

Dansk Kemi

Nummer 3 - Juni 2022 / 103. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Fødevarestruktur
- madens fedt
bestemmer
mundoplevelsen

Modermælken
særlige ingrediens:
Oligosakkarider

Afgrødebeskyttelse med insektferomoner



-86°C fryserne på lager – Danmarks største udvalg

Haier

ARCTIKO
true cooling specialists

Thermo
SCIENTIFIC

GRAM

Telstar

Holm & Halby
TIL LABORATORIER I UDVIKLING

Nye tider kræver nye løsninger



PLOUGMANN VINGTOFT®

Plougmann Vingtoft er et prisvindende konsulentfirma, der har specialiseret sig i håndtering, beskyttelse og kommercialisering af IPR.

WWW.PV.EU



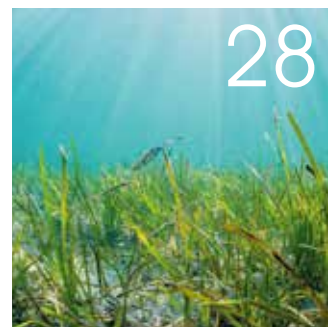
6



14



22



28

1 Forside

Virksomheden BioPhero tester nyudviklede gærstammer i bioreaktorer i laboratoriet med henblik på optimering af deres industrielle produktion af feromoner ved hjælp af gærfermentering. Læs mere i artiklen på side 18.

6 En fed fornemmelse

Fedt i fødevarer har stor betydning for mundoplevelsen, når vi indtager dem. Læs om, hvordan avanceret mikroskopi gør os klogere på fødevarerstruktur.

10 Oligosakkarider

Modermælk er spækket med vigtige komponenter, heriblandt oligosakkarider, der er med til at etablere en velfungerende bakteriesammensætning i spædbarnets tarm.

14 ACTRIS-DK

Danmark er blevet medlem af et konsortium omkring forskningsinfrastruktur kaldet ACTRIS, og denne første artikel i en serierække vil berette om baggrunden for ACTRIS.

16 Noget om traner, storke og en fransk adelsdame

Læs om nomenklatur af geraniol, geranial og geransyre.

20 Revision af EU's kemikalie- og produktforordninger skal sikre den bæredygtige omstilling

Revision af REACH-forordningen er i høring.

22 Nu breder Hylden ...

Hylds bær og blomster skal tilberedes med omtanke.

24 Nyt lærebogssystem til gymnasieskolens kemiundervisning

Anmeldelse af lærebogssystem bestående af de to bøger "I gang med kemi" og "Videre med kemi".

26 Kernemagnetisk resonans som redskab til at monitorere lipidoxidation i fødevareremulsioner

Lipidoxidation er en stor udfordring i fødevareremulsioner. Læs om, hvordan NMR-spektroskopi kan bistå til at monitorere oxidationsprocesser.

28 Branchenyt: Biotek-virksomhed vil skabe komponenter til miljøvenlig skibsmaling

Cysbio har et ambitiøst mål om at erstatte kobber i skibsmaling med biologisk nedbrydelig ålegræssyre.

31 Foreningsnyt fra Kemisk Forening og IDA

TechMedia

Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28
info@techmedia.dk
www.techmedia.dk

Redaktion:

Professor Hanne Christine Bertram (ansvarshavende)
hcb@techmedia.dk
Professor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbk@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk
Maria Bech Poulsen
mabp@envs.au.dk

Ledelse:

Adm. direktør Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde

Redaktionskomité:

Professor Anne S. Meyer (formand)
Professor, dr. scient. Mikael Bols
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingeniørgruppen)
Professor, forskningschef Lars Wiebe
Lektor, civilingeniør, ph.d.
Merete Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foërsom
(Næstformand, Kemilærerforeningen)
Chefkonsulent Helle Westphal
Inge Margrethe Jensen
Gruppeleder, EHS, FMC site Rønland
Fagkonsulent Mette Malmqvist

ISSN 0011-6335 (tryk)
ISSN 1902-360x (online)

Bladsekretær:

Heidi Thode
Tlf. 43 24 26 62, ht@techmedia.dk

Annoncer:

Tanja Wulff Dühring
Tlf. 43 24 26 06, twd@techmedia.dk

Annonceproduktion:

Marianne Dieckmann
Tlf. 43 24 26 82, md@techmedia.dk

Layout:

Trine Plass

Tryk:

PE Offset A/S

Oplag: 4.190

Online læsere: 1.279

Abonnement:

Ændring/opsigelse sendes til:
abonnement@techmedia.dk

Bestil abonnement direkte på:
www.techmedia.dk

Trykt på
miljøvenligt papir
med vegetabiliske
miljøfarver.



Citater fra artikler i Dansk Kemi skal ske med tydelig kildeangivelse. Enhver form for gengivelse af artikler, herunder illustrationer, forudsætter udgiverens skriftlige tilladelse. Redaktionen kan ikke påtage sig ansvaret for materiale, der indsendes uopfordret.

Læs bladet online:
www.dansk kemi.dk

Se også: www.kemifokus.dk

Eller find
Dansk Kemi på:  



Scan og hent Dansk Kemis
medieinformation 2022 her!
Scan med kameraet
på din smartphone.



IDA Kemi øger fokus på Chemical Compliance

- Nyt kontaktudvalg for Regulatorisk Kemi - Sikkerhed og Miljø

Mange tager en dyb indånding, når de hører termer som REACH eller Chemical Compliance. Regulatorisk kemi kan være besværligt, dyrt og komplekst. Det er dog nødvendigt at følge med i de gældende lovmæssige forpligtelser, som de fleste kemikere og kemiingeniører nok har et reaktivt forhold til.

