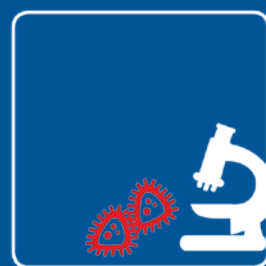


Lysinitieret oxidation i lavfedt- oste - betydning af aminosyre- og proteinoxidation





DATO: 1. juni 2010

Slutrapport

for forsknings- og udviklingsprojekter med tilskud fra Innovationsloven

1. Projektitel:

Lysinitieret oxidation i lavfedt-oste - betydning af aminosyre- og proteinoxidation

2. FødevarerErhvervs j.nr.:

3414-05-01363

3. Ansøger (titel, navn, adresse, tlf., fax. og e-mail):

Mejeribrugets ForskningsFond
Landbrug & Fødevarer, Agro Food Park 15, 8200 Århus N, tlf. 3339 4665, e-mail:
pnm@lf.dk

4. Deltagende samarbejdsparter (navn, adresse, tlf., fax., og e-mail):

Projektleder:

Jacob H. Nielsen
Institut for FødevarerKvalitet
Århus Universitet
Postboks 50
8830 Tjele

Alle relevante oplysninger **skal** fremgå af statusrapporten.

Slutrapport samt publikationer og artikler mm. fra hele projektperioden sendes i ét eksemplar til:

FødevarerErhverv
Udviklingsstøttekontoret
Nyropsgade 30
1780 København V

8999 1163/29629586
Jacobh.nielsen@agrsci.dk

Professor Leif Skibsted
Institut for Fødevarevidenskab
Det Biovidenskabelige Fakultet
Københavns Universitet
Rolighedsvej 30
1958 Frederiksberg C
tlf: 3525 3221
e-mail: ls@life.ku.dk

Lene Vognsen
Arla Foods amba
Innovation Center Brabrand
Rørdrumvej 2
8260 Brabrand
tlf. +45 87 46 67 33
e-mail: lene.vognsen@arlafoods.com

5. Kontaktpersoner (titel, navn, adresse, tlf., fax. og e-mail. For hver deltagende institution er der udpeget én kontaktperson):

Jacob H. Nielsen
Institut for Fødevarekvalitet
Århus Universitet
Postboks 50
8830 Tjele
8999 1163/29629586
Jacobh.nielsen@agrsci.dk

Professor Leif Skibsted
Institut for Fødevarevidenskab
Det Biovidenskabelige Fakultet
Københavns Universitet
Rolighedsvej 30
1958 Frederiksberg C
tlf: 3525 3221
e-mail: ls@life.ku.dk

Lene Vognsen
Arla Foods amba
Innovation Center Brabrand
Rørdrumvej 2
8260 Brabrand
tlf. +45 87 46 67 33
e-mail: lene.vognsen@arlafoods.com

Forskningsfaglig Konsulent Pia M. Nissen
Mejeribrugets ForskningsFond

Agro Food Park 15
8200 Århus N
tlf: 3339 4665
e-mail: pmn@lf.dk

6. Øvrige projektmedarbejdere (titel, navn, adresse, tlf., fax., og e-mail):

Forsker Trine Dalsgaard
Institut for Fødevarekvalitet, Århus Universitet, Postboks 50, 8830 Tjele, tlf: 8999 1104, e-mail:
trine.dalsgaard@agrsci.dk

Kevin Huvaere
KU-LIFE, Institut for Fødevarevidenskab, Fødevarekemi, e-mail: ifv@life.ku.dk

7. Projektets start- og slutdato:
010306 - 310809

8. Slutrapport: (maks. 4-6 sider)

A. Sammendrag af projektets formål og af projektets indhold i henhold til den godkendte projektansøgning:

Projektet ”Lysiniteret oxidation i lavfedt-oste - betydning af aminosyre- og proteinoxidation” havde til formål at klarlægge, hvilken betydning lyspåvirkning har for ostens kvalitet.

