

Afslutningsrapport

Nye metoder til overvågning af ost under lagring ved hjælp af fluorescensspektroskopi og kemometri

Mejeribrugets ForskningsFond

Rapport nr. 2008-92

April 2008



mejeriforeningen

danish dairy board

1. Projekttitlel:

Nye metoder til overvågning af ost under lagring ved hjælp af fluorescensspektroskopi og kemometri

Projektleder:

Professor Rasmus Bro, Institut for Fødevarevidenskab, Københavns Universitet (KU Life), Rolighedsvej 30, 1958 Frederiksberg C, tlf.: 3533 3296, fax: 3533 3542, e-mail: rb@life.ku.dk,

Deltagende samarbejdsparter:

Lektor Charlotte Møller Andersen, Institut for Fødevarevidenskab, Københavns Universitet, Rolighedsvej 30, 1958 Frederiksberg C, tlf. 3533 3296, fax: 3533 3542, e-mail: cma@life.ku.dk

Seniorforsker Jens Petter Wold, MATFORSK, Osloveien 1, N-1430 Ås, tlf. +47 (64) 97 02 35, e-mail: jens.petter.wold@matforsk.no

Afdelingsleder Lene Vogensen, Arla Foods, Innovation Center Brabrand, Rørdrumvej 2, 8220 Brabrand, tlf. 8746 6733, e-mail: lene.vogensen@arlafoods.com

Projektperiode:

1. januar 2003 – 31. december 2007

Finansiering:

Projektet var finansieret af midler fra Innovationsloven (j.nr.: 93s-24F4-Å02-00017) og Mejeribrugets ForskningsFond.

Kort sammendrag af projektet:

Formålet med projektet er at opnå en grundlæggende viden om uønskede ændringer af ost under lagring og modning samt beskrive flere kvalitetsparametre ved brug af spektroskopi (primært fluorescens) og kemometri. Denne viden kan benyttes til at karakterisere et antal kemiske og fysiske ændringer og karakteristika og dermed være med til at forbedre kvalitetsstyring og produktudvikling.

Det primære fokus har været på lysinduceret oxidation, som kan føre til kvalitetsforringelse af produktet. Projektet har søgt at bestemme, hvornår sådanne ændringer forekommer, samt hvordan de kan undgås. Fx er det vist, at riboflavin ikke er det eneste molekyle, der er i stand til at absorbere lys og initiere oxidationsprocessen, men at forbindelser som porfyrin og chlorophyll kan have endnu større betydning (*Andersen et al. 2005; 2008; Wold et al. 2006*). Der er endvidere vist en god sammenhæng mellem nedbrydningen af porfyrin/chlorophyll og den sensorisk udviklede oxidation (*Wold et al. 2006*). Projektet har vist, at andre forbindelser, der er involveret i lysinduceret oxidation, kan måles med fluorescensspektroskopi. Det drejer sig om protein, vitamin A og fluorescerende oxidationsprodukter (*Andersen et al. 2005*), men projektet har ikke givet mulighed for at undersøge ændringer af disse forbindelser i detaljer. Dannelsen af fluorescerende oxidationsprodukter kan anvendes som et mål for, hvor fremskreden oxidationen er samt give information om sammenhængen mellem initiering og den videre oxidation.

Projektets anden del har drejet sig om at undersøge, hvordan fire former for spektroskopi kan beskrive sammensætningen af lavfedt-holdige flødeoste samt effekten af procesforhold på mælk og syrnet mælk. Generelt blev der opnået god beskrivelse af fedtindhold og pH, men kun få metoder var i stand til at beskrive variation i salt (*Andersen et al. under udarbejdning*). I forbindelse med mælk og syrnet mælk var det muligt at beskrive produktionsforhold som homogeniseringsgrad og varmebehandling men ikke podemængde (*ikke publiceret*). Med undtagelse af fedt, som kan måles direkte med flere spektroskopiske metoder, skyldes resultaterne muligheden for at måle mindre ændringer i protein- og lipidstrukturer.

English Summary:

The aim of this project is to obtain fundamental knowledge about unwanted changes in dairy products during storage as well as explaining and describing several quality parameters using spectroscopy, primarily fluorescence, and chemometrics. This knowledge can be used to characterize a number of chemical and physical changes, thus improving quality monitoring, production management and product development.

