

Mækelipidpartikler – sammensætning og sundhedsmæssige egenskaber af membranfraktioner, herunder laktosomer



Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkeliipidpartikler

Projektets titel

Mælkeliipidpartikler - sammensætning og sundhedsmæssige egenskaber af membranfraktioner, herunder laktosomer

(kort titel: Mælkeliipidpartikler)

Projektleder

Jan Trige Rasmussen (JTR), seniorforsker

Laboratorium for Proteinkemi (LFP), Institut for Molekylærbiologi og Genetik (MBG),

Aarhus Universitet, Gustav Wieds Vej 10C, 8000 Aarhus C

Tlf. 8715 5462, e-post: jatr@mbg.au.dk

Projektperiode

1. april 2012 – 31. december 2015

Deltagere

Kristine Ingrid Marie Blans (KIMB), Aarhus Uni., kimb@mbg.au.dk

Lotte Bach Larsen (LBL), Aarhus Uni., lbl@food.au.dk

Lars Wiking (LW), Aarhus Uni., lars.wiking@food.au.dk

Laila Sørensen (LS), Arla Foods Ingr., laila.sorensen@arlafoods.com

Helle Weber Ravn (HWR), Aarhus Uni., (ansættelse ophørt)

Jette F. Young (JFY), Aarhus Uni., jettef.young@food.au.dk

Bjørn Petrat-Melin (BPM), Aarhus Uni., bjornpetratmelin@food.au.dk

Jacob Holm Nielsen/(John Sørensen), Arla Foods Ingr., jacob.holm.nielsen@arlafoods.com

Deltagende studerende:

Maria Stenum Hansen (MSH), MSc student

Uffe Balslev (UB), BSc student

Finansieringskilder:

Mejeribrugets ForskningsFond (MFF)

Arla Foods Ingredients (AFI)

Aarhus Universitet (AU)

Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkelipidpartikler

Et koncist sammendrag

Nærværende projekt har haft til formål, at udforske mælks indhold af lipidpartikler i nanoskala, herunder laktosomer og ekstracellulære vesikler. Sådanne partikler kan potentielt have en sundheds- og ernæringsmæssig værdi. Første delmål var at klarlægge eksistensen af en type fosfolipidpartikel benævnt laktosomer i komælk. Laktosomer er tidligere beskrevet som en ny og unik komponent i human mælk. På baggrund af egne eksperimenter, og efter at have konsulteret/besøgt forskningsgruppen på UC Davis, konkluderede vi, at "laktosom"-partikler med stor sandsynlighed er et artefakt. Vi underkender altså eksistensen af "laktosomer" i mælk.

Projektet har efterfølgende omhandlet og undersøgt en også tidligere beskrevet, men mindre alment kendt type af nano-lipidpartikler i mælken, benævnt ekstracellulære vesikler (EV). EV'er er indenfor det seneste årti blevet anerkendt som en universel vesikel-struktur med en vigtig rolle i intercellulær-kommunikation ved overførsel af bl.a. nukleinsyre. EV'er er blevet identificeret i både human og bovin mælk, hvori de er blevet foreslået at bidrage med komponenter i uddannelsen af den nyfødtes immunsystem. Dog mangler der i høj grad studier, der kan begrunde og vurdere EV'ernes ophav, diversitet og funktion i mælken.

I nærværende projekt, er både bovin og human mælk blevet undersøgt og karakteriseret for deres indhold og diversitet af EV'er. EV-isolater er blevet sammenlignet med de velstuderede fedtkuglemembraner. Projektets videnskabelige udbytte kan sammenfattes i det følgende. To skånsomme metoder er udviklet og valideret til isolering af mælk-EV'er (MEV) fra frisk råmælk vha. (ultra)centrifugering og gelfiltrering. MEV-isolaterne er analyseret ved elektronmikroskopering og nanoparticle tracking analyse, hvilket har vist, at de isolerede strukturer er membranomsluttede med en gennemsnitlig diameter på 200 nm. Biokemiske analyser viser, at MEV adskiller sig betydeligt fra mælkefedtkugler ved at have en anderledes protein-, RNA-, og fosfolipid profil. Dertil adskiller MEV sig mærkbart fra fedtkugler ved ikke at omslutte en kerne af triacylglyceroler. Derfor har fedtkugler og MEV højst sandsynlig deres eget unikke biologiske ophav og en meget forskellig funktionalitet i mælken. Vores analyser viser desuden, at der eksisterer en stor diversitet af MEV, og at densitets- og proteinprofiler af humane og bovine MEV har fællestræk. Endvidere antyder *in vitro* tarmcelleassays, at mRNA beskyttet i bovine MEV kan optages af humane tarmceller, og sandsynliggør derved et optag af bovin MEV-RNA i fordøjelsessystemet.

