

Figur 10. Parvis smagstest af 14 molekyler [13].

Ved at lade smagspanelet sammenligne de 14 molekyler parvis kom man frem til en tilsvarende ordning af disse efter smag. De to sæt sammenlignes i figur 10, og korrespondensen er god om end ikke perfekt. Det ser altså ud, som om vi er på vej over mod en meget mere plastisk forestilling om receptor-proteinerne.

Referencer

1. D.C. Smith og R.S. Margolskee: Scientific American Marts 2001, 26-33.
2. C. Fischer og T.R. Scott: »Food Flavours. Biology and Chemistry«. RSC Pbk.1997.
3. H. Charley og C. Weaver: »Foods. A Scientific Approach«, Prentice Hall 1998.
4. Efter »The Molecular Biology of the Cell« Bruce Alberts m.fl. New York 1989.
5. Poul Prentø og Poul Vagn Jensen »Cellebiologi«, Gads Forlag 2000.
6. A.C. Noble, K.C. Philbrick og R.B. Boulton J., Sensory Studies 1 (1986) 1-8.
7. R.A. Sowalsky og A.C. Noble, Chem. Senses, 1998, **23**, 343-349.
8. R.S. Schallenberger og T.E. Acree, Nature, 1967, **216**, 480-482.
9. L.B. Kier, J. Pharmacol. Sci. (1972) **61**, 1394-1397
10. R.S. Schallenberger, T.E. Acree og C.Y. Lee, Nature, 1969, **221**, 555-556.
11. A.W. Logue i »The Psychology of Eating and Drinking« Freeman, 1986.
12. K.M. Kurihara *et al.* i »Chemical Senses« Vol 1. Eds. J.G. Brandt *et al.*, Marcel Dekker 1989.
13. N. Froloff, A. Faurion og P. McLeod i Chem. Senses, 1996, **21**: 425-445.

Harskning i levnedsmidler med fiskeolie

Hvordan er det muligt at fremstille oxidationsstabile levnedsmidler beriget med fiskeolie?

Af Charlotte Jacobsen, cja@dfu.min.dk, Afdeling for Fiskeindustriel Forskning, Danmarks Fiskeriundersøgelser, DTU, Karsten Hartvigsen, BioCentrum-DTU, DTU. Nuværende adresse: Department of Medicine, University of California, USA, Marianne K. Thomsen, Mejeri-og Levnedsmiddelinstituttet, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole og Anne S. Meyer, BioCentrum-DTU, DTU

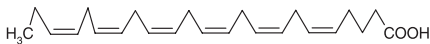
I løbet af de seneste 30 år er der kommet stadig flere beviser for, at fiskeolie har en række positive ernæringsmæssige egenskaber. Disse positive egenskaber tilskrives fiskeoliens høje indhold af langkædede polyumættede n-3 fedtsyrer, specielt eicosapentaensyre (20:5,n-3; EPA, figur 1a) og docosahexaensyre (22:6,n-3; DHA, figur 1b).

Porto

**TechMedia
Dansk Kemi
Naverland 35
2600 Glostrup**



EPA 20:5 (5, 8, 11, 14, 17)



DHA 22:6 (4, 7, 10, 13, 16, 19)

Figur 1. a) EPA, b) DHA.

Det er bredt accepteret, at indtagelse af fisk eller fiskeolie reducerer risikoen for udvikling af visse hjertekar- og cancer-sygdomme og kan lindre eksemmer og visse gigtlignende sygdomme [1,2]. Senest har en stor undersøgelse med deltagelse af 11.324 patienter, som tidligere havde haft et hjertetilfælde, påvist, at indtagelse af fiskeolie signifikant reducerede risikoen for at dø af et nyt hjertetilfælde [3]. Ydermere synes specielt DHA at være en nødvendig faktor i spædbørns synsudvikling og potentielt også for børnenes mentale udvikling.

Substitution af plante- og animalsk fedt med fiskeolie

Med baggrund i ovenstående er det derfor problematisk, at befolkningerne i den vestlige verden generelt har et for lavt indtag af EPA og DHA. I England er gennemsnitsindtaget af langkædede polyumættede n-3 fedtsyrer eksempelvis ca. 1 g/uge, mens ernæringseksperter anbefaler 8-10 g/uge [4]. Senest har fiskekampagnen »Det er ikk' så ringe endda« i Danmark vist, at det er muligt at få dele af befolkningen til at spise mere fisk, men gennemsnitsindtaget er stadig for lavt.