Light-induced oxidation has been the main focus area. It is important since dairy products are often exposed to light during production, packaging, and retail storage. This leads to flavor, aroma and color changes, decreased nutritional value, etc. The participants have strived to determine when these changes take place and how they can be hindered.

For light-induced oxidation to take place, light has to be absorbed by molecules in the sample. Until now, riboflavin has been considered as the main initiator of light-induced oxidation. However, this project has shown that compounds such as porphyrins and chlorophylls may be even more active as photosensitizers than riboflavin. For example, riboflavin does not absorb yellow light, which can be absorbed by the other molecules, leading to light-induced oxidation.

The project has shown that other compounds involved in light-induced oxidation can be measured by fluorescence spectroscopy. For example, the formation of fluorescent oxidation products can be

used as a measure of oxidation progression and for establishing the relationship between initiation and further oxidation.

It is shown that a fluorescent compound with emission properties similar to vitamin A decreases with the extent of storage in light. However, the fluorescence properties vary somewhat from that obtained in solution and no verification of the possibility of measuring vitamin A in dairy products has been performed yet. It has been attempted to do this in the present project. However, even though a relationship between the vitamin A content and the fluorescence data was achieved, the project did not give a full description of vitamin A fluorescence in dairy products.

The second part consisted of an investigation of the composition of low-fat cream cheese and the effect of different process conditions by fluorescence, Fourier-Transform infrared (FT-IR) and near-infrared (NIR) spectroscopy as well as low-field nuclear magnetic resonance (LF-NMR). Generally, reasonable description of fat content and pH level was achieved by all methods but only LF-NMR and FT-IR were able to describe any effect of salt content. All methods could give information about the process conditions with NIR being the best to describe homogenization level and fluorescence being somewhat better to describe heat treatment. The measured effects of pH, salt and processing conditions were ascribed to structural changes of proteins and lipids.

Overall, the results obtained have applicabilities both in product development and process monitoring but more experiments are required to fully exploit the potential of the methods. The fast and non-destructive measurements as well as the possibility to obtain information about several parameters in a single measurement illustrate the advantage of the used spectroscopic methods.

Baggrund:

Utilsigtede kemiske og fysiske ændringer af ost kan forekomme under lagring og modning. F.eks. kan ændringer i starterkulturens egenskaber medføre ændringer i den proteolytiske aktivitet og dermed give et ændret modningsmønster. Dette vil medføre ændringer i konsistens og smag. Emballering i klar plast vides f.eks. at kunne resultere i lysinitierede oxidationsprocesser, der kan forårsage farveændringer og smagsfejl i osten (Kristensen et al. 2000, Mortensen et al. 2002). Andre faktorer af betydning for de uønskede ændringer er fx ilttilgængelighed og temperatur, der ligeledes har stor betydning både for ostens holdbarhed og sensoriske kvalitet. Tidligere forsøg giver indikationer på, at ændringer i riboflavin, vitamin A, aminosyrer, proteiner og oxidationsprodukter rummer en del af forståelsen for mange af de uønskede processer (Wold et al 2002). De underliggende kemiske faktorer af betydning for de uønskede ændringer er endnu ikke forstået i detaljer. Et mere grundlæggende kendskab til sådanne faktorer vil give mulighed for en bedre styring af lagrings- og modningsbetingelserne og derved medvirke til sikring af optimal produktkvalitet/økonomi.

Projektets faglige forløb og resultater:

