

Afslutningsrapport

Lavfedtmejeriprodukter – mikrostruktur,
sensoriske egenskaber og forbrugeropfattelse

Mejeribrugets ForskningsFond

Rapport nr. 2006-81

December 2006



mejeriforeningen

danish dairy board

Lavfedtmejeriprodukter – mikrostruktur, sensoriske egenskaber og forbrugeropfattelse

01-01-2003 til 30-06-2006

Adjunkt/Post Doc Michael Bom Frøst
Ph.d.-studerende/Forskningsassistent Thomas Janhøj
Forskningsassistent Susanne Bølling Johansen
Lektor Richard Ipsen
Professor Magni Martens
Professor Karsten Bruun Qvist

Finansieret af Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige forskningsråd
(fra 1.1. 2005 Forskningsråd for Teknologi og Produktion) og
Mejeribrugets ForskningsFond

Indholdsfortegnelse

1 Sammen drag	3
1.1 Overordnede formål og målsætning	3
1.2 Resumé af resultater	3
2 English abstract	4
2.1 Overall purpose and goals	4
2.2 Summary of results	5
3 Baggrund og mål	6
4 Resultater	6
4.1 Modelling og forståelse af cremethed i yoghurt naturel	6
4.2 Modelling og forståelse af cremethed i flødeost	7
4.3 Modelling og forståelse af cremethed i mælkejuice/yoghurtdrikke.....	7
4.4 Mekanistisk modelstudie med sure mælkegeler	7
4.5 Billedanalyseteknikker	7
4.6 Forbrugerens hedoniske oplevelse og cremethedsopfattelser i vaniljeyoghurt.....	8
4.7 Forbrugerens hedoniske oplevelse og cremethedsopfattelser i syrnede mælkejuice/yoghurtdrikke	8
5 Konklusioner	9
Relation til nye og igangværende projekter.....	10
Appendiks: Oversigt over publikationer og andre aktiviteter	11
Publikationer i peer-reviewede internationale tidsskrifter	11
a. Publicerede.....	11
b. Under publicering.....	11
c. Under udarbejdelse.....	12
Forskeruddannelse/specialer/bachelorprojekter	12
Publikationer i ikke-peer-reviewede tidsskrifter	13
Konferencebidrag publiceret i proceedings.....	13
Præsentationer ved internationale videnskabelige kongresser	13
a. Foredrag	13
b. Postere	15
Præsentationer ved nationale videnskabelige kongresser.....	15
a. Foredrag	15
b. Postere	15
Undervisning.....	16
Samarbejde	16
a. Gæsteforskere	16
b. Udstationering	16
c. Samarbejde internationalt	16
d. Samarbejde nationalt.....	17

1 Sammendrag

1.1 Overordnede formål og målsætning

Formålet med projektet var at skabe sammenhængende viden om lavfedtmejeriprodukter, der spænder fra det mikroskopiske niveau i produkternes sammensætning, over menneskets sansning af smag, lugt og konsistens, til forbrugernes opfattelse. Projektet er tværfagligt og har i kraft heraf givet en indsigt i fødevarekvalitet, der kan bidrage til videreudvikling af gode og sunde fødevarer.

Resultater fra projektet har ført til en bedre grundlæggende viden om, hvilke proces- og produktparametre der med succes kan optimeres for at helt eller delvist at erstatte fedt i forskellige produkter samtidig med, at de gode sensoriske egenskaber bevares. Analyser af relationer mellem sensoriske egenskaber og produkternes fysiske opbygning har givet en beskrivelse af de underliggende fysiske egenskaber, der er nødvendige for bevarelsen af cremethed i lavfedtmejeriprodukter.

I projektet har vi arbejdet mod en klarlægning af, hvordan de enkelte sanser bidrager til den samlede sansning af komplekse produkter. Fokuspunktet har været den meget værdsatte sensoriske egenskab "cremethed". Gennem forbrugerundersøgelser har vi belyst aspekter af den enkelte forbrugers samlede spisekvalitetsopfattelse, såsom hedonisk oplevelse, dennes stabilitet og oplevelse af cremethed.

1.2 Resumé af resultater

Projektet har været meget succesfuldt i sin undersøgelse og beskrivelse af sammenhænge mellem fysisk/kemiske egenskaber (mikrostruktur) og sensoriske egenskaber – herunder af særlig interesse cremethed. De tre forsøg med forskellige typer lavfedtmejeriprodukter har demonstreret, at sammenhængen mellem struktur og cremethed er systemafhængig. I fortyndede (syrnede mælkedrikke) og stærkt koncentrerede (flødeost) systemer er der således en meget tæt og relativt ligefrem sammenhæng mellem teksturegenskaber (viskositet, fasthed, nedsmeltning) og cremethed. I svage geler (yoghurt naturel) er sammenhængen mellem struktur og cremethed mere kompleks og omfatter også smags- og flavouregenskaber.