B. Projektets resultater og konklusion:

Oxidation af aminosyrer blev beskrevet ud fra mekanistiske studier. Disse studier viste, at proteiner, af kinetiske årsager, er meget mere udsatte for lysinduceret oxidation end lipider, når oxidationen er medieret med triplet-excited riboflavin (type I). Det foreslås derfor, at proteinerne først oxideres og danner frie radikaler, der efterfølgende angriber de umættede lipider i systemer.

Modeloste blev anvendt i lagringsforsøg under lys. Der blev gennemført en lang række af studier for at klarlægge effekten af fedtindhold, tilstedeværelse af valleprotein og proteolysegrad i forhold til lysiniteret oxidation. Forsøgene viste, at valleproteiner virker som kædebrydende antioxidant uden selv at blive oxideret. Valleproteinerne synes således at virke som skjold mellem kaseinerne og de fedtbundne radikaler, hvilket kan forklares med valleproteinernes globular struktur, mens frie aminosyrer og peptider i ostene med øget proteolyse synes at virke som singlet quenchers. Forsøg med oste med forskellige fedtindhold viste, at både lipid- og proteinoxidation produkterne var højest i ostene med højt fedtindhold. Dette tyder på en radikaloverførsel fra lipiddelen til proteiner i ostene.

Grøn te viste sig at være den mest effektive antioxidant ved tilsætning til flødeoste, når dens antioxidative effekt blev sammenlignet med effekten af tilsat ekstrakt fra løg eller EDTA. Grøn te synes at have gode egenskaber som kædebrydende antioxidant, og grøn te ville forventes at fungere bedre end ekstrakt af løg i oste.

Emballering af oste forud for lagring reducerede både lipid og proteinoxidation, men der forekom stadig en blegning af riboflavin, hvilket indikerer, at denne har været aktiveret. I vacuumerede oste forekom der stadig en begrænset akkumulering af dimetyldisulfid og benzaldehyd.

Konklusion

Det kan således konkluderes at aminosyre- og proteinoxidation er af afgørende betydning for oxidationforløbet forårsaget af lyseksponering. Ydermere har fedtindhold, tilstedeværelsen af valleprotein, og øget proteolyse en effekt på selvsamme oxidationsforløb i modeloste.

Anvendelse af planteekstrakter i kombination med pakning i beskyttet atmosfære synes at kunne beskytte oste fra oxidation, således at problemet med smagsfejl kan elimineres.

C. Projektets faglige forløb:

Det er et stigende krav fra forbrugerne om visuelt at kunne bedømme den vare, de køber fra køledisken. For at tilgodese dette ønske, er ost i dag i langt højere grad end tidligere emballeret i transparente materialer. Den transparente emballering kan dog få stor betydning for den smagsoplevelse, forbrugeren får, da lys kan inducere oxidation af både fedt og protein i osten. Industriens egne studier peger på, at der især i lavfedtsoste er et potentielt problem med udvikling af fejlsmag ved eksponering til lys. Projektet "Lysinduceret oxidation i lavfedt-oste - betydning af aminosyre- og proteinoxidation" havde til **formål at klarlægge, hvilken betydning lyspåvirkning har for ostens kvalitet.**

Lysinduceret oxidation i mejeriprodukter er primært forårsaget ved at vitamin B2 (riboflavin) virker som fotosensibilisator. Under lyspåvirkning vil riboflavin blive eksiteret til dens singlet stadie, hvorfra den via "intersystem crossing" henfalder til dets triplet stadie, som er reaktiv i forhold til proteiner og lipider. Riboflavin kan reagere direkte med substratet (proteiner og lipider) via en type I mekanisme eller med luftens ilt, som under energioptagelse bliver omdannet til singlet oxygen, der kan reagere med substrater i mejeriprodukter (eks. proteiner og lipider). Type I og type II mekanismerne vil altid konkurrere med hinanden, både afhængig af typen af fotosensibilisator og tilgængeligheden af ilt. Naturligt forekommende antioxidanter kan i nogen grad reducere oxidationen af lipider og proteiner i mejeriprodukter. Samme effekt kan ses ved tilsætning af antioxidanter.