Innovativt kan udbyttet summeres sammen til: i) Et konstruktivt erfa-samarbejde med Arla Foods Ingredients har ført til, at der nu findes en metode til kvantificering af en række proteinmarkører i mælk, deriblandt lactadherin og EV-markører. Metoden kan gøre det nemmere at lokalisere markørerne i mejeriteknologisk fremstillede fraktioner og blandinger; ii) De opnåede erkendelser vedr. ophav og sammensætning af membranholdige fraktioner, kan give grobund for fremstilling af mælkebaserede ingredienser med mere målrettede sammensætninger af bl.a. fosfolipid. iii) Metoderne opbygget under den videnskabeligt orienterede del forventes at kunne støtte mejeriindustrien under fremtidig produktudvikling og procesoptimering.

Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkelipidpartikler

Et engelsk resumé af formål, resultater og konklusion.

This project aimed at exploring milks content of nano-sized lipid particles, including lactosomes and extracellular vesicles. This type of lipid particles has a potential beneficial effect on our health and nutritional status. Phospholipid particles denoted lactosomes have previously been described as a novel and unique component in human breast milk. Initially, the existence of lactosomes was clarified in cows milk. Based on own experiments and results obtained after visiting the research group at UC Davis who discovered lactosomes, we concluded that particles of "lactosome" character most likely are artificially produced structures. Therefore, we do not acknowledge the existence of "lactosomes" in milk.

Subsequently, the project focused on investigating an also previously described, but less commonly known type of nano-lipid particle in milk, denoted extracellular vesicles (EV). In recent years, EVs have been disclosed to be universal vesicle structures with an important role in intercellular communication by allowing the transfer of nucleic acids among other molecular components. EVs have been identified in human and bovine milk in which they have been suggested to contribute with components that can assist in the education of the infant's immune system. However, studies are missing that can explain and assess milk EVs (MEVs) origin, diversity and function.

This project have investigated and characterised human and bovine MEVs and their diversity in milk. MEVs have in this project been compared with the well characterised milk fat globules. A sum up of the projects scientific results are outlined in the following. Two gentle approaches have been developed and validated to isolate MEVs from raw milk using gelfiltration. The MEV isolates have been analysed by electron microscopy and nanoparticle tracking analysis which have shown that the isolated structures are surrounded by a membrane with an approximate diameter of 200 nm. Biochemical analysis shows that MEVs are significantly different from fat globules by presenting a different protein, RNA and phospholipid profile. Moreover, MEVs notably stands out from fat globules as they do not contain a triacylglycerol core. Therefore, fat globules and MEVs most likely have their own unique biological origin and a distinct functionality in milk. In addition, our data shows that a large diversity of MEVs exists, and that density and protein profiles of human and bovine MEVs have common traits. Moreover, *in vitro* cell assays suggest that mRNA protected inside bovine MEVs can be taken up by human derived intestinal cells which potentiate an uptake of bovine MEV-RNA in the digestive tract.

The projects innovative outcome can be summarized in the following: i) A constructive erfa collaboration with Arla Foods Ingredients have resulted in a method that allows quantification of a number of proteins in milk including lactadherin and various EV markers. This method can help in localising protein markers in dairy technologically produced fractions and mixtures, ii) The obtained knowledge, regarding the origin and composition of membrane rich fractions, can form the basis for production of more comprehensive milk based ingredients, *e.g.* with a dedicated phospholipid composition. iii) The scientifically developed methods are expected to support the dairy industry in the forthcoming development of dairy process optimization and products.