De instrumentelle karakteriseringer af produktserierne har bragt flere nye erkendelser med sig. Sammenhængen mellem reologi og mere enkle sensoriske teksturegenskaber er fundet meget tilfredsstillende i alle produktserier. Forskellige typer reologiske karakteriseringer er højt korrelerede. Vi anbefaler derfor, at man vægter reproducerbarheden meget højt i bedømmelse af, hvilke metoder man ønsker at anvende. Forsøget med yoghurt viste meget tydeligt, at en mere "soft modelling" tilgang uden for mange *a priori* antagelser giver en bedre prædiktions af sensoriske egenskaber. De kvantitative studier af sammenhænge mellem strukturegenskaber og sensoriske egenskaber med AMT og andre billedanalysealgoritmer har demonstreret, at det er en farbar vej. Dog finder vi at billedanalysemetoder også direkte bør belyse globale fysiske egenskaber i strukturen. Det vil muliggøre mere mekanistiske studier, end vi har formået i projektet.

Studier, der belyste en række faktorer i forbrugeropfattelse af yoghurt (vanilje), bragte flere interessante resultater. Stabiliteten af forbrugernes hedoniske opfattelse var meget høj. En mulig forklaring herfor er yoghurts status her til lands som et morgenmadsprodukt. Morgenmaden som måltid fungerer mest som en påfyldning af energi, og ikke så meget som et tidspunkt, hvor man ønsker forskelligartede oplevelser. Dog viste forsøget, at der er meget store individuelle forskelle i stabiliteten af den hedoniske opfattelse.

Hos en del af forbrugerne undersøgte vi, hvorledes syns- og lugtesans bidrager til oplevelsen af cremethed i vaniljeyoghurt. På trods af at andre studier har vist, at begge dele kan påvirke oplevelsen af sensoriske egenskaber, så fandt vi, at de ikke påvirkede oplevelsen af cremethed. Det tyder på, at tekstur og smag i så høj grad definerer cremethed, at de manglende egenskaber "fyldes ud" af hjernen.

Et stort studie til belysning af kulturelle forskelle (mellem danske og koreanske studerende) i både hedonisk oplevelse, cremethed og forskelle mellem analytisk og syntetiserende spørgsmål bragte følgende erkendelser: 1. Der er større kulturelle forskelle i cremethed end i hedonisk opfattelse. Det antyder, at cremethedsbegrebet til dels formes af den kulturelle baggrund. 2. Cremethed og hedonisk oplevelse er ikke det samme. I studiet observeredes desuden mindre forskelle mellem analytisk og syntetiserende spørgsmål til forbrugerne. Det viser, at resultatet af forbrugerundersøgelser er afhængigt, af hvilken tilstand man sætter sine forbrugere i under besvarelse af spørgsmål.

2 English abstract

2.1 Overall purpose and goals

The goal of the project was to create a continuum of knowledge about low fat dairy products that spans from the microscopic level in product composition, through human sensing of taste, aroma and texture, to consumers' perception and appreciation. The project is multidisciplinary and through this it will provide deeper insight into food quality, which ultimately contributes to development of palatable and healthy foods.

Results from the project has lead to a better basic knowledge about which factors can be optimised to fully or partly replace the functionality of fat in different dairy products, while still preserving good sensory properties. Analysis of relationships between sensory properties and the products' physical composition has provided a description of the underlying physical properties necessary to maintain creaminess in lowfat dairy products.

The project aims at clarifying how the individual senses contribute to the perception of complex products. The focal point has been the much appreciated property creaminess. Through consumer studies we have highlighted aspects of the individual consumer's total eating quality experience, such as hedonic perception, its stability and perception of creaminess.

2.2 Summary of results

The project has been very successful in its exploration and description of relationships between physical chemical properties (microstructure) and sensory properties – among them of special interest creaminess. The three studies with different types of lowfat dairy products have revealed that the relationship is system-dependent. In diluted (acidified milk drinks) and highly concentrated (cream cheese) there is a very close and straightforward relationship between texture properties (viscosity products, hardness, melt down) and creaminess. In weak gels (plain yoghurt), the relationship between structure and creaminess is more complex and also encompasses taste and flavour properties.

The instrumental characterisation of the product types has lead to several new discoveries. The relationship between rheology and more simple sensory properties was found highly satisfactory in all products. Different types of rheological characterisation are highly correlated, and we recommend that reproducibility of the method be valued very high in selection of the method of choice. The yoghurt experiment clearly showed that a more “soft-modelling” approach without many *a priori* assumptions gave a better prediction of sensory properties. Quantitative studies of relationships between structure and sensory properties using AMT (Advanced Microscopy Technique) and other image analysis algorithms have demonstrated that it is a feasible direction. However, we find that image analysis methods directly should reflect global physical properties in the structure. This will allow more mechanistic studies than what we have achieved.

Studies examining a number of factors in consumer perception of yoghurt (vanilla) gave a number of interesting results. The stability of consumers’ hedonic perception was high. A possible explanation for this is yoghurt’s role as an integrated part of the breakfast meal. The breakfast meal mainly serves as a refuelling of energy and not as much as a situation where varied experiences are wanted. However, there were relatively large individual differences in hedonic stability.

We evaluated the influence of vision and olfaction on perception of creaminess in vanilla yoghurts using a subgroup of the consumers. In contrast to the findings of others, our results with 40 untrained subjects show that the creaminess ratings remain unchanged when both visual and olfactory inputs are excluded. This indicates that mouth feel and taste provide sufficient sensory input that allows the absent input to be reliably predicted and thus give the full perception of creaminess.