Kemi er en essentiel komponent i vores dagligdag, men kan også være skadeligt for helbredet og det omgivende miljø. Af den årsag bør kulturen for Chemical Compliance have stor bevågenhed og plads med henblik på dens håndtering i praksis. I virksomheder bør ledelsen rammesætte en fælles kulturforståelse af Chemical Compliance og hvordan den praktiseres.

Chemical Compliance kan hensigtsmæssigt forankres i en tværorienteret enhed, der har til opgave at mestre den tekniske forståelse af kemien samt tolke de juridiske krav. Derved sikres efterlevelse internt såvel som i forhold til omverdenen.

Et relevant element i Chemical Compliance er den europæiske kemikalielovgivning REACH fra 2006, der kan betragtes som central for udviklingen af kemikalielovgivningen i EU, men også andre steder.

REACH fungerer som EU paraplylovgivning for samtlige EU kemikalieregulativer og er et levende eksempel på det voksende omfang og udviklingen inden for regulatorisk kemi i EU's kemikaliestrategi, hvori der er revideret 40 regulativer med 80 initiativer inden for en kort årrække. Dette stiller selvfølgelig endnu flere krav, som virksomhederne skal efterleve inden for EU og samtidig opstår der nye spørgsmål om, hvordan resten af verden vælger at tolke disse.

Det er vigtigt, at regulering ikke bliver et mål i sig selv. Der er for eksempel meget store omkostninger forbundet med at indføre nye kemiske stoffer i industriel skala. Befordrer dette forhold teknologisk udvikling og fornyelse - eller sikrer dette blot, at markedet er forbeholdt store eksisterende aktører?

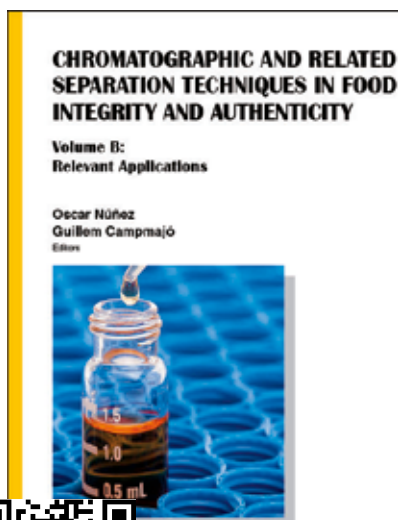
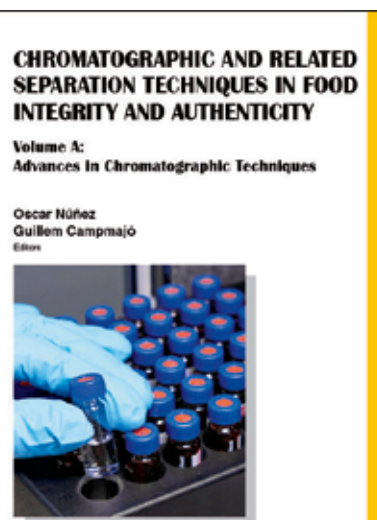
I IDA Kemi vil vi gerne bidrage til, at arbejdet med at udvikle retningslinjer og regelsæt for brug af kemiske substanser og processer bliver styret i en form for symbiose med kemisk praksis. Juraen skal være i kemiens tjeneste og ikke omvendt. Hvis vi som kemiske fagfolk ikke griber styrepinden, vil andre gøre det med stor fornøjelse - blot ikke for os!

Peter Szabo, formand for IDA Kemi

Hvis vi som kemiske fagfolk ikke griber styrepinden, vil andre gøre det med stor fornøjelse

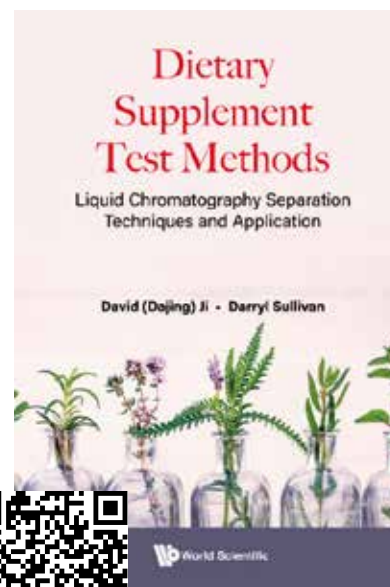


RECOMMEND TO YOUR LIBRARY



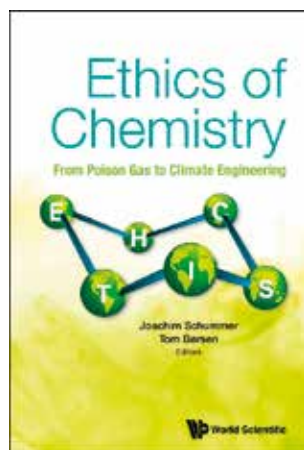
World Scientific

Vol. A: Advances in Chromatographic Techniques |
Vol. B: Relevant Applications
edited by **Oscar Núñez & Guillem Campmajó**
Hardcover 978-1-78634-991-0



by **David (Dajing) Ji & Darryl Sullivan**
Hardcover 978-981-124-924-2

25% off | Promo code: **WSBOOKSU225** | Available in print & digital



Ethics of Chemistry

From Poison Gas to Climate Engineering

edited by **Joachim Schummer, Tom Børsen** (Aalborg University)

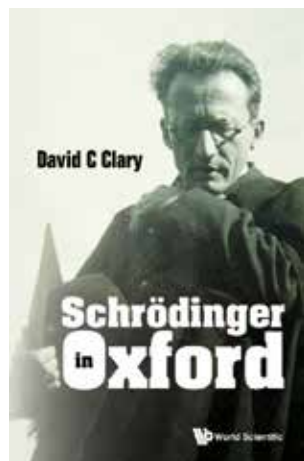
"Overall, this collection of case studies provides an outstanding starting point for understanding the ethics of chemistry. It is an extremely important contribution to the study of chemical ethics ... Ethics of Chemistry is a key resource for educators interested in integrating ethics instruction into their chemistry curricula ... an important foundation for equipping students with the moral judgement and analytical skills necessary to contend with the ethical issues they are likely to face in their professional lives"

Nature Chemistry



Bestseller

Hardcover 978-981-125-000-2
Paperback 978-981-125-100-9



Schrödinger in Oxford

by **David C Clary** (University of Oxford)

"Clary's account makes for fascinating reading, not least because of its clear style and copious citation of primary sources and original scientific articles. The author provides a compelling narrative of ... Schrödinger's departure in 1933 from a highly eminent position at the University of Berlin to a precarious, untenured position at Magdalen College ... with political and scientific considerations deftly woven together."