Afslutningsrapport

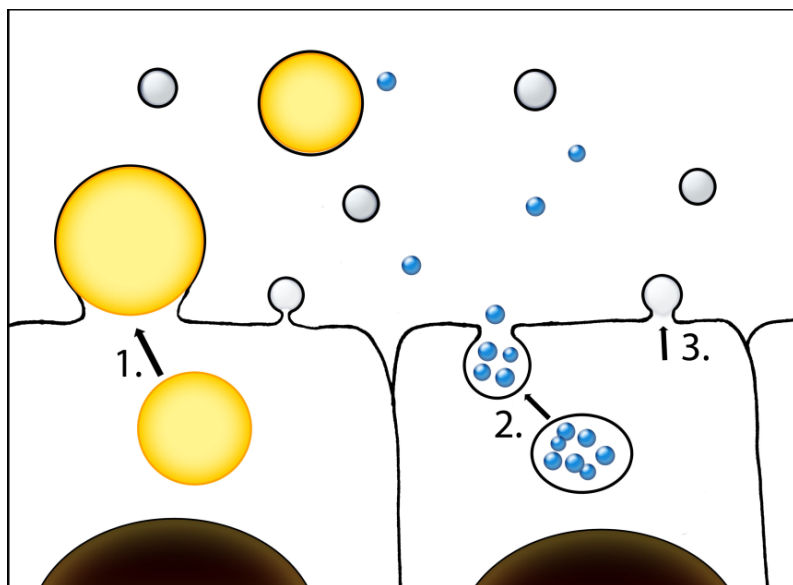
til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkelipidpartikler

Projektets baggrund og mål, resultater og vurdering af disse i forhold til de opstillede mål.

I mælk findes en række fosfolipidholdige membranstrukturer, deriblandt fedtkugler/membraner, og små membranvesikler i skummetmælken. Mælkens indhold af fosfolipider er omtrent ligeligt fordelt imellem flødefasen, udgjort af fedtkuglemembraner, og i form af små fosfolipidpartikler i skummetmælken. Relativt nye studier fra UC Davis angiver tilstedeværelse af vesikelpartikler i nanoskala, laktosomer, i human mælk, og at de potentielt har nye uopdagede funktionelle-, sundheds- og ernæringsmæssige egenskaber. Med afsæt heri blev det ved projektets begyndelse vurderet, at der i høj grad mangler studier, der kan begrunde og vurdere den diverse tilstedeværelse af lipidvesikelstrukturer i mælk.

Ekstracellulære vesikler (EV'er) er inden for det seneste årti blevet anerkendt som nano-strukturer med en betydelig rolle i intercellulær kommunikation i både eukaryote og prokaryote systemer. EV'er fungerer i intercellulær kommunikation ved at tillade overførslen af proteiner, lipider og funktionelle nukleinsyrer, heriblandt RNA, fra afsender- til modtagercelle. EV'er er blevet identificeret i både human og bovin mælk, hvor de er blevet foreslået, at bidrage med komponenter til uddannelsen af den nyfødtes immunsystem. Figur 1 illustrerer hvordan fedtkugler og to typer EV'er basalt set secernerer fra celler. Det er endnu uklart hvorvidt de to EV-typer har forskellig funktion i intercellulær kommunikation.



Figur 1.

Mælkefedtkugler (MFG) (1) dannes ved at en intracellulær fedtdråbe omkranses af den secernerendes celledens apikale plasmamembran, hvorefter den afsnøres og afgives til mælkegangen. EV'er bærer en vandig kerne med forskelligt molekylært indhold, bl.a. RNA. EV'er secernerer på to forskellige måder. Exosomer (2) (50-100 nm) stammer fra multivesikulære endosomer, hvorimod mikrovæsikler (3) (50-1000 nm) afsnøres direkte fra cellens plasma membran.