Derfor synes alternative metoder nødvendige for at øge indtagelsen af EPA og DHA. En sådan metode kunne være at berige levnedsmidler med fiskeolie, så fedtsammensætningen ændres uden at øge fedtindholdet. Vi har gennem en årrække arbejdet med at undersøge mulighederne for at substituere noget af det tilstedeværende fedt med fiskeolie i almindelige levnedsmidler som f.eks. mayonnaise, margarine, fiskeboller og dressinger. Det lykkedes hurtigt at fremstille fiskeolieholdige levnedsmidler, som var velsmagende lige efter fremstillingen, men det kunne ikke forhindres, at de harskede og udviklede en særdeles ubehagelig transmager i løbet af få ugers lagring. Harskningen skyldtes fiskeoliens oxidationslabile karakter, eller mere specifikt EPA og DHA's høje grad af umættethed og resulterede i en utilfredsstillende holdbarhed. I litteraturen er der kun beskrevet få oxidationsstudier i »rigtige« levnedsmidler, hvorfor forståelsen for oxidationsmekanismer i komplekse systemer, herunder i olie-i-vand emulsioner som mayonnaise og salatdressing, var og er meget begrænset. På baggrund af de få undersøgelser, der var lavet, fremgik det, at såvel oxidationsprocesserne som antioxidanternes effektivitet i emulsioner afhænger af mange faktorer, heriblandt levnedsmidlets viskositet, struktur, pH, den anvendte emulgators elektriske ladning samt antioxidantens fordeling mellem de forskellige faser i emulsionen (oliefase, vandfase og olie/vand (o/v)-grænsefladen). Vores tidligere undersøgelser havde ydermere indikeret, at de dannede oxidationsprodukter oplevedes mere intenst i olie-i-vand emulsioner end i ren olie. Dette fænomen skyldes formodentligt, at oxidationsprodukterne i emulsioner fordeles sig mellem emulsionens forskellige faser, samt at de fleste aromastoffer har en lavere smagstærskelværdi i vand end i olie.

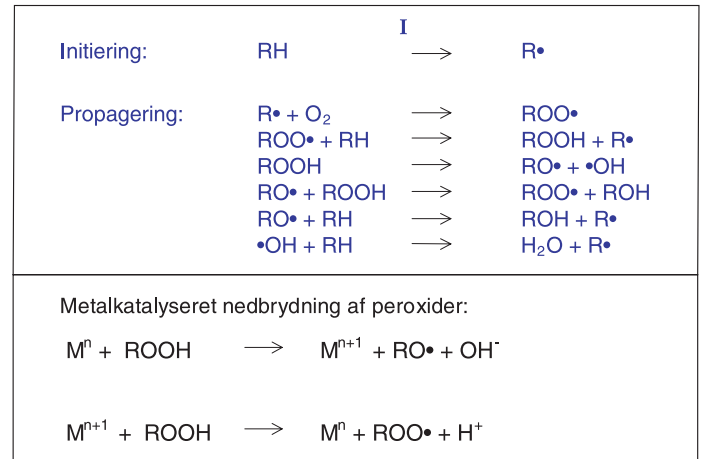
Ovenstående illustrerer, at såvel oxidationsmekanismerne som den sensoriske opfattelse af sammensatte emulsionssystemer er meget komplicerede. I vores forskningsarbejde, som også har til formål at opnå en øget forståelse for oxidationsmekanismerne i komplekse levnedsmidler, der indeholder fiskeolie, angriber vi derfor oxidationsproblematikken fra mange indgangsvinkler.

Her beskrives nogle af de seneste resultater med mayonnaise, en olie-i-vand emulsion indeholdende 80% olie, hvoraf de 20% var fiskeolie.

Indledningsvis vil den grundlæggende kemi bag dannelsen af de vigtigste oxidationsprodukter blive beskrevet.