Science



Bestseller

Hardcover 978-981-125-000-2
Paperback 978-981-125-100-9

World Scientific
Connecting Great Minds

En fed fornemmelse

Med mikroskopi som værktøj undersøger SDU-forskere sammenhængen mellem madens mikrostruktur, mekaniske egenskaber og mundfølelse.

Af Matias A. Via, postdoc og Mathias Porsmose Clausen, lektor, SDU Bioteknologi, Institut for Grøn Teknologi, Syddansk Universitet

Fedtstoffer er en vigtig del af vores mad og helt centrale for den sensoriske oplevelse, når vi spiser mange forskellige fødevarer. Det hænger sammen med fedtstoffers helt særlige kemiske og fysiske egenskaber, der gør, at fedtstoffer både fungerer som smagsbærer og samtidig giver maden struktur og mundfølelse. Hvordan fedtstoffer bidrager til struktur og mundfølelse i forskellige fødevarer, er det centrale spørgsmål i en række nye innovative undersøgelser af mad. Her tages avancerede mikroskopiteknikker i brug for at afbillede de mikrostrukturer, som fedtstoffer danner i fødevarer. Med viden om sammenhængen mellem mikrostrukturer og makrostrukturer i fødevarer og hvordan disse påvirker frigivelsen af smags- og aromastoffer og mundfølelsen, er vi bedre rustet til at skabe fremtidens bæredygtige, sunde og velsmagende mad.

Fedt i mad giver smag og mundfølelse

Fedtstoffer i mad spiller en helt central rolle for både madens smag og for madens mundfølelse. Tænk bare på, hvordan magert kød let bliver smagsløst, tørt og sejt, mens kød med rig fedtmarmorering er smagfuldt, saftigt og mørt. Mange smags- og aromastoffer er langt bedre opløst i fedt, end de er i vand. Derfor indeholder fedtholdigt mad også flere forskellige af de smagsgivende stoffer, som vi sætter stor pris på og som gør maden interessant at spise. Fedt er desuden mere tyktflydende end vand, så når vi spiser mad med flydende fedt, beklæder fedtet mundhulen og frigiver langsomt de smagsgivende stoffer, som vi sanser og nyder.

Fedt i sig selv har ingen smag, men fedt er med til at give maden en særlig struktur og fornemmelse i munden. Fornemmelsen af ren olie eller fast fedt er for de flestes vedkommende ikke forbundet med nydelse, men tænk i stedet på



Foto: Pixabay

den cremede fornemmelse ved at spise avocado, nøddesmør eller iscreme, eller fornemmelsen af smør eller chokolade, der smelter i munden, eller fornemmelsen af en sauce, der fordeler sig blidt i mundhulen og frigiver smags- og aromastoffer på sin vej.

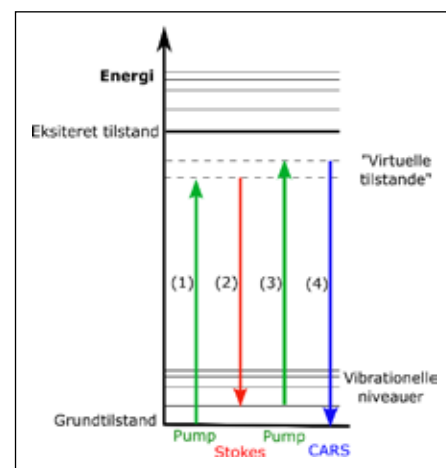
Disse forskellige mundfølelser skyldes de fysisk-kemiske egenskaber ved fedtet og fedtets evne til at strukturere sig på varierende måder i samspil med fødevarens andre bestanddele: vand, protein og kulhydrater. Triglycerider i tempereret chokolade danner krystalstrukturer, der smelter ved omkring den temperatur, som vi har i munden, hvilket gør mundfølelsen interessant. Mange af de andre mundfølelser, som fedtholdigt mad giver, skyldes, at fedt skyr vand og derfor danner fedtdråber fedtpartikler af forskellig art. Disse er typisk stabiliseret på overfladen af såkaldte emulgatorer, som er amfible stoffer, for eksempel proteiner eller lipider, hvor dele af stofferne opløses bedst i vand, mens andre dele bedst opløses i fedt. De strukturer, der dannes i denne sammenhæng, er typisk af en størrelse på 1-100 µm og er derfor ideelle at undersøge med lysmikroskopi.

CARS-mikroskopi er velegnet til at se på fedtstrukturer

Mikroskopi anvendes ofte til at undersøge mange forskelligartede typer af materialer og strukturer fra sten,

til planter og levende celler. Inden for fødevarevidenskab er mikroskopi også hyppigt anvendt, men det er traditionelt mest brugt kvalitativt. Indenfor de seneste 20 år er et væld af banebrydende mikroskopiteknikker blevet udviklet, som indenfor de seneste få år også har fundet vej til anvendelser i fødevarer-systemer, hvor de kan give information, man hidtil kun har kunnet drømme om. En af disse teknikker er såkaldt CARS (coherent anti-Stokes Raman scattering) mikroskopi (figur 1).