Projektets formål var at fastlægge det eventuelle indhold af laktosomer i human mælk og komælk, og foretage sammenligninger med og mellem andre mælkeafledte membranholdige fraktioner, inkl. fedtkuglemembraner og EV'er. Dette søges opnået ved komparative analyser af membranfraktionernes protein- og lipidprofiler, som faciliterer en evaluering af det ernæringsmæssige- og bioaktive potentiale af disse membranfraktioner, både individuelt og i

Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkelipidpartikler

blanding. Projektets delaktiviteter har været inddelt i følgende fire faser, hvori projektets resultater er opsummeret:

Fase 1. Isolering af membranrige fraktioner fra bovin og human mælk

Denne fase bestod i først at etablere en metode til isolering af laktosomer i mælken. Publikationer angiver, at laktosomer kan isoleres fra human mælk opbevaret på frost, og at disse består af fosfolipidbaserede kolloider af defineret størrelse kendetegnet bl.a. ved fravær af triglycerid. På baggrund af egne eksperimenter, og efter at have konsulteret/besøgt forskningsgruppen på UC Davis, konkluderede vi, at "laktosom"-partikler sandsynligvis er et artefakt af fryse-tø- og isoleringsproceduren. At der således ikke findes "laktosomer" anser vi som vigtig erkendelse.

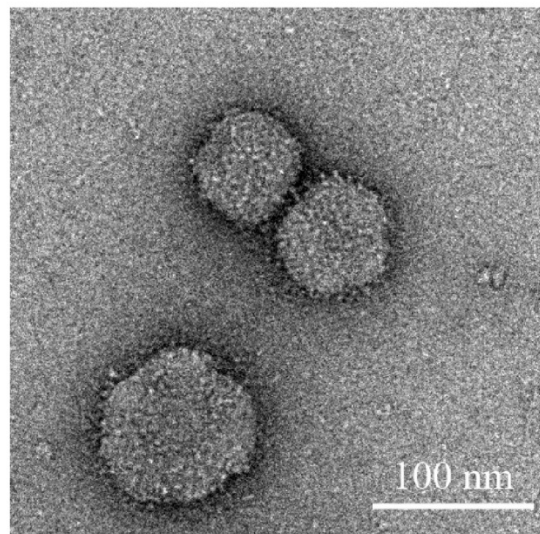
Projektets resterende aktivitet koncentrerede sig om nærmere at beskrive de øvrigt forekommende nano-lipidpartikler i mælk. Helt specifikt blev fokus rettet mod at etablere skånsomme og effektive fremgangsmåder til isolering af ekstracellulære vesikler (EV'er), og i at undersøge deres forekomst og diversitet i human og bovin mælk.

To teknikker er blevet etableret og valideret til isolering af mælke-EV'er (MEV) fra frisk råmælk. Den ene baserer sig på ultracentrifugering (340.000xg) af skummetmælk, hvorved MEV koncentrerer sig i en viskøs okkerfarvet fraktion (fluffy-fraktionen) placeret over en solid kaseinpellet. Fra denne fraktion kan MEV isoleres fra de resterende mælkekomponenter ved gelfiltrering (Sephacryl S500). Den anden metode baserer sig på en kasein-reduceret skummetmælk, der opnås ved en lavere centrifugering (20.000xg). MEV befinder sig efter denne centrifugering i serum-supernatanten, og kan derefter ligeledes isoleres ved gelfiltrering som i den første metode. UB har i den praktiske del af sit bachelor-projekt været medvirkende til at identificere et passende gelfiltreringsmateriale til MEV isolering. Også MSH har i sit bachelorprojekt været med til at anvende og teste metoderne på human mælk, der i første omgang var kørt ind med komælk.

Fase 2. Karakterisering og sammenligning med oprensede membranrige fraktioner

Denne fase har indeholdt kvantitative målinger, størrelses- og morfologi-analyser vha. dynamisk lysspredning (DLS), nanoparticle tracking analyse (NTA) (Michael Lykke Hvam, iNANO, AU) og elektronmikroskopering (Arne Möller, iNANO, AU). Analyserne har vist, at mælke-EV'erne er omsluttet af en membran-lignende struktur med en gennemsnitlig diameter på 200 nm, hvilket bekræfter at vi har isoleret MEV med morfologiske karakteristika med lighed til tidligere publicerede resultater indenfor feltet. Figur 2 viser et elektronmikroskopibillede af bovin MEV isoleret fra den såkaldte fluffy fraktion.