Mekanismerne bag lipidoxidation er velkendt fra tidligere undersøgelser, mens oxidation af protein og i særdeleshed betydningen af fedt-protein interaktion under oxidationsprocesserne er stort set ukendte. Ud fra mekanistiske studier er oxidation af aminosyrer søgt beskrevet. Samtidigt blev der udført forsøg med modeloste for at klarlægge, hvilken betydning lyspåvirkning har for ostes kvalitet. Ydermere er anvendelse af forskellige antioxidanter i flødeoste blevet belyst.

For en uddybende beskrivelse af projektets forløb og opnåede resultater henvises venligt til pkt. J.

Konklusion

Proteiner er mere reaktive ved type I medieret lysinduceret oxidation end lipider, når riboflavin blev anvendt som fotosensibilisator.

Valleproteiner virker som kædebrydende antioxidanter uden selv at blive oxideret. Valleproteinerne synes således at virke som skjold mellem kaseinerne og de fedtbundne radikaler, hvilket kan forklares med deres globulære struktur, mens frie aminosyrer og peptiderne i ostene med øget proteolyse synes at virke som singlet quenchers.

Høj stabilitet af frie radikaler dannet i grøn te menes at være afgørende for dens gode egenskaber som kædebrydende antioxidant, og grøn te ville forventes at fungere bedre end ekstrakt af løg i oste.

Vakuumpakning af ostene reducerede både lipid- og proteinoxidationsprodukterne signifikant i alle ostetyper, dog blev proteinoxidationsprodukterne DMDS og benzaldehyd stadig dannet i oste med normalt fedtindhold.

Pentanal synes at være dannet ved en anden mekanisme end hexanal og heptanal da pentanal modsat de andre aldehyder ikke blev påvirket af tilstedeværelse af grøn te eller valleprotein.

Anvendelse af planteekstrakter i kombination med pakning i beskyttet atmosfære synes at kunne beskytte oste fra oxidation således at problemet med smagsfejl kan elimineres.

D. For samarbejdsprojekter med flere projektparter redegøres yderligere for:

- samarbejdsrelationer mellem projektpartnere nationalt og eventuelt internationalt, herunder koordinering til andre projekter.

Der har været tale om et tæt integreret samarbejde parterne imellem i overensstemmelse med arbejdsdelingen som fastlagt i den godkendte ansøgning.

E. Vurdering af projektets erhvervs- og samfundsmæssige betydning:

I projektet blev der udviklet metoder til at måle forskellige protein og lipidoxiderationsprodukter, og disse metoder er givet til industrien med øje for implementering i deres kvalitetsanalyser.

Da det i projektet blev vist at lysindret proteinoxidation sker hurtigere end oxidationen af lipiderne (ved type I mekanismen), og at der er overførsel af radikaler mellem protein og lipid og visa versa, samt at matricen sammensætning har effekt på stabiliteten af et givent produkt, er det af afgørende betydning, at sekundære lipidoxiderationsprodukter ikke bliver anvendt som eneste markører for den oxidative stabilitet af et givent produkt.

Grøn te viste sig at være en god naturlig antioxidant til brug i flødeoste, mens tilsætning af løgekstrakt udover sin naturlige smag, må antages at kunne resultere i oxidativ off-flavour, da løgekstrakt blev vist prooxidativ.

F. For forskningsprojekter suppleres med:

Under forløbet har der været

- et 3 måneders forskerophold hos professor Michael Davies The Heart Research Institute (HRI), Camperdown, Sydney, NSW, Australia. Gennem dette samarbejde har vi fået større viden om udslukning af proteinbundne radikaler. Produktet forventes at blive en videnskabelig artikel.
- et 3 måneders forskerophold hos professor Jan Van Bocxlaer, Laboratory of Medical Biochemistry and Clinical Analysis, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ghent University. Samarbejdet har givet store viden om antioxidative effekter af indholdsstofferne fra grøn te og andre plantematerialer, og identifikationer af antioxidanternes oxidationsprodukter. Produktet forventes at blive en videnskabelig artikel.

Resume på engelsk:

Aim

The objective of the project "Light-induced oxidation in low fat cheeses – dependence on amino acid and protein oxidation" was to clarify to which extent the quality of cheese was dependent light exposure.