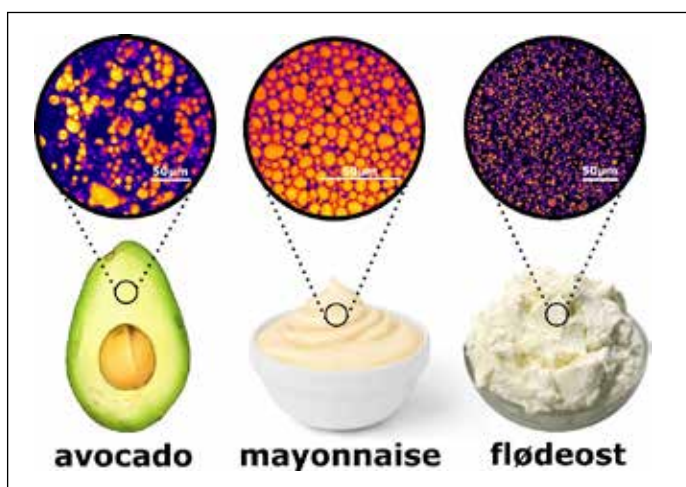
CARS-mikroskopi udnytter de spektroskopiske egenskaber af prøven. Teknikken afbilder vibrationsniveauer



Figur 1. Skematisk oversigt over energitilstande under CARS.

af kemiske bindinger og det er derved molekylerne selv, der giver kontrast i billedet. Rent praktisk scanner man to lasere hen over prøven. Disse to lasere har forskellige bølglængder og forskellen i bølglængde er tilpasset den energi, der er karakteristisk for vibrationen i det stof, man ønsker at undersøge i sin prøve. Da forskellige kemiske bindinger har hver deres vibrationsenergi, kan man derfor separat afbilde for eksempel vand, protein og fedt. CH-bindingerne, der er typiske for fedtstoffer, giver særlig høj kontrast og CARS-mikroskopi egner sig derfor særlig godt til at se på fedtstrukturer. Derved kan man nu se direkte ind i en fødevarer uden at skulle farve den eller lave anden form for prøveforberedelse. Den minimale prøveforberedelse sikrer, at man opnår mere valide resultater og muliggør studier af fødevarer, man ikke før har kunnet studere med mikroskopi. Typisk kan man se fedtstrukturer ned til cirka 1 μm og se 50-100 μm ind i sin prøve.

Eksempler på forskellige fedtholdige fødevarer ses i figur 2.



Figur 2. Eksempler på CARS-mikroskopibilleder af "fede" fødevarer.

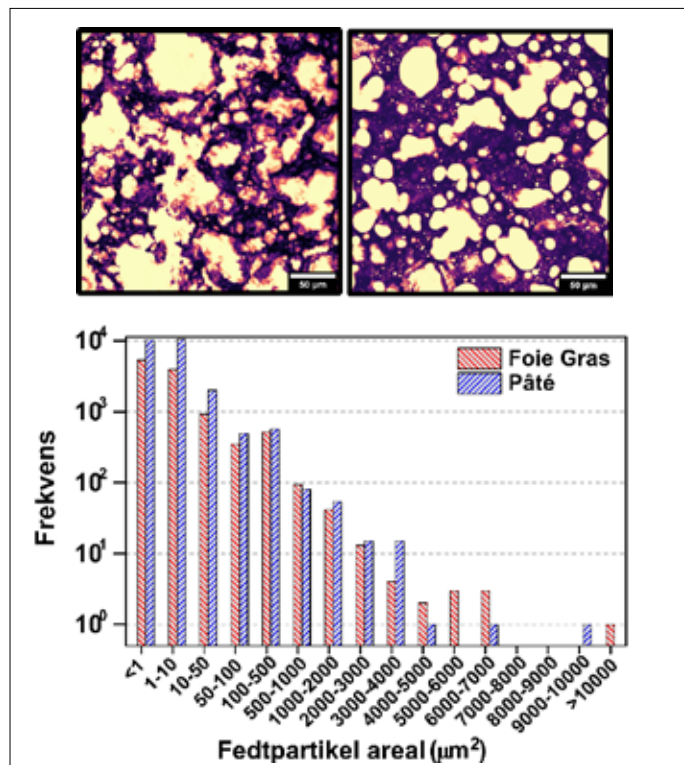
Fra billede til data

Et billede siger mere end tusind ord. Derfor bidrager mikroskopibilleder ofte til at skabe en kvalitativ forståelse af fødevarer. Men faktisk kan de bruges til langt mere end det. De strukturer, der ses på mikroskopibilleder som dem på figur 2, kan identificeres og analyseres for at give kvantitative data. Værktøjer til billedanalyse bliver ligesom mikroskopiteknikkerne også mere avancerede og bedre og vi kan få præcis information om for eksempel størrelse, form, hyppighed mv. af eksempelvis de fedtdråber, der findes i en mayonnaise. Man kan derfor gå videre end at sige, at man har små eller store (begge relative størrelser) fedtdråber, men præcist hvor store og hvor runde, kantede eller aflange de er. Med denne kvantitative information kan man nu skabe en direkte sammenhæng mellem mikrostrukturer og andre egenskaber af maden, for eksempel dens smeltetemperaturer, mekaniske egenskaber, eller flydeeegenskaber, hvor kvantitative målinger længe har været normen.

Fornemmelse for foie gras

Foie gras er en fed delikatesse baseret på fed lever fra gæs eller ænder. Det høje fedtindhold giver en unik smag og mundfølelse. Med foie gras som andre animalske produkter er der et stort ønske om at udvikle nye innovative produkter med sammenlignelige sensoriske egenskaber, men på mere bæredygtig vis. For at drive denne udvikling er der behov for bedre indsigt i, hvad der forårsager smags- og teksturindtryk i både eksisterende og nye produkter.