A large-scale cross-cultural study (between Danish and Korean students) to examine differences in both hedonic perception, creaminess and differences between synthetic and analytic questions brought about the following discoveries: 1. There are larger cultural differences in creaminess than in hedonic perception. This hints that the formation of the creaminess concept partly is formed by the cultural background. 2. Creaminess and hedonic perception is not the same. Furthermore, we found minor differences between analytical and synthetic questions posed to the consumers. It shows that the outcome of consumer studies is dependent on the mental state; consumers are brought in, while answering questionnaires.

3 Baggrund og mål

Formålet var at skabe sammenhængende viden om lavfedtmejeriprodukter, der spænder fra det mikroskopiske niveau i produkternes sammensætning, over menneskets sansning af smag, lugt og konsistens, til forbrugernes opfattelse af velsmag. Resultater fra projektet har ført til en bedre grundlæggende viden om, hvilke proces- og produktparametre der med succes kan optimeres for at helt eller delvist at erstatte fedt i mejeriprodukter, samtidig med at produktets gode sensoriske egenskaber bevares. Analyser af relationer mellem sensoriske egenskaber, konsistens og produkternes fysiske opbygning giver en beskrivelse af, hvilke underliggende fysiske egenskaber der er nødvendige for bevarelsen af cremethed i lavfedtmejeriprodukter. Forsøgsplanen har gennem valg af flere forskellige typer mejeriprodukter (syrnede mælkedrikke, yoghurter, flødeost) belyst forskelle og ligheder blandt produkttyperne.

Projektet sigtede mod en klarlægning af, hvordan de enkelte sansers bidrager til den samlede sansning af komplekse produkter. Fokuspunktet har været den meget værdsatte sensoriske egenskab cremethed. Gennem forbrugerundersøgelser har vi belyst aspekter af den enkelte forbrugers samlede spisekvalitetsopfattelse, såsom præferencer, disses stabilitet og oplevelse af cremethed. I dagliglivet er den samlede oplevelse afhængig af både produktet, personen der spiser det og den situation, hvor maden nydes. Forbrugerundersøgelserne vil bidrage til en dybere forståelse af den enkelte forbrugers samlede oplevelse. Den sensoriske del af projektet sigter mod en klarlægning af de enkelte sansers bidrag til opfattelsen af den komplekse sensoriske egenskab cremethed, som har nøje sammenhæng med variationen i fedtindhold og er af stor betydning for forbrugerens præferencer.

4 Resultater

Projektet har været bygget op som en række nøje tilrettelagte studier til belysning af delelementer af problemstillingerne. Hvert forsøg har således bidraget med en række delkonklusioner, der til sidst har kunnet sættes sammen i et større helhedsbillede. Nedenfor beskrives kort resultater fra de enkelte forsøg og metodestudier.

4.1 Modellering og forståelse af cremethed i yoghurt naturel

Der findes stærke sammenhænge mellem reologiske målinger og de sensoriske viskositetsegenskaber, men det er ikke muligt at fuldt ud at prædiktere cremethed fra reologiske målinger. Derimod findes der relativt gode sammenhænge mellem den mikroskopisk observerede struktur og de sensoriske egenskaber. Forsøget har vist hvilke niveauer af andre sensoriske egenskaber, der er nødvendige for en høj cremethed i lavfedtyoghurt.

Selvom den største del af bidraget til cremethed er relateret til tekstur og mundfornemmelse, så er en række smags- og flavouregenskaber også involveret. Baseret på den store spændvidde af sensoriske egenskaber i de studerede prøver, mener vi med rimelig sikkerhed at kunne konkludere følgende generelt om cremethed i naturel røreyoghurter. En cremet yoghurt er karakteriseret ved en relativt høj, men ikke for høj viskositet. Den skal have en glat mundfølelse og en let fed eftermundefylde. Yoghurter med høj cremethed har også en relativt høj intensitet af fedtrelaterede flavours, såsom fløde- og smørsmag, og de er sødere end dem med mindre cremethed.

4.2 Modellering og forståelse af cremethed i flødeost

Der observeredes en tydelig effekt af fedtindhold, men også både saltindhold og pH havde effekt på egenskaberne af flødeost. Dette er observeret i alle indsamlede typer data. Således viser analysen af de sensoriske egenskaber, at det er muligt alene ved hjælp af stigning i saltindhold og stigning i pH at skabe samme sensoriske egenskaber med en betydelig reduktion af fedtindholdet. Der fandtes meget stærke sammenhænge mellem spektroskopiske målinger (IR, NIR og fluorescens) og de deskriptive sensoriske analyser, hvilket gør det muligt præcist at prædiktere sensoriske egenskaber på baggrund af kemisk/fysiske egenskaber.

4.3 Modellering og forståelse af cremethed i mælkejuice/yoghurtdrikke

Resultaterne viser, at der er en meget tæt sammenhæng mellem oplevet viskositet og oplevet cremethed. Sammenhængen mellem glathed og cremethed afhænger af tørstofindholdet, således at man kan opnå høj cremethed trods lav glathed, blot tørstofindholdet er højt (8% mælketørstof). Viskometridata kunne kun forudsige sensorisk viskositet moderat, hvilket sikkert skyldes forskelle i funktionelle egenskaber af pektin og CMC. Yoghurtdrikke stabiliseret med pektin udviste shear-thinning opførsel, mens pektinstabiliserede mælkejuicedrikke såvel som begge kategorier af drikke stabiliseret med CMC udviste newtonsk opførsel.