Results

Mechanistic studies elucidate the oxidation of individual amino acids. For kinetic reason, the proteins were shown to be much more labile towards light-induced oxidation than the lipids. Therefore, we suggest that proteins become oxidized first when the oxidation is mediated by triplet excited riboflavin and that protein bound radicals attach the unsaturated lipids.

Yellow model cheese was used in storage experiments to clarify to which extent the fat content, the presence on whey and the degree of proteolysis, respectively, influence the stability of protein and lipid in cheese exposed to light. Whey proteins were found to function as chain breaking antioxidants without being oxidized themselves. Therefore, it was suggested that whey proteins shielded the caseins from the lipid bound radicals thereby minimizing the damage in the protein fraction. The compact structure (folding) of the whey proteins was suggested to be important for the observed effect of whey proteins. At the same time, the free amino acids and peptides in cheese with high proteolytic activity was suggested to be active by quenching singlet oxygen. High fat content increased both lipid and protein oxidation products thus suggesting transfer of lipid-bound radicals to the proteins in the cheese.

Green tea was an excellent antioxidant, and was much better than onion and EDTA when added to cream cheese with low fat content. High stability of the free radicals observed in green tea explains its high efficiency as antioxidants.

Conclusion

Amino acids and protein oxidation was decisive for the progress in oxidation when the oxidation was initiated by light. Furthermore, the fat content, the presence of whey proteins and the degree of proteolysis had an effect on the same oxidation process. Green tea was an excellent antioxidant when added to cream cheese.

G. Redegørelse for projektets perspektiver:

I projektet blev der udviklet metoder til at måle forskellige protein og lipidoxiderationsprodukter, og disse metoder er givet til industrien med øje for implementering i deres kvalitetsanalyser.

Da det i projektet blev vist at lysinteret proteinoxidationen sker hurtigere end oxidationen af lipiderne (ved type I mekanismen), og at der er overførsel af radikaler mellem protein og lipid og visa versa, samt at matricen sammensætning har effekt på stabiliteten af et givent produkt, er det af afgørende betydning, at sekundære lipidoxiderationsprodukter ikke bliver anvendt som eneste markører for den oxidative stabilitet af et givent produkt.

Grøn te viste sig at være en god naturlig antioxidant til brug i flødeoste, mens tilsætning af løgekstrakt udover sin naturlige smag, må antages at kunne resultere i oxidativ off-flavour, da løgekstrakt blev vist prooxidativ.

Perspektivering

I projektet blev det gentagende gange vist, at pentanal havde et andet kurveforløb end akkumuleringen af de andre sekundære lipidoxiderationsprodukter. En forståelse af de mekanismer, hvormed de sekundære oxidationsprodukter dannes, kunne vise sig at give grobund for at anvende forskellige sekundære oxidationsprodukter til beskrivelse af oxidation, der er initieret ad forskellig oxidationsveje.

Ligeledes kan en forståelse af, hvordan proteiner virker som antioxidant, når oxidationen er initieret ad forskellig vej (lys, metal, enzymatisk), være givende i forhold til anvendelse af mælkeproteiner i f.eks. emulsioner. Dette bliver undersøgt i projektet "Proteiner som antioxidant", et projekt bevilget gennem FTP, der er blevet initieret med baggrund i data opnået i indeværende projekt.

H. Projektets økonomiske forløb:

Der har ikke været nævneværdige afvigelser i forhold til det i ansøgningen opstillede budget og alle parter har opfyldt deres økonomiske forpligtigelser.