I et nyligt studie undersøgte foie gras' mikrostruktur og mekaniske egenskaber for at komme hemmeligheden bag foie gras unikke mundfølelse nærmere [1]. Foie gras blev sammen-



Figur 3. CARS-mikroskopibillede af foie gras og paté med angivelse af størrelsesfordelingen af fedtpartiklerne.

lignet med en paté bestående af samme ingredienser, men hvor den fede lever var erstattet med en almindelig andelever og med svinefedt. Studiet viste, at klassisk foie gras er fastere end paté, men til gengæld lettere ødelægges, når det bearbejdes i munden. Dette viste sig at hænge direkte sammen med fedtstrukturen i de to produkter. I foie gras fandt man et sammenhængende mikroskopisk tredimensionelt netværk af fedt, mens almindelig paté indeholdt enkeltstående dråber af fedt (figur 3). Når foie gras kommer ind i munden, vil fedtnetværket derfor yde modstand og føles mere fast. Til gengæld ødelægges netværket forholdsvis let, da nogle af fedtstrukturterne i netværket er forholdsvis svage. Paté derimod er blødere, da fedtdråberne kan skubbes mellem hinanden og af samme grund går strukturen ikke drastisk i stykker, når den bearbejdes i munden.

Fremtidens bæredygtige velsmagende mad

I en fremtid, hvor vi skal spise mere bæredygtigt, har vi brug for mere viden om, hvad der giver vores mad smag og tekstur. Smag og tekstur driver nemlig i højere grad vores madvaner, end sundhed og bæredygtighed gør. Studier som de ovenstående er derfor med til at give en bedre forståelse for, hvordan mikroskopiske parametre i maden dikterer den mundfølelse, som vi enten kan lide eller ikke kan lide. Samtidig kan studierne være med til at bane vejen for, hvordan vi på generelt plan kan bearbejde eller tilberede vores mad, så den får en ønsket struktur. En udfordring, der ikke mindst gør sig gældende for den generation af plante-relaterede produkter, der vinder frem i disse år.

E-mail:

Matias A. Via: mavia@igt.sdu.dk

Mathias P. Clausen: mpc@igt.sdu.dk

Referencer

1. Microscopic characterization of fatty liver-based emulsions: Bridging microstructure and texture in foie gras and pâté. Matias A. Via, Mathias Baechele, Alexander Stephan, Thomas A. Vilgis, Mathias P. Clausen, *Physics of Fluids* **33**, 117119 (2021), doi.org/10.1063/5.0070998.

Farve- og lakvirksomhed er lykkedes med at udfase flere skadelige stoffer

Medarbejderne hos EFApaint i Esbjerg har forenklet deres arbejdsgang, når de håndterer kemiske råvarer, og er lykkedes med at nedbringe mængden af farlig kemi. Det har styrket arbejdsmiljøet i en grad, der nu kaster en nominering til Arbejdsmiljøprisen 2022 af sig i kategorien Kemi og vådt arbejde.

Maling eller lak kan bestå af 25 forskellige kemiske råvarer. Derfor er der på EFApaints råvarelager i Esbjerg mere end 400 forskellige råvarer på hylderne. Tidligere skulle hver eneste af disse have en APB - en arbejdspladsbrugsanvisning, der er en beskrivelse af påkrævede værnemidler og håndtering af råvaren.

- Det var en stor administrativ byrde at håndtere mere end 400 APB'er. Og medarbejderne gik ikke hen og kiggede på APB'erne i det daglige. I mellemtiden er APB'erne blevet erstattet af kemiske arbejdspladsvurderinger (APV'er), og virksomheden udnyttede derfor muligheden for at gruppere råvarerne og forenkle det skriftlige instruktionsmateriale, forklarer Shuang Winkel, CFO i EFApaint.

Bedre sikkerhed og lavere sygefravær

I dag skal de ansatte i produktionen kun forholde sig til 11 kemiske APV'er og syv instruktioner. Både i administrationen og blandt medarbejderne har tiltagene frigivet ressourcer. Og indsatsen har resulteret i medarbejdere, der i dag går mere op i deres egen sikkerhed end før.

- Alle vores medarbejdere er blevet

■ Om Arbejdsmiljøprisen

Arbejdsmiljøprisen uddeles af Arbejdsmiljørådet til fire arbejdspladser, der gør noget særligt for arbejdsmiljøet, og som kan inspirere andre. De 12 nominerede arbejdspladser og de fire vindere udvælges af en dommerkomité, der består af repræsentanter fra DA, FH, KL, Lederne og Akademikerne og formand for Arbejdsmiljørådet Cristina Lage.



Shuang Winkel fra EFApaint.

efteruddannet i håndteringen af råvarer og i at tænke i sikkerhed. Vi har forbedret skiltningen, belønner indberetning af nærværd-ulykker og har generelt sikkerheden og arbejdsmiljøet helt øverst på agendaen, fortæller Shuang Winkel.

EFApaint arbejder nu målrettet på at udfase råvarer, som kan indeholde skadelige stoffer. Fra 2016 til 2020 er andelen faldet fra 2,25 procent til 0,94 procent i forhold til indkøbt total råvare.

Flot, alsidig indsats

Tiltagene får anerkendelse af Arbejdsmiljørådets formand, Cristina Lage, der fremhæver, at EFApaint har iværksat en omfattende indsats for at gøre arbejdet mere sikkert for deres medarbejdere.

- Her er en arbejdsplads, der har gjort et grundigt arbejde i forhold til at skabe et mere sikkert arbejdsmiljø. De knytter brugen af værnemidler sammen med specifikke produkter, så medarbejderne informeres om relevant beskyttelse og har et fokus på at reducere antallet af skadelige stoffer. Derudover har EFApaint overskueliggjort den samlede risiko ved hver arbejdsproces med en tilgang, som betyder, at deres medarbejdere har nemmere ved at følge sikker-

hedsinstruktionerne, samtidig med at de udsættes for færre farlige stoffer. Det er en flot og alsidig indsats.