4.4 Mekanistisk modelstudie med sure mælkegeler

Resultater fra modelstudiet viste, at tilsætningstidspunktet (før eller efter varmebehandling af mælkebasen) ikke havde indflydelse på hverken gelfasthed eller synerese, hvilket tyder på, at mikropartikuleret valleprotein (MWP) virker som en "inert filler" i mælkegel-systemer, i modsætning til varmebehandlede, homogeniserede fedtkugler. MWP, der har en veldokumenteret effekt som funktionel fedtstatter, virker således på en anden måde end det fedt, det erstatter.

4.5 Billedanalyseteknikker

Resultater fra analyser af sammenhænge mellem mikrostruktur- hhv. overfladestrukturbilleder og sensoriske egenskaber i både flødeost og yoghurt viser, at det er muligt ved hjælp af billedanalyseteknikker at prædiktere visuelle sensoriske egenskaber meget præcist i begge typer af produkter.

I det omfang visuelle sensoriske egenskaber er højt korreleret med andre sensoriske egenskaber, er det muligt at prædiktere f.eks. teksturegenskaber alene på baggrund af et overfladebillede. Globale egenskaber ved overfladebilleder blev ekstraheret ved hjælp af nye varianter af AMT-metodologi. Til formålet er udviklet en offentligt tilgængelig billedanalyse "toolbox" (<http://www.models.kvl.dk/source/IMAT>).

4.6 Forbrugeres hedoniske oplevelse og cremethedsopfattelser i vaniljeyoghurt

Resultater fra forbrugerundersøgelsen viste, at der er en overraskende høj stabilitet over tid i forbrugeres hedoniske oplevelse af produkterne. Det antyder, at der for yoghurt blandt forbrugere er en meget lav tendens til at ønske variation (lav "variety-seeking tendency"). Det skyldes givetvis, at danske forbrugere oplever yoghurt som en del af et morgenmåltid, hvor man generelt ikke ønsker stor variation, men snarere milde produkter, der giver energi til dagen.

Desuden udførtes sanseinteraktionsstudier på det samme sæt af yoghurt. Med en del af forbrugerne undersøgte vi, hvorledes syns- og lugtesans bidrager til oplevelsen af cremethed. På trods af at andre studier har vist, at begge dele kan påvirke oplevelsen af sensoriske egenskaber, så fandt vi, at de ikke påvirkede oplevelsen af cremethed. Andres forsøg med aroma/smag sammenhænge har vist, at de læres meget hurtigt og er fleksible over for ændringer. Det kan forklare den manglende påvirkning af syns- og lugtesans på cremethed. Det tyder på, at tekstur- og smag i så høj grad definerer cremethed, at de manglende egenskaber "fyldes ud" af hjernen.

I forsøget observeredes en forskel i effekten af vaniljearoma mellem det trænede sensoriske panel, og de almindelige forbrugere. Mens det trænede panel angav en øget cremethed i produkter med høj intensitet af vanilje, oplevede forbrugerne en nedgang i cremethed med stigende vaniljeintensitet. Det kan skyldes, at panelets bedømmelse er ekstremt analytisk med opmærksomhed på alle enkeltegenskaber. Forbrugerne derimod har en mere syntetiserende oplevelse af produktet, hvor de ser på egenskaberne samlet.

4.7 Forbrugeres hedoniske oplevelse og cremethedsopfattelser i syrnede mælkejuice/yoghurtdrikke

Forskellen mellem cremethedsoplevelsen hos forbrugere og et trænet sensorisk panel gav anledning til at undersøge, hvorvidt måden, man spørger på (analytisk eller syntetiserende), har indflydelse på resultatet. I samarbejde med forskere i Sydkorea og Australien satte vi et større tværkulturelt studie op. I studiet blev en række delspørgsmål evalueret: 1) Opfattelse af cremethed, hvor vi påviste forskelle mellem de to forskellige kulturer. 2) Hedonisk opfattelse, hvor der mellem danske og koreanske studerende ganske overraskende er enighed, mens der er kønsforskelle. 3) Forskelle mellem at stille meget analytiske eller syntetiserende spørgsmål til almindelige forbrugere. Denne sidste effekt er dog relativt lille, men påviser, at resultatet af forbrugerundersøgelser er afhængigt af, hvilken tilstand man sætter sine forbrugere i under besvarelsen af spørgsmål.

5 Konklusioner

Projektet har i høj grad levet op til de forestillede resultater i den oprindelige projektformulering. Formålet var at tilføje basisviden omkring sammenhænge mellem struktur, perception og forbrugeropfattelser i lavfedtmejeriprodukter.