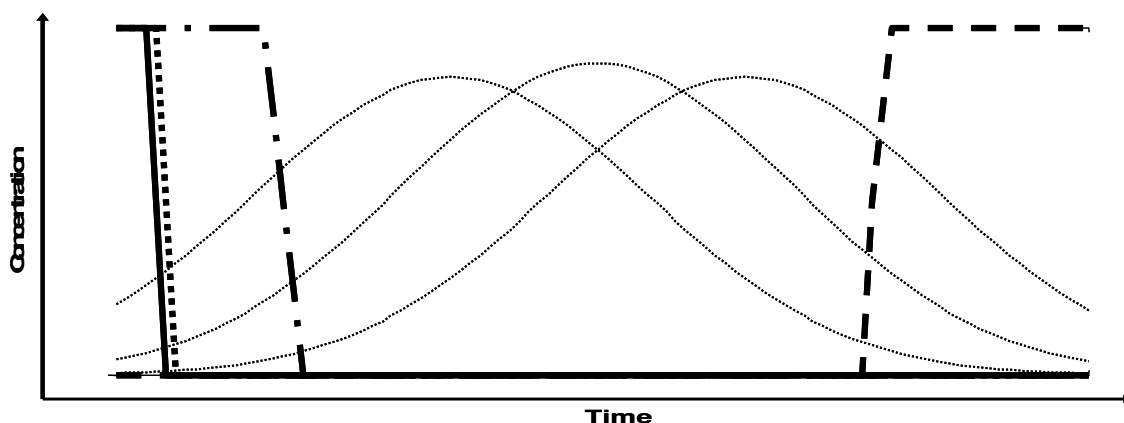
Projektet har inkluderet større og mindre forsøg, hvor potentialet af fluorescensspektroskopi til at beskrive ændringer under lagring samt forskellige kvalitetsparametre og procesforhold i mejeriprodukter, er blevet undersøgt. Andre spektroskopiske metoder er inkluderet i begrænset omfang. I flere af forsøgene er de opnåede målinger understøttet ved sammenligning med traditionelle kemiske analyser. Data er analyseret med kemometriske teknikker - især multivejs-

teknikker har vist sig egnede til at analysere de komplekse datastrukturer, der opnås ved fluorescensspektroskopi. Emnemæssigt har projektet fokuseret på tre områder: lysinduceret oxidation, måling af vitamin A med fluorescensspektroskopi og beskrivelse af produktkomposition og procesparametre.

Lysinduceret oxidation

Lysinduceret oxidation er vigtig i forbindelse med emballering af især ost i klar plast og opbevaring i kølemontre i butikkerne, idet produktkvaliteten ødelægges ved udsættelse for lys. For at undersøge dette nærmere er der i dette projekt fokuseret på to områder 1) Initiering af lysinduceret oxidation og 2) Effekt af emballering og atmosfære på udviklingen af oxidation. Endvidere er der udført et mindre studium, hvor effekten af antioxidanter som rosmarinekstrakt og tocopherol blev undersøgt. Det viste sig, at antioxidanterne ikke havde nogen indflydelse på oxidationsgraden, hvorfor der ikke blev arbejdet videre med dette.

Fluorescensspektroskopi har vist sig egnet til at beskrive ændringer i mejeriprodukter, der sker som følge af lysinduceret oxidation. Dette er vist skematisk i Figur 1. Hidtil har man ment, at initieringen sker via reaktion mellem riboflavin, lys, oxygen og substrat. Imidlertid er det blandt andet i dette projekt vist, at andre forbindelser som chlorophyll og porfyrin kan være med til at starte oxidationen. Initieringen efterfølges af en række komplekse reaktioner, der ikke giver anledning til fluorescens. Til slut dannes bl.a. stabile fluorescerende oxidationsprodukter. Figuren indikerer også, at nedbrydning af vitamin A kan måles med fluorescensspektroskopi. Muligheden for at måle vitamin A i mejeriprodukter med fluorescensspektroskopi er endnu ikke eftervist, hvilket det er søgt at gøre i nærværende projekt.



Figur 1: Skematisk repræsentation af lysinduceret oxidationsmekanisme. Linjerne illustrerer: riboflavin (solid), porfyrin/chlorophyll (punkteret), fluorescerende oxidationsprodukter (stiplet), vitamin A (stiplet-punkteret) og intermediære oxidationsprodukter (tynde linjer).

Et specialeprojekt undersøgte effekten af tre specifikke bølgelængder på nedbrydningen af fotosensibilisatorerne, riboflavin, chlorophyll og porfyrin. Nedbrydning indikerede lysabsorption og dermed initiering af oxidation. De anvendte bølgelængder var udvalgt på baggrund af absorptionsmaxima for de tre forbindelser. Overraskende viste det sig, at lys ved 366 nm ikke var i stand til at nedbryde fotosensibilisatorerne. Derimod blev riboflavin nedbrudt ved 436 nm, men ikke ved 546 nm. Riboflavin absorberer lys ved 366 nm og 436 nm, men ikke ved 546 nm. De andre fotosensibilisatorer blev nedbrudt både af lys ved 436 nm og ved 546 nm men i varierende grad. De opnåede resultater fra de fluorescensspektroskopiske målinger blev sammenholdt med dannelsen af flygtige forbindelser. Det var muligt at opnå en rimelig prædiction af visse flygtige forbindelser ud fra de målte fluorescensspektre, hvilket indikerer nogen sammenhæng mellem de to mål for oxidation. Derimod var det ikke muligt at beskrive udviklingen af flygtige forbindelser som

funktion af det eksperimentelle design formentlig pga. stor usikkerhed på bestemmelserne af de flygtige forbindelser.