Figur 2.
Morfologi af bovin MEV ved elektronmikroskopering



Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkelipidpartikler

Fase 3. Protein og lipidprofil

Lipidanalyser er udført på tyndlagskromatografi (TLC) udstyr med vejledning fra HWR (Bioscience, AU). TLC analyserne har vist, at MEV adskiller sig mærkbart fra mælkefedtkugler ved ikke at indeholde triacylglyceroler, samt at have en anderledes fosfolipid-sammensætning. Massespektrometri (MS)-analyser hos AFI, Nr. Vium viser, at et sæt af anerkendte EV-proteinmarkører er til stede i MEV isolaterne, hvorimod de er fraværende i fedtkuglemembran-isolater. Ligeledes understøtter Western blot analyser forskelligheden af mælkefedtkugler og MEV, da niveauet af klassiske fedtkuglemembran proteiner varierer betydeligt imellem membranfraktionerne. Dertil har sukrosedensitets-analyser af MEV isolaterne vist, at der er en betydelig diversitet i de isolerede membranpartikler. Forskellen ses som forskelle i densitet-, størrelse-, og lysspredningsegenskaber. Derudover viser proteomanalyser udført på AAU v. Allan Stensballe, at proteinsammensætningen i høj grad varierer imellem MEV fraktioner adskilt på baggrund af densitet, i forhold til fedtkuglemembraner, og ved sammenligning med mælkens somatiske celler. Disse membranholdige præparationer præsenterer hver især en unik proteinprofil. Dertil er der observeret interessante ligheder i densitets- og proteinprofiler imellem humane og bovine MEV.

Ligeledes er der på FOOD gennemført komparative analyser på MEV- og fedtkuglemembran-isolater vha. 2D-gelelektroforese med dertilhørende MS-id af proteinspots for at opnå indsigt i indholdet af kendte mælkeproteiner i disse membran-isolater.

Samlet set har denne fases analyser fastslået, at membranen der omkranser fedtkugler og nano-membranpartikler i skummetmælk, ikke har den samme molekylære sammensætning. Derfor er det sandsynliggjort, at membranfraktioner der forefindes i flødefasen og skummetmælk, er dannet på meget forskellig vis, og at deres funktionelle egenskaber samt biologiske aktivitet er vidt forskellige.

Fase 4. Biologiske egenskaber af membranrige mælkefraktioner

MEV er tillige karakteriseret ved at indeholde funktionelle RNA sekvenser, der kan optages af og påvirke modtagerceller *in vitro*, hvilket sandsynliggør den biologiske signifikans af MEV. RNA-analyser på en Bioanalyser, foretaget af MSH viser, at MEV-isolaterne er beriget på RNA, og at den totale RNA profil i MEV adskiller sig fra den stammende fra mælkefedtkugler- og somatiske mælkecellers. Dertil antyder undersøgelser gennemført på tarmceller *in vitro* (BPM), at mRNA beskyttet i MEV-isolater kan optages af humant derivede tarmceller, hvilket sandsynliggør at MEV, og dermed RNA, kan optages på denne vis igennem celleoverflader i fordøjelsessystemet.

Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond
Mælkelipidpartikler

Konklusion.

Videnskabeligt udbytte:

- a. To metoder til skånsom og effektiv isolering af EV'er fra bovin og human mælk er etableret.
- b. Karakterisering af MEV koncentration, størrelse, og morfologi vha. DLS, NTA, og EM.
- c. Protein- og lipid profiler af MEV og fedtkugler/membraner beskrevet ved brug af Western blotting, MS, 2D-gelelektroforese og TLC.
- d. Total RNA profiler af MEV, fedtkugler og mælkeceller er visualiseret vha. en Bioanalyser.
- e. På baggrund af resultater opnået i punkt a.-d. kan vi konkludere, at membranfraktionen i flødefasen (fedtkugler) og skummetmælk (MEV) har forskellige molekylære sammensætninger. Derfor har fedtkugler og MEV fra mælk højst sandsynlig deres egen unikke biologiske ophav, en meget divers fremtoning og fysiologisk funktion.