Kemiske oxidationsprocesser og bestemmelse af oxidationsprodukter i mayonnaise

Som illustreret i figur 2 består fedtoxidation af en række forskellige processer. I det første trin initieres oxidationen ved f.eks. varme eller tilstedeværelsen af metaller som jern og kobber, og der dannes frie radikaler (R•). Radikalerne reagerer derefter med oxygen under dannelse af peroxyradikaler, som derefter reagerer med et nyt lipidmolekyle, hvorved der dannes lipidhydroperoxider (ROOH) også kaldet primære oxidationsprodukter. Lipidhydroperoxiderne (herefter omtalt som per-



Figur 2. Oxidationsprocesser. Initiering, metalkatalyseret nedbrydning af peroxider.

BIRODAN

- Udstyr for flydende gas (LPG), ammoniak, oxygen, industrigasser.
- Tank-pejleudstyr, fjernaflæsning, overfyldnings sikring.
- Break-away koblinger, fylde- og aflæsseudstyr, slanger.
- Pumper for gas.

Få yderligere oplysninger på:

Tlf. 86 44 87 34 • Fax 86 44 87 35
mail@birodan.dk

 ROCHESTER
GAUGES, INC.

 VIKING
PUMP

 REGO CRYO-FLOW
PRODUCTS

oxider) er ustabile forbindelser, som især ved tilstedeværelse af metaller kan nedbrydes til alkoxyradikaler, som derefter kan omdannes til en lang række sekundære oxidationsprodukter, herunder aldehyder, ketoner, alkoholer og syrer.

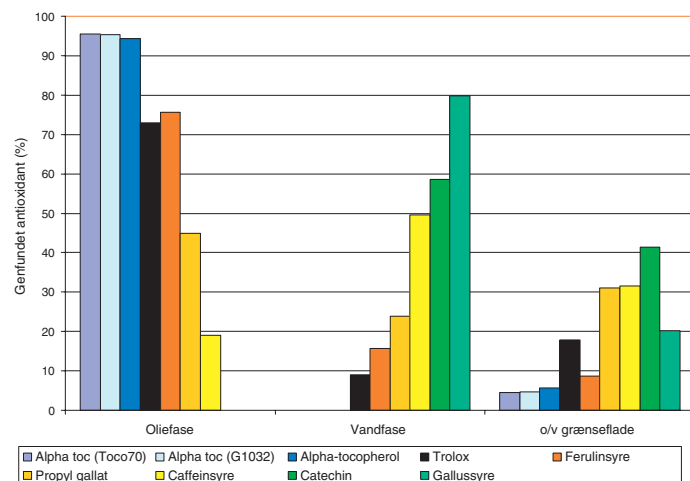
Frie radikaler er meget ustabile forbindelser, som ikke umiddelbart kan måles. Det er imidlertid muligt at fange radikalerne vha. en spin-fanger, som sammen med det oprindelige radikal danner et nyt og mere stabilt radikal. Dette radikal kan efterfølgende måles og kvantificeres vha. electron spin resonans (ESR) spektroskopi. Den bedste spin-fanger til bestemmelse af radikalerne i mayonnaise med fiskeolie viste sig at være N-t-butyl- α -phenylnitron [5].

Peroxider bestemmes oftest ved vådkemiske metoder, der imidlertid hverken er specifikke eller følsomme. Derfor blev der udviklet en HPLC-metode med post-kolonne detektion af fluorescerende diphenyl-1-pyrenylphosphin-oxider (DPPP-oxid), som dannes, når peroxiderne reagerer med ikke-fluorescerende DPPP. Ved at benytte »size exclusion« chromatografi kunne såvel triacylglycerol- som kolesterolster-hydroperoxider kvantificeres [6]. En sammenligning af HPLC-metoden med en vådkemisk metode viste, at sidstnævnte var betydeligt mindre reproducerbar, og at den i visse tilfælde underestimerede peroxidtallet.