Et andet studium udført i samarbejde med MATFORSK identificerede seks fotosensibilisatorer, hvoraf nedbrydningen af tre af disse, protoporphyrin, hematoporphyrin og chlorophyll a, korrelerede med sensorisk målt oxidation.

Begge forsøg giver indikation af, at porphyriner og chlorophyll kan have større betydning for udvikling af lysinduceret oxidation end riboflavin, som hidtil har været anset som den primære fotosensibilisator i mejeriprodukter. Dette understøttes af et mindre forsøg, hvor riboflavin i to koncentrationer blev tilsat mælk, som blev belyst i op til fire dage. Det viste sig, at mængden af riboflavin ikke havde betydning for graden af oxidation målt ved udvikling af hexanal og dimetyldisulfid. Det betyder enten, at initiering af lysinduceret oxidation med riboflavin sker uafhængigt af koncentrationen af riboflavin eller som beskrevet, at initieringen foregår via andre mekanismer.

Sammenhængen mellem initiering og det videre oxidationsforløb blev undersøgt i to lagringsforsøg, hvor gul ost blev udsat for lys under forskellige lagringsbetingelser som lyskilde, temperatur og oxygenniveau. Fluorescensmålinger blev udført som emissionsspektre og analyseret med principal komponent analyse (PCA). De viste, at kun lyskilde (bølgelængdeområde) havde indflydelse på riboflavinfluorescens, idet den ene lyskilde ikke udsendte lys, der kunne absorberes af riboflavin. Begge lyskilder var i stand til at nedbryde porphyrin og chlorophyll. Det eksperimentelle design havde ingen effekt på udviklingen af fluorescerende oxidationsprodukter, hvilket kan skyldes, at andre forbindelser, der er til stede i osten, påvirker de målte fluorescensspektre, og derved gør det umuligt at se at oxidationen ikke var helt så fremskreden eller effekten af det eksperimentelle design.

Effekten af opbevaringsforholdene blev endvidere undersøgt som led i et større forsøg af anvendeligheden af bioemballage. Den valgte bioemballage blev sammenlignet med en traditionel emballage og havde større gennemtrængelighed for både vand og oxygen. Dette havde ugunstige effekter på produktet, når det blev opbevaret i lys, som bl.a. gav sig udslag i dannelse af stabile oxidationsprodukter og nedbrydning af en fluorescerende forbindelse, der kunne være A-vitamin. Endvidere viste de to emballagetyper sig at have forskellig indflydelse på proteinfluorescensen, men målingerne gav ikke information om de specifikke proteinændringer, der giver anledning til forskellene. Resultaterne opnået ud fra de fluorescensspektroskopiske målinger blev sammenlignet med fysisk/kemiske målinger foretaget på de samme produkter. Det viste en gruppering af måleparametrene i tre grupper. Den ene bestod af parametre relateret til proteiner, den anden parametre involveret i initieringen og den tredje af oxidationsparametre. Denne gruppe korrelerede med prøver pakket i bioemballagen og udsat for belysning. De to øvrige grupper korrelerede med prøver, der henholdsvis havde været opbevaret i meget kort tid eller opbevaret i mørke.