Videnskabeligt manuskript er indsendt på MEV isoleringsmetoden fra human og bovin mælk. Videnskabeligt manuskript udarbejdes på baggrund af resultater opnået ved karakterisering af humane og bovine MEV.

Innovativt udbytte:

- f. Relativ kvantificering af EV-markører i MEV isolater vha. MS er udviklet og udført i samarbejde med LS hos AFI. Metoden kan i fremtiden hjælpe med at finde og skelne mellem MFGM og MEV efter forskellige mejeriprocesser, da de udvalgte EV protein markører ikke betydeligt er at finde i MFGM modsat høje niveauer er til stede i MEV.

En liste over publikationer og offentliggørelser i forbindelse med projektet:

Videnskabelige publikationer og afhandlinger

2014 MFG-E8 as a Marker for Apoptotic, Stressed and Activated Cells. Kristine Blans and Jan Trige Rasmussen. Springer Book: MFG-E8 and Inflammation (ed. Ping Wang, ISBN 978-94-017-8764-2), pp 33-54.

Maj 2005 "Comparison of novel strategies for the isolation of native populations of extracellular vesicles in milk", manuscript indsendt til videnskabeligt tidsskrift.

Juni 2005 PhD afhandling: "Isolation and characterization of extracellular vesicles in human and bovine milk", KIMB

Bidrag ved møder, etc.

Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkelipidpartikler

- April 2013* Deltagelse i Mejeriforskningsdag (JTR, KIMB, LBL, LW)
- Juni 2013* 8th Annual Biophysics PhD meeting, Holbæk – PPT-præs. af projekt (KIMB)
- September 2013* Spetses Summer School, Joint FEBS/EMBO Lecture Course and IUBMB Advanced School. (KIMB, poster).
- December 2013* Annual Arla Phd/Postdoc seminar – Projekt udvalgt til mundtlig præsentation (KIMB)
- April 2014* KIMB besøg på Max-Planck Institut for at klarlægge muligt Cryo-EM samarbejde (Wolfgang Baumeister), München, Powerpoint præsentation
- Maj 2014* International Society for Extracellular Vesicles Meeting 2014, Rotterdam, Poster præsentation og abstract (KIMB)
- Juni 2014* ERFA meeting, Arla Food Ingrediens, Nr. Vium, Juni 2014. Powerpoint præsentation (KIMB)
- August 2014* MBGs årsmøde, AU, Aarhus, Præsentation af Extracellulære vesikler i Mælk, Poster præsentation (KIMB)
- Oktober 2014* Milk Genomics, Aarhus, Præsentation af Extracellulære vesikler i Mælk, Poster præsentation (KIMB)
- April 2015* International Society for Extracellular Vesicles Meeting 2015, Washington DC, Poster præsentation og abstract (KIMB)

Studenteropgaver

- September 2013* Progress report (KIMB): "Milk Membrane Particles – composition and health properties of membrane fractions"
- Juni 2014* BA-projektopgave (MSH): "Isolation of nanosized membrane vesicles from human milk"
- Oktober 2014* Molekylærbiologisk projektopgave (MSH): "Isolation of RNA from extracellulær vesicles in milk"

Videnskabsformidling

- April 2013* Forskningsformidling (PhD-kursus), mundtlig og skriftlig præsentation af projekt (KIMB).
- Sommer 2013* Mælkeritidende artikel (KIMB, LW, LBL, JTR)

Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond

Mælkelipidpartikler

En redegørelse for forskeruddannelse, herunder tilknyttede gæsteforskere og evt. forskerophold ved andre institutioner.