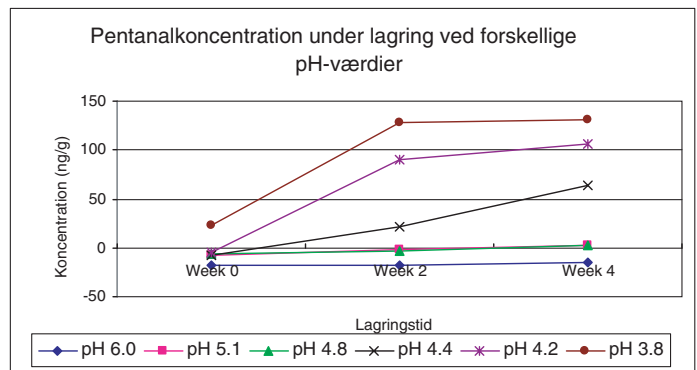
De flygtige sekundære lipidoxidationsprodukter er ansvarlige for dannelsen af ubehagelig smag i oxiderede levnedsmidler. De blev bestemt ved dynamisk headspace GC-MS (gaschromatografi-massespektrometri). Den relativt høje koncentration af eddikesyre i mayonnaise gav imidlertid anledning til en række analytiske problemer, hvorfor eddikesyren blev fjernet med kaliumhydroxid under opsamlingen af de flygtige forbindelser med en nyudviklet metode [7]. Profilen af de flygtige forbindelser viste sig at være meget kompleks og indeholdt mindst 200 oxidationsprodukter, hvoraf vi fulgte udviklingen af de 148.

Bestemmelse af fordelingskoefficienter for flygtige oxidationsprodukter og antioxidanter samt undersøgelse af jerns rolle i oxidationsprocessen

For at få en bedre forståelse af hvorfor de flygtige oxidationsprodukter tilsyneladende opleves mere intenst i mayonnaise end i olie, undersøgte vi, hvordan udvalgte flygtige oxidationsprodukter fordelte sig mellem mayonnaisens olie- og vandfase. Det viste sig, at de mest kortkædede og polære forbindelser havde en olie/vand fordelingskoefficient, som var mindre end 40, hvilket betyder, at de til en vis grad var til stede i vandfasen. Da de flygtige stoffer har en lavere smagstærskel i vand end i olie, er det sandsynligt, at stofferne i vandfasen i høj grad bidrager til mayonnaisens smag [8].



Figur 3. Fordeling af antioxidanter mellem olie- og vandfase samt o/v-grænseflade.



Figur 4. Eksempel på pH's effekt på dannelse af flygtige oxidationsprodukter under lagring.

Det blev også undersøgt, hvordan udvalgte antioxidanter fordelte sig mellem olie- og vandfasen samt o/v-grænsefladen. Resultaterne viste, at lipophile antioxidanter såsom tocopherol primært befandt sig i oliefasen, mens polære antioxidanter som ferulinsyre og gallussyre primært befandt sig i vandfasen. Noget overraskende blev det konstateret, at antioxidanterne tilsyneladende også er bundet til grænsefladen. Det gjaldt især for propylgallat og gallussyre (figur 3) [9]. Antioxidanternes lokalisering i et flerfasesystem kan sandsynligvis påvirke deres antioxidative effekt. Viden om antioxidanternes fordeling i et levnedsmiddel, som består af flere forskellige faser, kan derfor være afgørende for valg og design af et optimalt antioxidantsystem.

Det er tidligere vist, at det såkaldte A/L/T-system (ascorbinsyre, lecithin og tocopherol) effektivt forhindrer oxidation i ren fiskeolie, men at systemet fremprovokerer en kraftig trannet og harsk afsmag i emulsionssystemer. Denne prooxidative effekt kan tilsyneladende tilskrives ascorbinsyre. Med henblik på at undersøge årsagen til ascorbinsyres prooxidative effekt i mayonnaise, blev ascorbinsyre tilsat i forskellige koncentrationer til mayonnaisen, og der blev foretaget såvel sensoriske bedømmelser af mayonnaisen som bestemmelse af jernkoncentrationen i mayonnaisens vandfase. Det viste sig, at dannelsen af afsmag samt jernkoncentrationen i vandfasen steg med stigende ascorbinsyrekoncentration. Modelforsøg med mayonnaise der kun bestod af olie, vand samt varierende koncentrationer af æggeblomme og ascorbinsyre bekræftede, at stigende ascorbinsyreniveauer bevirkede en stigende jernkoncentration i vandfasen og tilsvarende en faldende jernkoncentration i o/v-grænsefladen (tabel 1). I disse modelforsøg hang ascorbinsy-

Æggebl. tilsat (%)	Ascorbinsyre tilsat (ppm)	pH i emulsion	Genfundet jern i vandfase (%)	Genfundet jern i o/v grænseflade (%)
1	0	5.8	0.0	-
1	80	5.2	0.0	-
1	800	3.9	33.5	-
4	0	6.1	0.0	37.2
4	80	5.8	0.0	60.1
4	800	4.5	13.7	61.5
4	8000	3.3	43.4	3.9
7	0	6.2	0.0	45.3
7	80	6.0	0.0	37.3
7	800	4.9	2.0	30.9

Tabel 1. Ascorbinsyres effekt på jernfrigivelse fra æggeblomme i o/v-grænsefladen.