Projektet har været meget succesfuldt i sin undersøgelse og beskrivelse af sammenhænge mellem fysisk/kemiske egenskaber (mikrostruktur) og sensoriske egenskaber – herunder af særlig interesse cremethed. De tre forsøg med forskellige typer lavfedtmejeriprodukter har afsløret, at sammenhængen mellem struktur og cremethed er systemafhængig. I fortyndede (syrnede mælkedrikke) og stærkt koncentrerede (flødeost) systemer er der således en meget tæt og relativt ligefrem sammenhæng mellem teksturegenskaber (viskositet, fasthed, nedsmeltning) og cremethed. I svage geler (yoghurt naturel) er sammenhængen mellem struktur og cremethed mere kompleks. Analyser af sammenhænge mellem andre sensoriske egenskaber og cremethed viser, at en vis viskositet er nødvendig for en høj cremethed, mens fravær af grynethed er essentiel. Desuden ses, at forskelle i flavouregenskaber (fløde-, smør-, og sød smag, alle med positiv effekt på cremethed) også har betydning.

De instrumentelle karakteriseringer af produktserierne har bragt flere nye erkendelser med sig. Sammenhængen mellem reologi og mere enkle sensoriske teksturegenskaber er fundet meget tilfredsstillende i alle produktserier. Forskellige typer reologiske karakteriseringer er højt korrelerede, og vi anbefaler derfor, at man vægter reproducerbarheden meget højt i bedømmelse af, hvilke metoder man ønsker at anvende. Forsøget med yoghurt viste meget tydeligt, at en mere "soft modelling" tilgang uden for mange *a priori* antagelser giver en bedre prædiktions af de sensoriske egenskaber. De kvantitative studier af sammenhænge mellem strukturegenskaber og sensoriske egenskaber med AMT og andre billedanalysealgoritmer har demonstreret, at det er en farbar vej. Dog finder vi, at billedanalysemetoder også direkte bør belyse globale fysiske egenskaber i strukturen. Det vil muliggøre mere mekanistiske studier, end vi har formået i projektet.

Forsøg med inkorporering af mikropartikuleret valleprotein i geler viser, at det fungerer som en "inert filler", og dermed ikke virker på samme måde som mælkefedtkugler. Det efterlader ubesvarede spørgsmål omkring funktionaliteten af mikropartikuleret valleprotein, der vil blive taget op i fremtiden.

Studier, der belyste en række faktorer i forbrugeropfattelser, bragte flere interessante resultater. Forsøget med vaniljeyoghurt viste, at stabiliteten af forbrugernes hedoniske opfattelse var meget høj. Dog viste forsøget, at der er meget store individuelle forskelle i stabiliteten af den hedoniske opfattelse. Det stiller nye spørgsmål omkring specificiteten af hedonisk stabilitet. Det bør undersøges, hvorledes forskellige typer fødevarer varierer i stabilitet af præferencer.

Resultater fra studiet af, hvordan syns- og lugtesans bidrager til oplevelsen af cremethed i vaniljeyoghurt, tyder på at tekstur og smag i så høj grad definerer cremethed, at de manglende egenskaber "fyldes ud" af hjernen.

Det store tværkulturelle studie af både hedonisk oplevelse, cremethed og forskelle mellem analytisk og syntetiserende spørgsmål bragte flere erkendelser omkring både cremethed og hedonisk perception, der i kraft af studiets størrelse må være generaliserbare.

Relation til nye og igangværende projekter

Den præcise sammenhæng mellem mikropartikler og cremethed er ikke fuldt belyst endnu. Vi har derfor indsendt en interessetilkendegivelse til Mejeribrugets ForskningsFond med titlen: Structure engineering: Mikropartikulerede mælkeproteiner - indflydelse på mælkegelers mikrostruktur, sensoriske og funktionelle egenskaber. Hensigten er at fortsætte arbejdet omkring mikropartikulerede valleproteiners funktionalitet i syrnede mælkegeler.

Thomas Janhøjs forskerudannelse (ph.d.-afhandling succesfuldt forsvaret 16. juni 2006) har medført kvalifikationer, der har gjort ham i stand til at fortsætte karrieren som post doc i Mejeriteknologigruppen ved IFV på KVL. Det er essentielt med rekruttering af nye forskere til området, både til uddannelse af mejeriingeniører, men også til uddannelse af nye generationer af forskere. Begge dele er i særdeleshed opfyldt med Thomas videre arbejde på området.

Michael Bom Frøsts arbejde med komplekse produkter og komplekse sanseoplevelser (i dette tilfælde cremethed), bliver videreført i et større forskningsprojekt omkring molekylær gastronomi. Projektet er finansieret af Forskningsrådet for Teknologi og Produktion. Michaels rolle i det nye projekt vil i høj grad være at forske i oplevelsen af hele retter og måltider.

Appendiks: Oversigt over publikationer og andre aktiviteter

Publikationer i peer-reviewede internationale tidsskrifter

a. Publicerede

- 1.1 Frøst, M.B. (2006) Liking and exposure: first, second and tenth time around, *Physiology & Behavior*, 89(1), 47-52 (doi:10.1016/j.physbeh.2006.01.036).
- 1.2 Hedegaard, R.V; Kristensen, D.; Nielsen, J.H.; Frøst, M.B.; Østdal, H.; Hermansen, J.E.; Kröger-Ohlsen, M & Skibsted, L.H. (2006) Comparison of descriptive sensory analysis and chemical analysis for oxidative changes in milk, *Journal of Dairy Science*, 89(2), 495-504.
- 1.3 Janhøj, T. & Ipsen, R. H. (2006). Effect of Pre-heat treatment on the functionality of microparticulated whey protein acid milk gels, *Milchwissenschaft* 61, 131-134.
- 1.4 Janhøj, T.; Petersen, C.B.; Frøst, M.B. & Ipsen, R.H. (2006) Sensory and rheological characterization of low-fat stirred yoghurt, *Journal of Texture Studies*, 37(3), 276-299 (doi:10.1111/j.1745-4603.2006.00052.x).
- 1.5 Frøst, M.B.; Heymann, H; Bredie, W.L.P.; Dijksterhuis, G.B. & Martens M. (2005) Sensory measurement of dynamic flavour intensity in ice cream with different fat levels and flavourings, *Food Quality and Preference*, 16(4), 305-314 (doi:10.1016/j.foodqual.2004.05.009).