Vitamin A fluorescens

Fluorescens af vitamin A blev bl.a. undersøgt ved at måle fluorescens excitations/emissionsmatricer på gul ost. Multivejs kemometriske modeller viste en komponent med maksimal fluorescens i det bølgelængde-område, hvor andre referencer har indikeret fluorescens af vitamin A, men dette bølgelængdeområde stemmer ikke overens med fluorescens af vitamin A målt i ren opløsning. Derfor blev vitamin A's fluorescensegenskaber i mejeriprodukter undersøgt nærmere. Indledningsvis blev det forsøgt at udvikle en HPLC-metode til detektion af vitamin A, som kunne korreleres med de fluorescensspektroskopiske målinger. Dette gav ikke gode resultater. Spredningen på HPLC-bestemmelserne var for stor, hvilket kunne skyldes en lav vitamin A koncentration i de valgte prøver. Yderligere optimering af ekstraktionsmetode og valg af prøver med højere fedtindhold gav ikke bedre resultater. I stedet blev det valgt at lave forsøg med

standardaddition, hvor forskellige koncentrationer af vitamin A blev tilsat piskefløde og smør. Målingerne viste overraskende en faldende fluorescensintensitet for stigende mængde tilsat vitamin A. Det er endnu uklart, hvorfor dette ses, men det kan skyldes forskellige former for specifikke fluorescensfænomener som absorption og reabsorption. De relative koncentrationer af vitamin A, der blev opnået fra de kemometriske modeller, viste en god sammenhæng med mængden af tilsat vitamin A. Det var ligeledes muligt at prædiktere vitamin A ud fra fluorescensmålingerne.

Måling af produktkomposition og procesforhold med spektroskopi

Projektet har anvendt og sammenlignet fire former for spektroskopi til at beskrive produktsammensætning af flødeost og procesforhold i forbindelse med syring af mælk. De opnåede spektre blev endvidere korreleret til sensoriske og reologiske målinger.

Lavfedt-holdige flødeoste med variation i fedtindhold (0% - 9%), pH (4,4 – 5,0) og salt (0.4 – 0.9) blev fremstillet og målt med fluorescens, Fourier-Transform infrarød (FT-IR) og nær infrarød (NIR) spektroskopi samt ved lavfelts-nuklear magnetisk resonans (LF-NMR). Generelt viste de spektroskopiske målinger god beskrivelse af fedt og pH, mens det var sværere at se en effekt af variation i saltindholdet på de spektroskopiske målinger. Kun LF-NMR og FT-IR viste en effekt af salt, idet prøver med lavt fedtindhold, højt pH og højt saltindhold viste en anderledes fordeling af vandmobiliteten, målt ved LF-NMR. Ligeledes var FT-IR influeret af interaktionen mellem alle tre designparametre. Alle metoder gav god prædiktions af den sensoriske parameter "cremethed". NIR og FT-IR gav de bedste prædiktions, men krævede også flere komponenter, hvilket betyder, at de indeholder mere information, der korrelerer med "cremethed", men den er også mest kompleks. Der blev opnået rimelige prædiktions af de reologiske målinger, men ikke så gode som ved prædiktions af "cremethed".

Et andet studium sammenlignede fluorescens, NIR og LF-NMR med henblik på at undersøge effekten af homogeniseringstryk, varmebehandling og podemængde på mælk og syret mælk. Overordnet var metoderne i stand til at beskrive homogeniseringstryk og varmebehandling, men ikke podemængde. Især var NIR god til at beskrive forskellen mellem højt og lavt tryk, mens fluorescens var bedre til at beskrive effekt af varmebehandling. Prædiktions af reologiske parametre gav ikke gode resultater pga. stor variation i de reologiske målinger.

Overordnet set har projektet opfyldt de oprindelige mål med enkelte afvigelser. Dertil har projektet også bidraget med en række forsøg og resultater, der ikke var planlagt oprindeligt. Fase A i den oprindelige plan omhandlede fluorescens-bestemmelser af modelsystemer med tilhørende sensoriske målinger. Disse er gennemført. Fase B i den oprindelige plan var en udbygning af resultaterne i Fase A med fortsat fokus på fluorescens men med sammenligning med alternative målemetoder. Dette er ligeledes afrapporteret her. Fokus i denne del har dog været mindre på billedbehandling end oprindeligt planlagt, fordi det blev valgt, at MATFORSK i højere grad skulle arbejde med at udbygge de succesfulde forsøg omkring oxidation og sensorik. Endelig var fase C en mere verificerende fase, hvor resultater fra fase A og B skulle bekræftes. Dette er ligeledes gennemført med større forsøg omkring porfyriener og sensorik, og omkring vitamin A-bestemmelse, som rapporteret ovenfor. En del af projektet har beskæftiget sig med grid computing, hvor muligheden for at sprede beregninger ud over mange computere har været undersøgt. Denne del har lidt kraftigt af, at programmøren, der skulle udføre arbejdet, har været kræftsyg. Der er dog udviklet et funktionsdygtigt system og dette anvendes pt. i andre projekter, men det har desværre endnu ikke været muligt at få systemets sikkerhedsprocedurer færdiggjort i sådan en grad, at systemet kan afrapporteres videnskabeligt. Dette forventes dog gjort indenfor 1-2 år. Samlet set er vi i projektet nået langt videre end oprindeligt planlagt, hvilket er særdeles tilfredsstillende.