I 2002 fordeles op til 50.000 kr. blandt de bedste besvarelser af nedenstående opgave:

Anioniske surfaktanter i miljøet

Vaske- og rengøringsmidler anvendes i store mængder i såvel husholdninger som industrien. Den vigtigste gruppe af aktive stoffer i disse midler er de anioniske surfaktanter, som kan have skadelige virkninger på miljøet, og som har været genstand for stor interesse i denne henseende.

I besvarelsen ønskes der en udførlig beskrivelse af de anioniske surfaktanters kemiske struktur og virkemåde. Endvidere ønskes der en redegørelse for deres forekomst og skæbne (herunder spredning og nedbrydning) i miljøet og deres effekter på levende organismer. Besvarelsen bør have særlig fokus på de syntetiske anioniske surfaktanter af sulfonat- og sulfatyperne, som mængdemæssigt og miljømæssigt er de vigtigste og mest omdiskuterede. Følgende reference kan være et udgangspunkt for litteratursøgningen til besvarelsen: A. Helweg (red.), „Kemiske stoffer i miljøet“, Gads forlag, 2000.

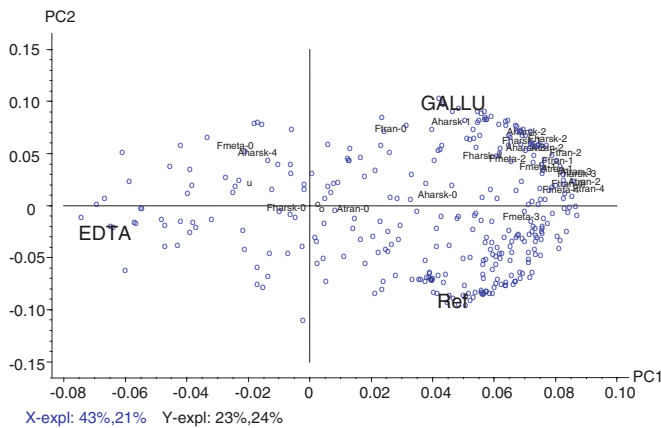
Endvidere bør der i besvarelsen indgå målinger af anioniske surfaktanter i vandprøver, f.eks. i indløb og udløb ved et rensningsanlæg. En analyseforskrift kan rekvireres ved fremsendelse af en svarkuvert (frankeret med 6,00 kr.) til Charlotte Secher, Kemisk Institut, på nedenstående adresse.

Besvarelsen af opgaven er åben for danske statsborgere eller andre beskæftigede i Danmark, og det forventes, at den stillede opgave først og fremmest vil være af interesse for HF-kursister og gymnasieelever. En besvarelse kan afleveres af flere i fællesskab; i så fald vil en eventuel pris blive delt ligeligt mellem besvarelsens forfattere. Besvarelsen skal indeholde en underskrevet erklæring om besvarerens/besvarenes alder og om, at opgaven er løst af besvareren/besvarene alene. Eksamensopgaver, prisopgaver o.lign., som tidligere er blevet bedømt i det danske uddannelsessystem, kan ikke forventes bedømt.

Besvarelsen skal være modtaget på

Kemisk Institut, Aarhus Universitet, Langelandsgade 140, 8000 Aarhus C, senest fredag d. 15. februar 2002, og mærket „M.C. Holsts Kemipris“

Bedømmelsen foretages af et udvalg nedsat af Kemisk Institut og forventes at foreligge inden den 1. maj 2002.