Kilde: Arbejdsmiljørådet

■ Nominerede til Arbejdsmiljøprisen 2022

Arbejdsulykker:

HKScan Danmark A/S
Kemp & Lauritzen
Elopak Denmark A/S

Kemi og vådt arbejde:

EFApaint A/S
Scantox A/S
Hounö A/S

Psykisk arbejdsmiljø:

Nykøbing F. Sygehus
Økonomiforvaltningen i Københavns Kommune
Ewii A/S

Muskel- og skeletbesvær:

Lidl Danmark
NH Jespersen
Aalborg Kommunes Kirkegårde og Krematorium



Performance
Innovation
Reliability



JASCO are producing the highest quality circular dichroism instrumentation

The J-1000 series is the result of many advances in technology

In Denmark sold with factory trained local support and service from Biolab A/S



Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov

+45 8621 2866
sales@biolab.dk
www.biolab.dk

Oligosakkarider

- substrat til bakterierne i spædbarnets tarm.

Af Louise M. Arildsen Jakobsen,
Institut for Fødevarer,
Aarhus Universitet

Metabolomics kan anvendes som et værktøj til at forstå den biokemiske aktivitet af bakterier fra spædbarnets tarm og hvordan de påvirkes af specifikke kulhydratsubstrater. Ny viden om, hvordan tarmbakterier omsætter disse kulhydrater til bioaktive metabolitter, kan bidrage til udvikling af modermælkserstatning, der understøtter spædbarnets naturlige tarmmikrobiota og bidrager til barnets sundhed, blandt andet ved at forhindre vækst af sygdomsfremkaldende bakterier.

Spædbarnets tarm er spækket med bakterier - og det er godt

Vores krop er dækket af bakterier, der er specielt udviklet til at leve i helt specifikke biologiske nicher, såsom vores næsebor, vores hud og i mundhulen. Særligt mange bakterier har taget ophold i tyktarmen, hvor de blandt andet lever af præbiotika (se faktaboks 1), der kommer fra den mad, vi indtager. Bakterierne i tyktarmen har stor betydning for menneskets sundhed gennem deres produktion af kemiske forbindelser og metabolitter samt gennem interaktion med tarmvævet.

De første 1.000 dage af et barns liv (fra undfangelse til to års fødselsdag) er en særlig vigtig periode i forhold til at udvikle barnets tarmbakterier og sikre barnet en sund udvikling [1,2]. Hos spædbørn er der især fokus på mælkesyrebakterier såsom bifidobakterier og lactobacilli. Mælkesyre nedsætter tarmens pH og det ændrede kemiske miljø forhindrer vækst af sygdomsfremkaldende bakterier.

Modermælk - det hvide vidunder

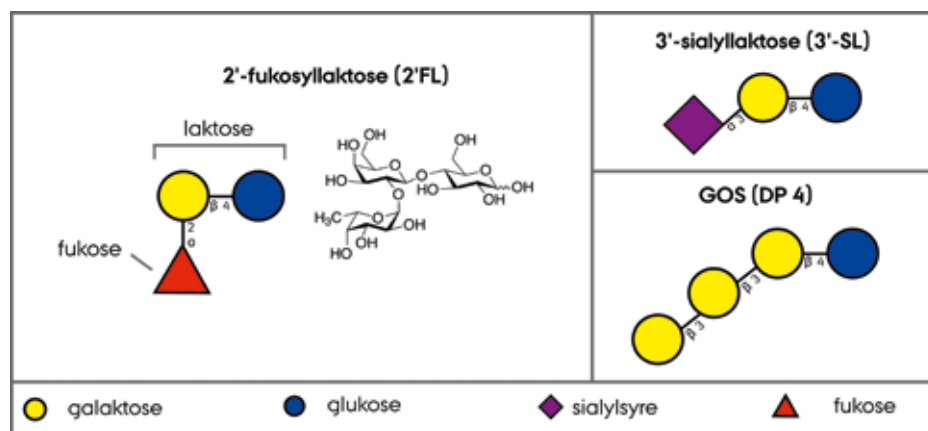
Modermælk er spækket med vigtige næringsstoffer og bioaktive forbindelser til det nyfødte spædbarn. Indholdet af laktose, fedt og protein medvirker til, at barnet vokser og tager på. Den mælk, som moderen danner, er nøje målrettet spædbarnets behov. Man skulle tro, at alle indholdsstofferne i modermælk blev udnyttet til fulde af spædbarnet, men sådan er det ikke. Humane mælke-oligosakkarider (HMO) er det

trejdestørste indholdsstof i modermælk og nedbrydes ikke af spædbarnet, men passerer fordøjelsessystemet og ender i tyktarmen, hvor det fungerer som næring for gavnlige bakterier og beskytter mod sygdomsfremkaldende bakterier. HMO er præbiotiske kulhydrater, hvilket vil sige, at de stimulerer væksten af gavnlige tarmbakterier. I de første dage efter fødsel er koncentrationen i modermælken >10 g/L, hvorefter koncentrationen falder til et stabilt niveau på ~4 g/L [3,4].