Opsummering

Projektet har vist, hvordan spektroskopi, især fluorescensspektroskopi, kan give vigtig information om kvaliteten af mejeriprodukter både i forbindelse med opbevaring og lagring men også ved forskelle i sammensætning og produktionsforhold. Fordelen ved de spektroskopiske målinger i forhold til traditionelle kemiske målinger er, at målingerne kan foretages hurtigt og non-destruktivt. Derudover kan de spektroskopiske målinger give information om flere parametre på samme tid.

Liste over publikationer mm., der er et direkte resultat af projektet:

Artikler - peer reviewed

C.M. Andersen, L.T. Andersen, A.M. Hansen, L.H. Skibsted, & M.A. Petersen. Wavelength dependence of light-induced changes of lipid oxidation and naturally occurring photosensitizers in cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56(5)**, 1611-1618 (2008).

C.M. Andersen & G. Mortensen. Fluorescence spectroscopy – a rapid tool for analyzing dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56(3)**, 720-729 (2008).

J. Christensen, L. Nørgaard, R. Bro & S.B. Engelsen. Multivariate autofluorescence of intact food systems, *Chemical Reviews* **106**, 1979-1994 (2006).

J.P. Wold, R. Bro, A. Veberg, F. Lundby, A.N. Nilsen & J. Moan. Active photosensitizers in butter detected by fluorescence spectroscopy and multivariate curve resolution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 10197-10204 (2006).

C.M. Andersen, J.P. Wold & G. Mortensen. Light-induced changes in semi-hard cheese determined by fluorescence spectroscopy and chemometrics. *International Dairy Journal*, **16**, 1483-1489 (2006).

T. Janhøj, C.M. Andersen, N. Viereck, M.B. Frøst, R. Ipsen & S. Edrud. Sensory, rheological and spectroscopic characterization of low-fat cream cheese. *Proceedings of the 4th International Symposium on Food Rheology and Structure*, p. 383-387 (2006).

C.M. Andersen, M. Vishart & V.K. Holm. Application of fluorescence spectroscopy in the evaluation of light-induced oxidation in cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 9985-9992 (2005).

Rinnan & C.M. Andersen. Handling of first-order Rayleigh scatter in PARAFAC modeling of fluorescence excitation-emission data. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, **76**, 91-99 (2005)

Planlagte artikler

C.M. Andersen, M.B. Frøst, N. Viereck.....planlægges indsendt til *International Dairy Journal*

C. M. Andersen & R. Bro. Nye metoder til overvågning af ost under lagring og måling af procesrelaterede ændringer. Publiceres i *Mælkeritidende*.

Populærvideenskabelige artikler

R. Bro & C.M. Andersen. Lys på osten og se dens tilstand. *Ingeniøren*, **9**, 10 (2007).

C.M. Andersen & R. Bro. Nye spektroskopiske og kemometriske metoder til overvågning af ost under lagring. *Mælkeritidende*, **20**, 482-486 (2003).

Studenteropgaver:

Bachelorprojekt: Sune Vontilius Jensen, Spektroskopiske metoder til on-line måling af oxidativ harskning af spæk, januar 2004.

Specialeprojekt: Anne Mette Hansen, Effekt af specifikke bølgelængder på oxidation af ost, oktober 2005.

Bachelorprojekt: Fabricia Hemetrio Valadares, Transfedtsyrer i mejeriprodukter, forventes afleveret august 2008.

Præsentationer ved konferencer

C.M. Andersen, M.A. Petersen & R. Bro. Causal oxidation models."PLS07", Oslo, 5.-7. september 2007.