Figur 5. Loadingsplot fra DPLS-analyse på data fra lagringsforsøg med EDTA, gallussyre og en referencemayonnaise uden antioxidant.

rens effekt dog til en vis grad sammen med pH, men da såvel ascorbinsyres som pH's effekt tilsammen blev undersøgt i mayonnaise indeholdende alle ingredienser, blev det klart, at den mest sandsynlige forklaring på ascorbinsyrens prooxidative aktivitet var, at den frigiver og reducerer jern (III) til jern (II) fra æggeblommeproteinets phosvitin, som primært er lokaliseret i o/v-grænsefladen. Jernionerne katalyserer derefter nedbrydningen af allerede eksisterende peroxider lokaliseret i o/v-grænsefladen, eller i vandfasen, til sekundære oxidationsprodukter, som giver den dårlige smag [10,11]. Resultaterne viste desuden, at dannelsen af de sekundære oxidationsprodukter steg med faldende pH (figur 4, side 39). Dvs. at lavt pH øgede oxidationshastigheden [11].

Sidstnævnte resultat stemte særdeles godt overens med resultaterne fra et tidligere forsøg, som viste, at der kun kunne detekteres frie radikaler i mayonnaise, når pH var 4.2, dvs. når der blev tilsat eddike eller jernfri eddikesyre, men ikke når pH var 6 i mayonnaisen. [12]. Tilsætning af metalchelatoren EDTA forhindrede radikaldannelsen i mayonnaise med pH 4.2, hvilket antydede, at metalioner var involveret. Forsøget viste ligeledes, at hverken tilsætning af salt, sukker eller kaliumsorbat førte til detekterbar radikaldannelse. Tilsammen pegede disse resultater på, at det lave pH var ansvarlig for aktiveringen af jernioner, som katalyserer oxidationen.

Bestemmelse af antioxidanteffekter i lagringsforsøg

En række forskellige antioxidanters effekt i fiskeolieholdig mayonnaise i lagringsforsøg blev undersøgt. Mayonnaiserne blev opbevaret ved 20°C i 4 uger. Det blev også undersøgt om

tilsætning af ekstra emulgator (Panodan TR) ud over æggeblomme påvirkede oxidationen og/eller antioxidanternes effekt. Ud over bestemmelse af frie radikaler samt primære og sekundære lipidoxiderationsprodukter blev mayonnaiserne også bedømt sensorisk, og deres rheologiske egenskaber og fysiske struktur blev bestemt. De vigtigste resultater var:

- Metalchelatoren calciumdinatrium EDTA var den eneste antioxidant, som signifikant inhiberede/udsatte oxidationen. EDTA var således i stand til at forhindre dannelsen af tran- og harsk smag i op til 10 uger ved 20°C [13]. Resultatet er illustreret i figur 5, som også viser et eksempel på, hvordan data blev analyseret vha. multivariat dataanalyse, samt at gallussyre ikke dueede som antioxidant. Det ses, at alle de sensoriske deskriptorer, som beskriver tran- og harsk smag, samt alle de flygtige forbindelser (symboliseret med o) er lokaliseret diagonalt til mayonnaisen med EDTA. Det viser, at disse variable er negativt korrelerede til EDTA-tilsætningen. Mayonnaisen med EDTA udviklede ikke harsk og trannet smag, mens dette var tilfældet for mayonnaisen uden antioxidant og for mayonnaisen med gallussyre. I den Europæiske Union er EDTA tilladt som tilsætningsstof i forskellige emulgerede levnedsmidler, inklusive mayonnaise. Det er tilladt at tilsætte op til 75 ppm EDTA i mayonnaise, men de seneste resultater indikerer, at det ikke er nødvendigt at tilsætte mere end ca. 25 ppm til mayonnaisen for at opnå en positiv effekt af EDTA.
- A/L/T-systemet var en kraftig prooxidant, uanset om der tilsattes ekstra emulgator, og uanset om systemet tilsattes i vand- eller oliefasen [14].
- Propylgallat og gallussyre var svage prooxidanter [13,15].
- Ascorbylpalmitat havde ingen effekt på oxidationshastigheden (ikke publiceret).
- Tocopherol havde ingen effekt på oxidationshastigheden i lave koncentrationer (under 140 ppm), men var en prooxidant i højere koncentrationer. Den prooxidative effekt afhang dog af, hvilken parameter der blev benyttet til at evaluere effekten [16].
- En lille dråbestørrelse (dvs. et stort total grænsefladeareal) øgede oxidationshastigheden, især i starten af lagringsperioden, mens en stor dråbestørrelse havde den modsatte effekt [17].
- Tilsætning af ekstra emulgator påvirkede ikke antioxidanternes effekt, men emulgatorens effekt på de rheologiske egenskaber og den fysiske struktur afhæng af tilstedeværelsen af antioxidant og ikke mindst af typen af antioxidant [13,14,15].
- Det er lykkedes at identificere en række flygtige oxidationsprodukter, som sandsynligvis bidrager til den trannede og harske smag, der udvikles som følge af oxidationen. Yderligere undersøgelser er dog nødvendige for at kunne foretage endelige konklusioner på dette område
- De kemiske målinger af frie radikaler og flygtige sekundære lipidoxiderationsprodukter korrelerede godt til de sensoriske data.

