, mekaniske egenskaber, eller flydeegenskaber, hvor kvantitative målinger længe har været normen.

Fornemmelse for foie gras

Foie gras er en fed delikatesse baseret på fed lever fra gæs eller ænder. Det høje fedtindhold giver en unik smag og mundfølelse. Med foie gras som andre animalske produkter er der et stort ønske om at udvikle nye innovative produkter med sammenlignelige sensoriske egenskaber, men på mere bæredygtig vis. For at drive denne udvikling er der behov for bedre indsigt i, hvad der forårsager smags- og teksturindtryk i både eksisterende og nye produkter.

I et nyligt studie undersøgtes foie gras' mikrostruktur og mekaniske egenskaber for at komme hemmeligheden bag foie gras unikke mundfølelse nærmere [1]. Foie gras blev sammenlignet med en paté bestående af samme ingredienser, men hvor den fede lever var erstattet med en almindelig andelever og med svinefedt. Studiet viste, at klassisk foie gras er fastere end paté, men til gengæld lettere ødelægges, når det bearbejdes i munden. Dette viste sig at hænge direkte sammen med fedtstrukturen i de to produkter. I foie gras fandt man et sammenhængende mikroskopisk tredimensionelt netværk af fedt, mens almindelig paté indeholdt enkeltstående dråber af fedt (figur 3). Når foie gras kommer ind i munden, vil fedtnetværket derfor yde modstand og føles mere fast. Til gengæld ødelægges netværket forholdsvist let, da nogle af fedtstrukturerne i netværket er forholdsvist svage. Paté derimod er blødere, da fedtdråberne kan skubbes mellem hinanden og af samme grund går strukturen ikke drastisk i stykker, når den bearbejdes i munden.



Figur 3. CARS-mikroskopibillede af foie gras og paté med angivelse af størrelsesfordelingen af fedtpartiklerne.

Fremtidens bæredygtige velsmagende mad

I en fremtid, hvor vi skal spise mere bæredygtigt, har vi brug for mere viden om, hvad der giver vores mad smag og tekstur. Smag og tekstur driver nemlig i højere grad vores madvaner, end sundhed og bæredygtighed gør. Studier som de ovenstående er derfor med til at give en bedre forståelse for, hvordan mikroskopiske parametre i maden dikterer den mundfølelse, som vi enten kan lide eller ikke kan lide. Samtidig kan studierne være med til at bane vejen for, hvordan vi på generelt plan kan bearbejde eller tilberede vores mad, så den får en ønsket struktur. En udfordring, der ikke mindst gør sig gældende for den generation af planterelaterede produkter, der vinder frem i disse år.

E-mail:
Matias A. Via: mavia@igt.sdu.dk
Mathias P. Clausen: mpc@igt.sdu.dk

Referencer
1. Microscopic characterization of fatty liver-based emulsions: Bridging microstructure and texture in foie gras and pâté. Matias A. Via, Mathias Baechle, Alexander Stephan, Thomas A. Vilgis, Mathias P. Clausen, Physics of Fluids **33**, 117119 (2021), doi.org/10.1063/5.0070998.