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

Artikler

- I. Huvaere, K. and Skibsted, L.H. (2009). Light-induced Oxidation of Tryptophan and Histidine. Reactivity of Aromatic N-Heterocycles towards Triplet-excited Flavins *J. Am. Chem. Soc.* 131, 8049-8060.
- II. Huvaere, K. Olsen, K. and Skibsted, L.H. (2009). Quenching of Triplet-Excited Flavins by Flavonoids. Structural Assessment of Antioxidative Activity. *J. Org. Chem.* Accepted for publication
- III. Dalsgaard, T.K., Sørensen, J, Bakman, M., Vognsen, L., Nebel., C., Albrechtsen, R., and Nielsen, J.H. Light-induced Protein and Lipid Oxidation in Low Fat Cheeses: Dependence on Fat Content and Packaging Conditions, Indsendt til *Dairy Sci. Tech.*

Artikler i skriveproces

- IV. Dalsgaard, T.K., Sørensen, J, Bakman, M., Vognsen, L., Nebel., C., Albrechtsen, R., and Nielsen, J.H. Light-induced Protein and Lipid Oxidation in Low Fat Cheeses: Light Induced Protein and Lipid Oxidation in Low fat cheeses: Whey Proteins as antioxidants, (sendes til *Mol. Nutr. Food Res.*)
- V. Dalsgaard, T.K and Davies, M.J. Termination of protein bound radicals by addition of non-oxidized milk proteins: Effect of protein structure.
- VI. Dalsgaard, T.K., Sørensen, J, Bakman, M., Vognsen, L., Nebel., C., Albrechtsen, R., and Nielsen, J.H. Light Induced Protein and Lipid Oxidation in Low fat cheeses: Light Induced Protein and Lipid Oxidation in Low fat cheeses: Effect on Degree of Hydrolysis.
- VII. Dalsgaard, T.K., Huvaere, K., Skibsted, L., Sørensen, J, Bakman, M., Vognsen, L., and Nielsen, J.H. Effect of green tea and EDTA on secondary lipid oxidation products in low fat cream cheese.
- VIII. Huvaere, K., Cardoso, D.R., Homem-de-Mello, P., Westermann, S., and Skibsted, L.H. (2009). Light induced oxidation of unsaturated lipids as sensitized by flavins. (sendes til *Chem. Eur. J.*)

Indlæg til faglige kongresser

Mundtlige indlæg

Skibsted, L. Protein oxidation. The 32th Reunião Annual. Sociedade Brasileira de Química, Fortaleza, Ceará, Brasilien, maj 2009.

Posters

Dalsgaard, TK, Nielsen, JH, Sørensen, J. Protein oxidation in low fat cheeses: Abstract book 208-209. Conference: the fifth IDF symposium on Cheese Ripening 9-13 March Bern, 2008 Switzerland.

Dalsgaard, TK., Sørensen, J. Bakman, M., Nebel, C., Albrechtsen, R., Vognsen, L., Nielsen, JH. Antioxidative effect of whey proteins in low fat cheeses. Abstract published in the conference book Conference on Dairy Structures - Health and Functionality, 25th-27th March 2009 Norge.

J. Uddybende beskrivelse af projektets forløb og opnåede resultater (maks. 5 A4-sider):

Mekanistiske studier

Indenfor projektets rammer er udført studier af fotosensibilisatoren riboflavins effekt på udvalgte aminosyrer og proteiner og på lipider og antioxidanter. En kombination af elektrokemiske metoder (cyklisk voltametri), laser flash spektroskopi og elektron spin resonans (ESR) spektroskopi blev anvendt for at fastlægge karakteren af det afgørende trin i de oxidative skader efter riboflavins lysabsorption. Riboflavin er gulfarvet og absorberer lys, men lysets energi bliver nu tilgængelig for oxidation, da den eksiterede form af riboflavin er en stærk oxidator. Ostens forskellige substrater (proteiner, lipider og naturlige antioxidanter) kan oxideres af triplet-riboflavin (riboflavin i dens eksiterede tilstand med længst levetid). Det blev vist gennem bestemmelse af standard reduktionspotentialer for en-elektron-oxiderede former af substraterne ved cyklisk voltametri. Hastigheden for de bimolekylære processer mellem triplet-riboflavin som oxidator og ostbestandene som reduktorer viste sig afgørende for udbredelsen af oxidation. Ved anvendelse af isotoper (hydrogen/deuterium) til bestemmelse af hastighedskonstanter, blev det vist, at det indledende trin i riboflavin-medieret oxidation er en elektron-overførsel (artikel I, VIII). Ud fra laser flash fotolyse med realtids registrering af ændring af absorptions-spektre ("transient absorption spectroscopy") blev hastighedskonstanter for udvalgte aminosyrer og proteiner bestemt. Ligeledes blev den samme type information tilgængelig ved laser-flash-fotolyse forsøg med lipider og lipidmodeller (artikel VIII). Ud fra forsøgene blev det konkluderet, at **proteiner reagerer hurtigere end umættede lipider med triplet-eksiteret riboflavin.**