Hvordan oxiderer mayonnaise, og hvorfor udvikler den hurtigere en dårlig smag end f.eks. ren olie?

På baggrund af de opnåede resultater er følgende hypotese for oxidationsmekanismen og for off-flavour dannelsen i fiskeolieholdig mayonnaise formuleret:

- Det lave pH i mayonnaise er den vigtigste faktor for initieringen af oxidationsprocesserne. Det skyldes, at det lave pH bevirker, at jernioner fra æggeblomme lokaliseret i o/v-grænsefladen bliver mere tilgængelige og aktive. Herved kan de katalysere nedbrydningen af allerede eksisterende peroxider til sekundære oxidationsprodukter. Når der er ascorbinsyre til stede, er effekten endnu kraftigere, da den kan reducere jernionerne, hvorved deres aktivitet forøges.
- En del af de flygtige oxidationsprodukter er relativt kortkædede pga. tilstedeværelsen af fiskeolie. Disse flygtige

MMM Danmark A/S
 * Autoklaver
 * Opvaskemaskiner
 * Varmeskabe
86 17 61 77

CLAUSDAMM
4916 3388
 Udstyr til:
 * steril produktion
 * bioteknologi
 * forskning
 www.clausdammm.dk

Ren luft er GOTH

- Rene rum og zoner
- LAF bænke
- Stinkskabe
- Afsugningskabinetter
- Overvågningsudstyr
- Partikelmåling
- Service

GOTH VENTILATION
 Malervej 4 · 2630 Taastrup
 Tlf. 43 99 11 66
 www.goth-ventilation.dk

oxidationsprodukter vil til en vis grad være til stede i mayonnaisens vandfase, hvor de har en lavere smagstærskel end i olie. Det betyder, at oxidationsprodukterne får en større indflydelse på off-flavour-dannelsen i mayonnaisen end i ren olie.

- Oliebestandigheden har betydning for oxidationshastigheden, fordi den påvirker det totale grænsefladeareal. Når dette reduceres (dvs. når dråbestørrelsen øges), reduceres kontaktarealet mellem peroxider og jernioner, hvilket reducerer oxidationen.

- EDTA er en effektiv antioxidant, fordi den kan binde og dermed inaktivere såvel frie som æggeblomme-bundne jernioner, som derved ikke kan katalysere peroxidnedbrydningen.

Konklusion

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes, at oxidationen i mayonnaise primært er jernkatalyseret, og at det er muligt at producere en oxidationsstabil mayonnaise med fiskeolie, såfremt der tilsættes EDTA. Eftersom æggeblomme også bruges som emulgator i andre produkter såsom dressing, er det højest sandsynligt, at jern også katalyserer oxidationen i disse produkter. Derfor kan det forventes, at EDTA også vil være en effektiv antioxidant i sådanne levnedsmidler. Forhåbentlig vil den øgede forståelse af oxidationsmekanismerne i fiskeolieholdig mayonnaise samt vores positive resultater med EDTA føre til en øget accept af fiskeolieholdig mayonnaise samt andre fiskeolieholdige produkter både blandt producenter og forbrugere. Vi er i gang med at undersøge, om andre metalchelatorer kan virke lige så effektivt som EDTA. Vi fortsætter desuden vores arbejde med at undersøge, hvordan stabiliteten af andre komplekse levnedsmidler med fiskeolie kan forbedres.