b. Under publicering

- 1.6 Rasmussen, M.A.; Janhøj, T. & Ipsen, R.H. (2006) Graininess in lowfat yoghurts - *Milchwissenschaft*, *in press*.
- 1.7 Frøst, M.B.; Heymann, H; Dijksterhuis, G.B. & Martens M. (2006) Perception of 'healthy' and 'natural' milk and yoghurt products – a cross-cultural comparison of US and Danish students, *Accepteret i Journal of Sensory Studies*.
- 1.8 Frøst, M.B. & Janhøj, T. (2006) Understanding creaminess, *indsendt til International Dairy Journal*.
- 1.9 Janhøj, T.; Frøst, M.B. & Ipsen, R.H. (2006) Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks, *indsendt til Food Hydrocolloids*.
- 1.10 Johansen, S.M.B.; Laugesen, J.L.; Ipsen, R.H.; Janhøj, T.; & Frøst, M.B (2006) Prediction of sensory properties of low-fat yoghurt and cream cheese from surface images, *indsendt til Food Quality and Preference*.

- 1.11 Bro, R.; Qannari, E.M.; Kiers, H.E.L.; Næs, T. & Frøst, M.B. (2006) Multiway models for sensory profiling data, *indsendt til Journal of Chemometrics*.

c. Under udarbejdelse

- 1.12 Frøst, M.B. & Janhøj, T. (2006) Individual differences in perception of creaminess in sensory panels. *Manuskript under udarbejdelse, indsendes til Food Quality and Preference* (revision af tidligere manuskript).
- 1.13 Johansen, S.M.B.; Janhøj, T.; Laugesen, J.L.; Ipsen, R.H. & Frøst, M.B. (2006) Prediction of sensory properties of semi-solid dairy products from confocal laser scanning micrographs using global feature extraction and multivariate regression techniques. *Manuskript under udarbejdelse, indsendes til Journal of Food Engineering*.
- 1.14 Johansen, S.M.B.; Laugesen, J.L.; & Frøst, M.B. (2006) Angle Measure Technique: Algorithms and Systematic Examination of Method Performances. *Manuskript under udarbejdelse, indsendes til Journal of Chemometrics*.
- 1.15 Frøst, M. B.; Kim H.S.; Kim, K.-O. & Prescott, J. (2007). Working title: Cross-cultural differences in creaminess and hedonic perception between Korean and Danish college students. *manuskript under udarbejdelse, indsendes til Acta Psychologica*.
- 1.16 Frøst, M. B. (2007) Working title: Sensory interactions in creaminess perception in yoghurts. *manuskript under udarbejdelse indsendes til Journal of Sensory Studies*.
- 1.17 Janhøj, T.; Frøst, M.B.; Prinz, J. & Ipsen, R. (2007) Working title: Sensory and rheological characterization of low-fat and non-fat cream cheese. *Manuskript under udarbejdelse*.
- 1.18 Andersen, C.M.; Vierick, N. & Frøst, M.B. (2007) Working title: Spectroscopic and sensory characterization of low-fat and non-fat cream cheese. *Manuskript under udarbejdelse*.

Forskeruddannelse/specialer/bachelorprojekter

- 2.1 Ph.d. Thomas Janhøj (2006). Microstructure and sensory properties of low-fat semi-solid dairy products. Institut for Fødevarevidenskab, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.
- 2.2 Speciale (*cand. techn. al.*) Susanne Bølling Johansen (2004) Plain yoghurts – Microstructure and sensory relations. Institut for Fødevarevidenskab, Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (omfang 42 ECTS).
- 2.3 Speciale (*cand. techn. al.*) Charlotte Blangsted Petersen (2004) Plain stirred yoghurt - Relationships between sensory and rheological properties. Institut for Fødevarevidenskab, Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (omfang 42 ECTS).

- 2.4 Speciale (*cand. scient.* Human Ernæring) Charlotte Mithril (2006) Strategies for use of user panels in consumer tests with foods Institut for Fødevarevidenskab, Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (omfang 45 ECTS).
- 2.5 Speciale (*cand. techn. al.*) Christian Dehlholm (2007) Foreløbig titel: Taste sensitivity in relation to eating culture and food choice: A cross-cultural study between Chinese and Danish populations, afleveret december 2006, forsvares 12. januar 2007 (omfang 45 ECTS). Institut for Fødevarevidenskab, KVL.
- 2.6 Bachelorprojekt (*cand. techn. al.*) Morten Arendt Rasmussen (2005) Respons Surface modellering- og matematisk optimering ved Lagranges metode af gryn i lavfedtholdig yoghurt med fokus på betydningen af fedt, protein og glatrøring. Institut for Fødevarevidenskab, Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (omfang 18 ECTS).
- 2.7 Bachelorprojekt (*cand. techn. al.*) Line Holler Mielby (2005) Effect of label information on intent to purchase wines – a conjoint study, Institut for Fødevarevidenskab, Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (omfang 18 ECTS).