Oxidation blev endvidere undersøgt i en række forsøg med naturlige antioxidanter, som de forekommer i plantemateriale som krydderier, grøn te og grøntsager. De undersøgte polyfenoler fra dette plantemateriale kunne konkurrere med proteinerne i deaktivering af triplet-eksiteret riboflavin. For histidin og tryptofan, to særligt udsatte aminosyrer, blev de dannede frie radikaler karakteriseret ved ESR-spektroskopi, og det blev sandsynliggjort, hvorfor tryptofan er mere udsat for oxidation end histidin ved fotokemisk oxidation (artikel I), som det sker i ost ved lysbelastning. ESR spektroskopi blev ligeledes anvendt til at undersøge, hvilke planteantioxidanter, der kunne forventes at ville hindre radikal-processer i ost mest effektivt. Disse ESR-lysbelastnings-forsøg af plantefenoler viste således, at ekstrakt af **grøn te ville forventes at fungere bedre end ekstrakt af løg**, da polyfenolerne i grøn te dannede stabile frie radikaler, der forhindrede udbredelse af de frie radikal, mens bestanddelene fra løg snarere understøttede udbredelsen af de frie radikaler (artikel VII). Sammenligningen mellem proteiner og lipider blev understøttet af kvantemekaniske beregninger, og den samlede konklusion blev, at **proteinerne først oxideres og danner frie radikaler, der efterfølgende angriber de umættede lipider**, når oxidationen blev initieret via en type I mekanisme. Dette kan forklare branchens erfaring, at lavfedts-oste er mere udsat for lys-induceret oxidation end traditionelle produkter. Ud fra en sammenligning mellem forskellige plantefenoler, kan bestemte typer af planteekstrakt således

anbefales frem for andre. Grøn te synes således at være velegnet til beskyttelse af lavfedtoste mod lysinduceret oxidation frem for andre typer planteekstrakter.

Studier i lavfedtsmodeloste, påvirkning af fedtindhold, valleproteiner og proteolysegrad

Lysets påvirkning af ost med forskelligt fedtindhold og proteolysegrad samt forskellige tilgængelighed af ilt blev klarlagt gennem måling af fedt- og proteinoxidationsprodukter i modeloste. Industrien har desuden registreret øget smagsfejl i produkter med høje mængder valleprotein, hvorfor dette også er en parameter, der belyses i dette projekt.

Lipidoxidaionsprodukterne (lipidhydroperoxider, pentanal, hexanal, heptanal og 1-hexanol) var som forventet højere i oste med normalt fedtindhold end i lavfedtsoste. Samtidigt sås et øget indhold af proteinoxidationsprodukterne (dityrosine, dimethyldisulfid (DMDS) og benzaldehyde) i ostene med normalt fedtindhold. **Radikaloverførsel fra lipiddelen til proteindelen** blev givet som forklaring på den øget proteinoxidation i oste med normalt fedtindhold, når disse blev sammenlignet med akkumulering af proteinoxidationsprodukter i lavfedtsoste (artikel III). Det er velkendt, at lipidoxidation primært er medieret via reaktion med singlet oxygen (type II), og da der i dette studie blev vist, at proteinerne reagerede hurtigere med triplet-exciteret riboflavin (type I mekanismen) end med umættede fedtsyrer (artikel VIII), synes det konklusivt, at **foto-oxidation i oste med normalt fedtindhold primært er initieret via en type II mekanisme**, når der er ilt tilstede.