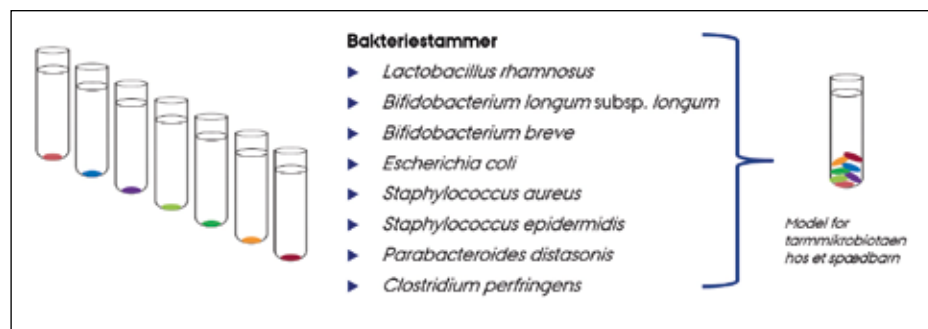
HMOer består af en laktoseenhed i den reducerende ende, som af β -glukosidbindinger forlænges med galaktose, og N-acetylglucosamin-enheder, hvilket danner en lineær eller forgrenet struktur [3] (figur 1). De terminale positioner kan være udstyret med fukose- eller sialylsyre-enheder, som sidder i α -position. Størstedelen (70-90 procent) af HMOerne i modermælk er neutrale med eller

uden fukose i terminalposition, herunder kan nævnes lacto-N-tetraose (LNT) og 2-fukosyllaktose (2'FL) [4]. De sialyle-rede HMOer udgør de resterende 10-30 procent af HMOerne, hvoraf 6'-sialyllaktose og 3'-sialyllaktose findes i den største koncentration [4]. Analytiske studier baseret på massespektrometri har anslået, at der findes omtrent 200 forskellige HMOer, hvoraf strukturen af lidt over halvdelen er karakteriseret og beskrevet i litteraturen [5]. Det særlige ved oligosakkarider fra modermælk er, at selvom kæderne er korte, så fungerer de stadig som præbiotika, fordi bindingerne, der holder dem sammen, kun kan brydes med særlige enzymer.

Fødevarekemisk viden om oligosakkarider bidrager til at forbedre modermælkserstatning
Der er spædbørn, der af den ene eller den



Figur 1. Oligosakkarid er betegnelsen for kulhydrater med tre eller flere sakkarid-enheder. Alle oligosakkarider i mælk er opbygget med en kerne af laktose, med forgreninger af galaktose og eventuelt dekoreret med fukose og sialylsyre i terminale positioner. GOS: galaktooligosakkarid.



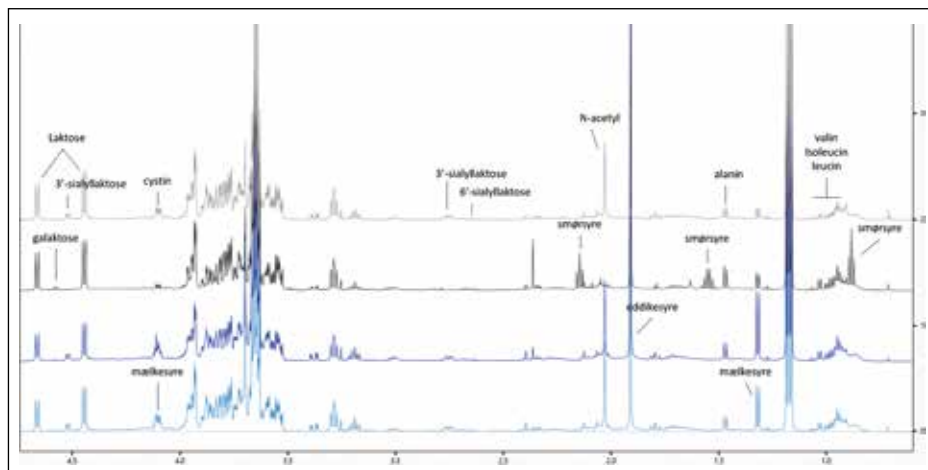
Figur 2. For at undersøge effekten af tildeling af forskellige substratsammensætninger blev der anvendt en bakteriekultur bestående af otte velkarakteriserede typestammer, som repræsenterer bakterierne i spædbarnets tarm. Modelforsøgene inkluderede både monokulturer samt en kultur med alle otte stammer.

anden grund ikke får modermælk. Det er svært at efterligne naturen, og forskning viser også, at der er stor forskel på tarmbakteriernes sammensætning hos børn, der har fået henholdsvis modermælk og modermælkserstatning [6,7]. Hvor de ammede børn har en simpel sammensætning med lav diversitet af tarmbakterier domineret af bifidobakterier og lactobacilli, er sammensætningen hos børn, der har fået modermælkserstatning mere kompleks [8,9], hvilket kan medføre forøget risiko for sygdom, fordi tarmen ikke er blevet modnet tilstrækkeligt, før den udsættes for komplekse påvirkninger [1].

Det er derfor vigtigt at undersøge kilder til præbiotiske kulhydrater, som tilnærmer sig effekten af de oligosakkarider, som findes naturligt i modermælk. De simpleste oligosakkarider kan produceres i laboratoriet, mens det endnu ikke er muligt at producere de mere komplekse oligosakkarider i kommerciel skala [10]. Oligosakkarider fra komælk er grundlæggende opbygget på samme måde som HMOerne, men findes i meget lavere koncentration i mælken og derudover er der kun omkring 40-50 oligosakkarider identificeret i komælk [11,12]. Modermælk og komælk har mindst 10 oligosakkaridstrukturer til fælles, men i komælk er det dog 3'-sialyllaktose og 6'-sialyllaktose, der dominerer, hvorimod neutrale eller fukosyle-rede oligosakkarider kun forekommer i små mængder [13]. Koncentrationen af oligosakkarider er relativt lav i komælk og derfor kan det ikke betale sig at oprense dem direkte fra mælken. Forskere har arbejdet målrettet på at løse denne udfordring, og det viser sig, at oligosakkarider findes i valle, der er et restprodukt fra osteproduktion. Ved hjælp af ultrafiltrering er det lykkedes at oprense oligosakkariderne til en koncentration, der kan bruges til at teste effekterne i modelforsøg i laboratoriet [14].