Publikationer i ikke-peer-reviewede tidsskrifter

- 3.1 Frøst, M.B.; Janhøj, T.; Martens, M.; Ipsen, R.H. & Qvist, K.B. (2003) Fornuft eller fornøjelse? Både - og er fremtiden for lavfedtholdige mejeriprodukter. *Mælkeritidende*, 116(18) pp. 426-432.

Konferencebidrag publiceret i proceedings

- 4.1 Janhøj, T.; Frøst, M.B. ; Andersen, C.M.; Viereck, N.; Ipsen, R.H. & S. Edrud (2006) Sensory, rheological and spectroscopic characterization of low-fat and non-fat cream cheese: Fischer, P.; Erni, P. & Windhab, E.J. (Eds.), *Proceedings of the 4th International Symposium on Food Rheology and Structure*, 383-387.
- 4.2 Martens, M.; Frøst, M.B. & Martens H. (2005) Consumer attitudes to health and pleasure - survey data studied by PLSR: in Aluja, T., Casanovas, J., Esposito Vinzi, V., Morineau, A & Tenenhaus, M. (Eds.), *PLS and Related Methods - Proceedings of the PLS'05 International Symposium*, 431-437.

Præsentationer ved internationale videnskabelige kongresser

a. Foredrag

- 5.1 Johansen, S.M.B.; Laugesen, J.L.; Ipsen, R. H.; Janhøj, T.; & Frøst, M.B (2006) *Prediction of sensory properties of low-fat yoghurt and cream cheese from surface images*, 8th Sensometrics meeting, 2.-4. august 2006, Norge.

- 5.2 Frøst, M.B. & Janhøj, T. (2006) *Understanding creaminess*, IDF Symposium - "Scientific and Technological Challenges in Fermented Milk", 15.-17. maj 2006, Italien.
- 5.3 Janhøj, T.; Andersen, C.M.; Frøst, M.B.; Edrød, S. & Ipsen R.H. (2006) *Sensory, rheological and spectroscopic characterisation of low-fat and non-fat cream cheese*, The International Symposium on Food Rheology and Structure, 19.-23. februar 2006, Schweiz.
- 5.4 Frøst, M.B. (2005) *Liking and exposure: first, second and tenth time around*, WCFS Food Summit – Making sense of food, 14.-16. december 2005, Wageningen, Holland.
- 5.5 Frøst, M.B.; Heymann, H.; Bredie, W.L.P.; Dijksterhuis, G.B. & Martens M. (2005) *Sensory measurement of dynamic flavour intensity in ice cream with different fat levels and flavourings*, Cost action No 921- Food matrices: Structural organisation and impact on flavour release and perception, Workshop, 20.-21. oktober 2005, Frederiksberg.
- 5.6 Martens, M.; Frøst, M.B. & Martens, H. (2005) *Consumer attitudes to health and pleasure – survey data studied by PLSR*. 4th international symposium on PLS and Related methods, 7.-9. september 2005, Barcelona, Spanien.
- 5.7 Frøst, M.B., Delwiche, J.F., Beckley, J.H. & Bredie, W.L.P (2005) *Workshop: Training and education in sensory and consumer science*, 6th Pangborn conference, 7.-11. august 2006, Harrogate, UK.
- 5.8 Frøst, M.B., Janhøj, T & Martens, M. (2004) *Multi-way methods for analysis of individual differences in perception of creaminess within a sensory panel*, 7th Sensometrics Meeting, 28.-30. juli 2004, Davis, Californien, USA.
- 5.9 Martens, M.; Frøst, M.B. & Martens, H. (2003) *PLS-Based Analysis of Sensory and Consumer Response Data*, 3rd International Symposium on PLS and Related Methods, 15.-17. september 2003, Lisabon, Portugal.
- 5.10 Martens, M.; Frøst, M.B.; Mejlholm, O.; Wienberg, L. & Martens, H. (2003) *L-PLS Regression: Consumer Responses related simultaneously to product descriptors and to consumer background*, 5th Pangborn Sensory Science Symposium, 20.-24. juli 2003, Boston, MA, USA.
- 5.11 Frøst, M.B.; Heymann, H.; Dijksterhuis, G.B. & Martens M. (2003) *Perception of 'healthy' and 'natural' milk and yoghurt products – a cross-cultural comparison of US and Danish students*. Preconference workshop, NFIF 2003, 8. april 2006, Middelfart.