Nærværende projekt udgjorde fundamentet for et PhD-studium (5+3) gennemført på AU (KIMB). Endvidere har der været elementer af det foreslåede projekt, som har udgjort centrale dele af en eller flere bachelorer og/eller kandidaters eksperimentelle arbejde mhp. at udarbejde afsluttende studierapporter (se foranstående liste). Hermed understreges det, at projektet både har haft et forskningsmæssigt- og uddannelsesmæssigt perspektiv. Hvilket er medvirkende til at branchen sikres i forbindelse med kommende rekruttering.

En redegørelse for samarbejdsrelationer nationalt og internationalt.

Indledende blev projektets laktosom-del primært udført på Foods for Health Institute, UC Davis (CA, US) i samarbejde med Bruce Germans forskningsgruppe. Endvidere har et godt samarbejde eksisteret med AFI, hvilket bla. har resulteret i en velfungerende metode til relativ kvantitativ bestemmelse af EV-markører i mælkefraktioner vha. MS. Internationale interaktioner er blevet sikret gennem deltagelse i internationale møder og den efterfølgende offentliggørelse af opnåede resultater.

En vurdering af resultaternes praktiske og videnskabelige betydning for mejeribruget samt hvilke nye problemstillinger, projektet har afdækket.

Ved projektets begyndelse var det klart, at der var et væld af publicerede rapporter om en varieret forekomst af lipidpartikler i mælk, deriblandt fedtkugler, skummetmælksmembraner, exosomer, mikrovesikler og immunosomer. Nytilkommeren var laktosomer. Rent videnskabeligt har projektet været med til at skabe større klarhed over eksistensen af disse kolloide strukturer, og måske væsentligst gjort gældende, at laktosomer med stor sandsynlighed ikke findes, og at beskrivelsen af deres eksistens formodentlig baserer sig på et artefakt. Klart er det imidlertid, at mælkens fosfolipidmembranpartikler hovedsageligt stammer fra enten fedtkuglemembraner eller ekstracelleulære vesikler, hvoraf den sidstnævnte kan henføres til skummetmælk, der indeholder op til 50% af mælkens fosfolipider. Rent praktisk åbner disse erkendelser for, at der kan udvindes fosfolipidholdige mælkefraktioner med en sammensætning, der adskiller sig fra den i fedtkuglemembraner. På nuværende tidspunkt er det for tidligt at komme med en vurdering af om det kan omsættes i mejeriindustrielle processer. Er det muligt, så vil det stimulere mejeriindustriens muligheder for øget indtjening, og give et forspring på markedet for fødevarer ingredienser. Anvendelsesområderne bedømmes til at være tilsætning til modernælkserstatning, småbørnsmad og anden form for specialernæring eller i forbindelse med hidtil ubeskreven brug. Der er en iøjefaldende præ-innovativ vinkel på dette projekt, og det vurderes at fremstilling af en eller flere fraktioner, eller processerede blandinger med dokumenterede biofunktionelle egenskaber, vil stimulere mejeriindustriens muligheder for et øget provenu. Undersøgelserne peger direkte i retning at opnå forståelse for med hvilken styrke mælkens indholdsstoffer evner at påvirke konsumenten. Således er der blevet indhentet grundlæggende viden om mælkens indhold af lipidpartikler, som kan få anvendelse ved udvikling af nye teknologier, eller situationer hvor kendte processer kan placeres i en ny sammenhæng.

Afslutningsrapport

til Mejeribrugets ForskningsFond
Mælkelipidpartikler

En vurdering af, om projektet har relationer til andre/nye mejerirelaterede samarbejdsprojekter.

Gennemførligheden af det her afsluttede projekt blev sikret qua tidligere samarbejdsprojekter mellem de involverede partner fra AU og MFF. Samtidig vil det være logisk og formålstjenligt, hvis de indhentede erkendelse kunne udgøre et grundlag for ny forskning rettet mod at forstå tilstedeværelsen af ekstracellulære vesikler i mælk bedre. Idet deres anselige tilstedeværelse i mælken har betydning både for funktionaliteten af mælken og heraf afledte fraktioner/blandinger, men også for hvilke konsekvenser det har for afkommet og/eller konsumenterne.