C.M. Andersen, M.B. Frøst & N. Viereck. Spectroscopic and sensory characterization of low- and nonfat cream cheeses – relationships and method differences."ECCE – 6, Special symposium – Innovations in Food Technology", København, 19.-20. september 2007.

C.M. Andersen & R. Bro. Missing values and scatter in PARAFAC modeling of fluorescence excitation-emission data. "TRICAP 2003", Kentucky, 22. – 27. juni 2003.

Forskeruddannelse

Charlotte Møller Andersen har fungeret som postdoc på projektet, og hun er i løbet af projektets løbetid blevet vurderet som lektorabel.

Der har i projektets periode været udveksling af medarbejdere ved Matforsk og KU Life (se desuden herunder).

Samarbejdsrelationer:

Det primære arbejde har fundet sted på Institut for Fødevarevidenskab, KU Life, hvor det eksperimentelle arbejde er udført i samarbejde med andre grupper indenfor instituttet, MATFORSK og Arla Foods. Samarbejdet har drejet sig om udveksling af prøvemateriale, resultater og viden. Fx er der i flere omgange udført forsøg på både MATFORSK og hos Arla Foods, hvorefter data er blevet analyseret på KU Life. Samarbejdet har resulteret i flere af de artikler, der er skrevet i løbet af projektperioden.

Det videnskabelige arbejde omkring lysinduceret oxidation har baseret sig på et ph.d.-projekt udført i samarbejde mellem Arla Foods og KU Life, (Prevention of Light-Induced Quality Changes in Havarti Cheese by Optimal Packaging) af Grith Mortensen, hvor den viden der er opnået i ph.d.-projektet er benyttet som baggrundsviden i dette projekt. Endvidere er der arbejdet videre med den kemometriske databehandling på målinger foretaget under ph.d.-forløbet.

Samarbejde med projektet: Måling af lysinduceret oxidation i mejeriprodukter udført hos MATFORSK er foregået gennem udveksling af erfaringer med fluorescensmålinger samt prøvemateriale.

Vurdering af projektets erhvervs- og samfundsmæssige betydning:

De opnåede resultater har vist potentiel anvendelse i industrien i forbindelse med produktudvikling eller kontrol. Fx kan kombinationen af spektroskopiske og kemometriske metoder give vigtig information om, hvordan mejeriprodukter påvirkes af lys, samt hvordan man bedst sikrer optimal kvalitet under opbevaring og lagring. Muligheden for at måle og forstå, hvordan små ændringer i produktkompositionen påvirker den sensoriske opfattelse af produktet, har potentiale i forbindelse med produktudvikling. Derudover er der vist indikationer på, at de hurtige og non-destruktive spektroskopiske målinger kan benyttes i produktionen i forbindelse med produktionsstyring og kvalitetskontrol.

Projektet har vist, hvordan flere forskellige kvalitetsparametre i mejeriprodukter kan måles med spektroskopi, især fluorescensspektroskopi. Umiddelbart vil resultaterne kunne anvendes industrielt i forbindelse med produktudvikling og optimering af emballering og opbevaring, selvom der stadig er ubesvarede spørgsmål. Fx er det vigtigt at få klarlagt, hvor vigtig de tre fotosensibilisatorer er for initiering af lysinduceret oxidation, fluorescens af vitamin A skal verificeres, og sammenhængen med lysinduceret oxidation undersøges. Endvidere bør effekten af lysinduceret oxidation på proteinændringer undersøges nærmere.

Projektet har ikke direkte ført til industrielle produktionsændringer eller markedsføring, men har givet viden, der anvendes indenfor mejerierhvervet ved udvikling af specifikke sensorer og i andre sammenhænge. Videreudvikling af spektroskopiske sensorer vil kunne benyttes som on-line eller at-line metoder indenfor kvalitetskontrol. Et lignende projekt vil også være relevant til at afklare kvalitetsmæssige problemstillinger indenfor andre industrielle områder.

Relationer til andre og nye mejerirelaterede samarbejdsprojekter:

Aktiviteterne i det afsluttede projekt fortsættes i nogen grad i regi af projekterne "Synerese i løbegeler: Forståelse og kvantificering", "PAT i mejeriindustrien" og senest i projektet "Mælkens sæsonvariation – betydning for fremstilling af fløde- og gul ost".