Tilstedeværelsen af valleprotein reducerede forekomsten af sekundære lipidoxidaionsprodukter (hexanal, heptanal) signifikant, uden at akkumulering af primære lipidoxidaionsprodukter (lipidhydroperoxider) var påvirket. Da de akkumulerede proteinoxidationsprodukter ligeledes var reduceret i oste med tilsat valleprotein set i forhold til oste uden, kunne den nedsatte lipidoxidation ikke tilskrives en scavenging-effekt, som tidligere har været betragtet som den mest sandsynlige mekanisme, hvorved proteiner virker som antioxidanter, idet man så ville have forventet en øget akkumulering af proteinoxidationsprodukter hidrørende fra valleproteinerne. Derimod synes **valleproteinerne** med deres veldefinerede globulære struktur at **virke som skjold mellem kaseinerne og de fedtbundne radikaler**. Dette synes modstridende med de observationer, industrien har observeret med øget smagsfejl i oste med højt indhold af valleprotein. **Pentanal var upåvirket af valleproteinerne og synes derfor at blive dannet ved en anden mekanisme end hexanal og heptanal** (artikel IV).

For at klarlægge effekt af proteolyse på proteinoxidation blev der tilsat 10 gange mere proteolytisk enzym til nogle af lavfedtsostene. Tilsætning af proteaser resulterede i signifikant nedsat akkumulering af sekundære lipid-oxidaionsprodukter, hvorimod dityrosinedannelsen var ens i kontrolostene og oste med høj enzymindhold. Selvom akkumuleringen af lipidhydroperoxider ikke blev fundet signifikant forskellige de to ostetyper imellem, lå middelværdien lavere i ostene tilsat ekstra enzym lavere end i kontrolostene. Det samme gjorde sig gældende for dimethyldisulfid-niveauerne. Da disse to oxidaionsprodukter bliver dannet primært via en singlet oxygenmedieret oxidation, mens dityrosin bliver dannet via en type I mekanisme, synes de dannede **peptider at virke som singlet quenchers** (Artikel VI).

Vakuumpakning af ostene reducerede både lipid- og proteinoxidationsprodukterne signifikant i alle ostetyper (Artikel III, IV, V), men DMDS og benzaldehyd blev dog stadig dannet, og i ostene med normalt fedtindhold var niveauerne højere end i lavfedtostene (artikel III).

Antioxidanter i lavfedtsflødeoste

Initielle studier viste, at **løgekstrakt** ikke havde den ønskede antioxidative effekt i flødeoste med henholdsvis 0,2 og 17 % fedt, men derimod **virkede prooxidativ**. Løgekstraktet blev derfor substitueret med grøn te i de videre forsøg.

Grøn te kunne reducere akkumulering af sekundære lipidoxideringsprodukter hexanal og heptanal signifikant i flødeoste med henholdsvis 6,0 og 0,2 % fedt, hvorimod akkumuleringen af et andet aldehyd, pentanal, ikke blev påvirket af grøn te. Dette indikerer, at **pentanal bliver dannet ved en anden mekanisme end hexanal og heptanal**. Da grøn te ikke havde nogen effekt på akkumuleringen af lipid hydroperoxiderne, **fungere teen som kædebrydende antioxidant i flødeostene** (Artikel VII), hvilket kan være begrundet i en høj stabilitet af de dannede radikaler, der blev dannet i grøn te. EDTA havde kædebrydende effekt (målt som hexanal og heptanal) i prøver med 0,2 % fedt, mens der ikke kunne vises nogen kædebrydende effekt i prøverne med 17 og 6,0 % fedt (Artikel VII).

Lyseksposering af mælk i et tænd/sluk-forsøg, hvor mælk blev lyseksposeret i henholdsvis 18 timer og 4 døgn lys viste, at propagering ikke forekommer i mælk, der blev udsat for lys i 18 timer.

9. Underskrifter og dato (suppleret med navn, titel og institution/virksomhed i blokbogstaver):

Jacob H. Nielsen, Forskningschef, Institut for Fødevarekvalitet, Århus Universitet
 _____ den _____

Leif Skibsted, Professor, Institut for Fødevarevidenskab, Københavns Universitet
 _____ den _____

Lene Vognsen, Innovation Center Brabrand, Arla Foods a.m.b.a.
 _____ den _____

Pia M. Nissen, Forskningsfaglig Konsulent, Mejeribrugets ForskningsFond
 _____ den _____