Referencer

1. Trautwein, E.A. (2001) n-3 Fatty acids - physiological and technical aspects for their use in food. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 103, 45-55.
2. Fernandez, E., Chatenoud, L., La Vecchia, C., Negri E., Franceschi, S. (1999). Fish consumption and cancer risk. *Am. J. Clin. Nutr.* 70, 85-90.
3. GISSI-Prevenzione Investigators (1999) Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *The Lancet* 354, 447-455.
4. British Nutrition Foundation (1993). Nutritional aspects of fish. Briefing paper 10.
5. Thomsen, M.K., Vedstesen, H., Skibsted, L.H. (1999) Quantification of radical formation in oil-in-water emulsions by electron spin resonance spectroscopy. *J. Food Lipids* 6, 149-158.
6. Hartvigsen, K., Hansen, L.F., Lund, P., Bukhave, K., Hølmer G. (2000a). Determination of neutral lipid hydroperoxides by size exclusion HPLC with fluorometric detection. Application to fish oil enriched mayonnaise during storage. *J. Agric. Food Chem.* 48, 5842-5849.
7. Hartvigsen, K., Lund, P., Hansen, L.F., Hølmer, G. (2000b) Dynamic headspace gas chromatography/mass spectrometry characterization of volatiles produced in fish oil enriched mayonnaise during storage. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4858-4867.
8. Jacobsen, C., Meyer, A. S., Adler-Nissen, J. (1998b). Oxidation mechanisms in real food emulsions: Oil-water partition coefficients of selected volatile off-flavor compounds in mayonnaise. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 208, 317-327.
9. Jacobsen, C., Schwarz, K., Stoeckmann, H., Meyer, A.S., Adler-Nissen, J. (1999b): Partitioning of selected antioxidants in mayonnaise. *J. Agric. Food Chem.* 47, 3601-3610.
10. Jacobsen, C., Adler-Nissen, J., Meyer, A.S. (1999c). The effect of ascorbic acid on iron release from the emulsifier interface and on the oxidative flavor deterioration in fish oil enriched mayonnaise. *J. Agric. Food Chem.* 47, 4917-4926.
11. Jacobsen, C., Timm, M., Meyer A.S. (2001) Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: Ascorbic acid and low pH increase oxidative deterioration. *J. Agric. Food Chem.* (web-released 3rd July 2001).
12. Thomsen, M.K., Jacobsen, C., Skibsted, L.H. (2000) Initiation mechanisms of oxidation in fish oil enriched mayonnaise. *Eur. Food Res. Technol.* 211, 381-86.
13. Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Thomsen, M.K., Hansen, L.F., Lund, P., Skibsted, L.H., Hølmer, G., Adler-Nissen, J., Meyer, A.S. (2001). Lipid oxidation in fish oil enriched mayonnaise: EDTA, but not gallic acid strongly inhibited oxidative deterioration. *J. Agric. Food Chem.* 49, 1009-1019.
14. Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Lund, P., Adler-Nissen, J., Hølmer, G., Meyer, A.S. (2000b) Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: 2. Assessment of the efficacy of different tocopherol antioxidant systems by discriminant partial least squares regression analysis. *Eur. Food Res. Technol.* 210, 242-257.
15. Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Lund, P., Meyer, A.S., Adler-Nissen, J., Holstborg, J., Hølmer, G. (1999a). Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: 1. Assessment of propyl gallate as antioxidant by discriminant partial least squares regression analysis. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 210, 13-30.
16. Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Lund, P., Thomsen, M.K., Skibsted, L.H., Hølmer, G., Adler-Nissen, J., Meyer, A.S. (2000d). Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: 4. Effect of tocopherol concentration on oxidative deterioration. *Eur. Food Res. Technol.* 212, 308-318.
17. Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Lund, P., Thomsen, M.K., Skibsted, L.H., Adler-Nissen, J., Hølmer, G., Meyer, A. S. (2000a) Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: 3. Assessment of the influence of the emulsion structure on oxidation by discriminant partial least squares regression analysis. *Eur. Food Res. Technol.* 211, 86-98.

En fuldstændig publikationsliste for projektet kan fås ved henvendelse til Charlotte Jacobsen på e-mail: cja@dfu.min.dk

WWW

Videnskabelig software



www.innomax.dk
Inno-Max
Tlf: 96 96 11 11

Lambert Kristensen ApS

Aromastoffer
Smagsstoffer
Kosttilskud

Ekstrakter
Krydderolier
Nutraceutic

Functional Food

www.lk1.dk
mail@lk1.dk

www.merckeurolab.dk

VWR
INTERNATIONAL

Kemikalier
Life Science

Analytisk kemi
Laboratorieudstyr

MERCK
eurolab