b. Postere

- 5.12 Martens, M.; Frøst, M.B.; Hildrum, K.I. & Martens, H. (2005) *Light absorption and light scattering in food products separated by NIR/vis. spectroscopy and by sensory appearance profiling*, NIR 2005 – 12th International Conference on Near Infra Red Spectroscopy, 10.-15. april 2005, Sky City Auckland, New Zealand.
- 5.13 Janhøj, T., Petersen, C.B., Ipsen, R.H. & Frøst, M.B. (2004) Modelling texture in low-fat yoghurt – relevance of shear and elongational flows. Nordic Rheology Conference, 4.-6. august 2004, Reykjavik, Island.
- 5.14 Frøst, M.B., Dijksterhuis, G.B. & Martens, M. (2004) Increased uncertainty in assessment of near sense sensory properties of milk when vision is excluded. 5th International Multisensory Research Forum, 2.-5. juni 2004, Barcelona, Spanien.
- 5.15 Janhøj, T. Frøst, M.B. Johansen, S.M.B., Petersen, C.B. & Ipsen, R.H. (2004) Modelling texture in low-fat stirred yoghurts. Food Colloids, 19.-21. april 2004, Harrogate, England.
- 5.16 Frøst, M.B., Janhøj, T., Qvist, K.B., & Martens M. (2003) Project presentation: Lowfat dairy products – microstructure, sensory properties and consumer perception. 3rd NIZO conference, 11.-13. juni 2006, Papendal, Holland.
- 5.17 Frøst, M.B., Heymann, H., Dijksterhuis, G.B. & Martens M. (2003) Perception of 'healthy' and 'natural' milk and yoghurt products – a cross-cultural comparison of US and Danish students. NFIF 2003, 9.-11. april, København.

Præsentationer ved nationale videnskabelige kongresser

a. Foredrag

- 5.18 Johansen, S.M.B.; Laugesen, J.L.; Ipsen, R. H.; Janhøj, T.; & Frøst, M.B (2005) *Relationship between visual sensory properties and surface images in plain yoghurts and cream cheese*, Food Science Congress 2005, 8.-9. marts 2005, Lyngby.

b. Postere

- 5.19 Johansen, S.M.B., Ipsen, R.H, Janhøj, T. & Frøst, M.B. (2004) Plain yoghurts – Microstructure and sensory relations. Life Style Challenges to Food Science and Technology. 17.-18. marts 2004, Lyngby.
- 5.20 Petersen, C.B., Ipsen, R.H, Janhøj, T. & Frøst, M.B. (2004) Relationships between sensory properties and rheological properties in plain yoghurts. Life Style Challenges to Food Science and Technology. 17.-18. marts 2004, Danmark.

Undervisning

Michael Bom Frøst har (ud over vejledning af bachelor-, speciale- og ph.d.-studerende) bidraget med undervisning på følgende kurser på KVL:

- Sensorik (kursusnr 078061, 6 ECTS) juni 2003-2005
- Temakursus Aromaanalyse – Sensorik – Kemometri, (kursusnr 078576, 12 ECTS), forår 2004
- Food Culture under Øresund Summer University (kursusnr 078050 og 078051, 6 ECTS), august 2004-2005
- Advanced Sensory Science, (kursusnr 076921, 9 ECTS), forår 2005
- Fødevarergrundkursus, (kursusnr 270044, 15 ECTS), toblokskursus, blok 1+2 2005
- Sensory and Consumer Sciences, (kursusnr 270030, 7.5 ECTS), blok 3 2006

Thomas Janhøj har (ud over vejledning af bachelor- og specialestuderende) bidraget med undervisning på følgende kurser på KVL:

- Technology of Fluid, Fermented and Concentrated Dairy Products (kursusnr 270033, 7.5 ECTS), 2004, blok 4b 2005
- Food Quality and Processing Technologies (kursusnr 270042, 7.5 ECTS) blok 2 2005

Samarbejde

a. Gæsteforskere

Professor Kwang-Ok Kim, EWHA Womans University. En måneds udvekslingsophold (august-september 2005). Finansieret af ASEM-Duo exchange program (www.aseduo.org)

b. Udstationering

Michael Bom Frøst. En måneds udvekslingsophold ved EWHA Womans University, Seoul, Sydkorea (november-december 2004). Finansieret af ASEM-Duo exchange program (www.aseduo.org)

c. Samarbejde internationalt

EWHA Womans University, Department of Food Science and Nutrition, Seoul, Republic of Korea: Professor Kwang-Ok Kim (♀).

Waageningen Center for Food Science, Holland: Senior Scientist Jon Prinz, Senior Scientist Rene de Wijk.

Symrise, Holzminden Tyskland: Director Sensory and Consumer Science Dag Piper.

James Cook University, Department of Psychology, Cairns, Australien: Associate Professor John Prescott.

d. Samarbejde nationalt

ArlaFoods/Functional Milk Proteins, Nr. Vium: Hans Berthelsen, Bente Bjerre Østergaard, Carsten Kierkegaard Jensen og andre.

ArlaFoods Innovation Centre Brabrand: Alicia Pedersen, Lisbet Bjerre Knudsen, Lisbeth Bisgaard Thomsen, Ulf Andersen.

CP Kelco, Lille Skensved: Søren Riis og andre.

Institut for Fødevarevidenskab, Kvalitet og Teknologi, KVL, Frederiksberg: Adjunkt Charlotte Møller Andersen og Adjunkt Nanna Vierick.

Aalborg Universitet Esbjerg, Applied Chemometrics, Analytical Chemistry and sampling research group: Professor Kim H. Esbensen, ph.d.-studerende Casper Kierulf Dahl.