Bifidobakterierne skyder med skarpt

Ved at anvende en bakteriekultur bestående af otte bakteriestammer (figur 2), som er særligt velkarakteriserede og velkendte i spædbørns tyktarm, har vi undersøgt, hvordan bakterier påvirker hinanden for at opnå detaljeret viden om effekterne af oligosakkarider på bakteriernes biokemiske aktivitet og vækst i et komplekst system [15]. Bakteriekulturen indeholder blandt andet bifidobakterier, som hører til de ønskede bakterier i spædbarnets tarm, samt clostridier, der er potentielt sygdomsfremkaldende. Når bifidobakterier fermenterer kulhydrater i tarmen, dannes forskellige syrer, herun-



Figur 3. Den alifatiske region af ^1H NMR-spektre opnået fra supernatant fra 24 timers fermentering af medie indeholdende 1 procent oligosakkarid fra komælk plus laktose. Farverne af spektrene indikerer, hvilken bakterie der har været til stede: grå (top): ingen bakterie/sterilt medie, sort (2. fra top): *Clostridium perfringens*, mørkeblå (3. fra top): *Clostridium perfringens* i prefermenteret *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* medie, derefter blå (nederst): *Bifidobacterium longum* subsp. *longum*. Dette spektrum viser, hvordan *C. perfringens* (sort) kan metabolisere 3'-sialyllaktose, dog ikke hvis mediet først har været fermenteret med *B. longum* (mørkeblå). Dette tyder på, at metabolitter fra *B. longum* hindrer *C. perfringens*' evne til at metabolisere denne oligosakkarid.

der kortkædede fedtsyrer og organiske syrer. Mængden af ikke-metaboliserede glykaner, kortkædede fedtsyrer og organiske syrer kan bruges som et direkte mål for, hvor aktiv tarmbakterierne er.

Ved at anvende kernemagnetisk resonans (NMR) spektroskopi som metabolomics-metode har det været muligt at karakterisere den biokemiske aktivitet

af bakterierne under forskellige betingelser. Anvendelsen af metabolomics har gjort det muligt på én og samme tid at bestemme et meget bredt sæt af metabolitter og dermed opnå indblik i, hvor biokemisk aktive bakterierne er ved tildeling af forskellige substratsammensætninger. Resultaterne fra et modelforsøg, der specifikt undersøgte interakti-

Faktaboks 1 - Præbiotika

Præbiotika er kulhydrater, der passerer fordøjelsessystemet uden at blive nedbrudt, men i tyktarmen omsættes de af tarmbakterierne, der forøges i antal og producerer metabolitter, som har en gavnlig virkning på tarmsystemet. Præbiotika er defineret af International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) [17] som:

"et substrat, der selektivt udnyttes af værtsmikroorganismer, hvilket resulterer i en sundhedsgevinst".

Galaktooligosakkarider (GOS) og fruktooligosakkarider (FOS) er velundersøgte præbiotika, som anvendes i modermælkserstatning. Disse oligosakkarider bliver fortrinsvist nedbrudt af bifidobakterier, hvilket skyldes forholdet mellem struktur og funktion; bindingerne i GOS og FOS bliver fortrinsvist nedbrudt af enzymer af typen β -fructanosidase og β -galactosidase, som er udbredte i bifidobakterier.

HMOer kategoriseres som præbiotika, idet indtagelse af modermælk medfører en forøgelse af HMO-omsættende bakterier *Bifidobacteriaceae* og *Bacteroidaceae*. Glykosidaser (EC 3.2.1.X), herunder fukosidaser, sialidaser og galactosidaser, er nødvendige for omsætning af HMO-strukturer og selvom disse udskilles af en række bakterier i tarmen, indeholder bifidobakteriers genom særligt mange elementer, der sikrer en effektiv udnyttelse af oligosakkarider fra modermælk [3]. Bifidobakterier har således en særlig evne til at mobilisere HMOer ind i cellerne og har derfor en konkurrencemæssig fordel i forhold til andre medlemmer af tarmmikrobiotaen. *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis* er den eneste bifidobakterie, der har alle enzymsystemer til at transportere og nedbryde alle HMO-strukturer [3]. Andre bifidobakterier er særligt tilpassede til at udnytte mindre dele af HMOerne.

oner mellem bifidobakterier og clostridia viste, at oligosakkariderne fra komælk i kombination med laktose stimulerede de gavnlige *Bifidobacterium longum*s evne

■ Faktaboks 2 - Cross-feeding, en mikrobe-mikrobe vekselvirkning

Cross-feeding er en mekanisme, der foregår mellem bakterier, der lever i konsortier, for eksempel i tarmmikrobiotaen, hvor bakterierne gennem produktion af metabolitter/biprodukter medvirker til at styrke hinandens overlevelse enten ensidigt eller gensidigt. Der kan enten være cross-feeding af glykaner eller metabolitter. Metabolitter, herunder mælkesyre og eddikesyre, kan optages af smørsyre-producerende bakterier og derved indirekte øge smørsyre-koncentrationen i tarmmiljøet [19]. En høj koncentration af smørsyre har vist sig at have gavnlige effekter på tarmepitelet. Cross-feeding kan også ske gennem enzym-sekretion: nogle bifidobakterier, herunder *B. bifidum*, udskiller enzymer til omgivelserne, som frigiver mono- eller disakkarider fra HMO'er, og som derved kan optages af andre bakterier med de rette transporterproteiner [18].

Andre mikrobe-mikrobe-vekselvirkninger

Synbiotisk vekselvirkning

Modelforsøg med den komplekse bakteriekultur pegede i retning af en vekselvirkning mellem *Parabacteroides distasonis* og *Bifidobacterium longum* subsp. *longum*, som var afhængig af, hvilket substrat der var tilgængeligt i mediet; oligosakkarider fra komælk i kombination med laktose resulterede i en øget vækst og metabolitproduktion fra *B. longum* [15]. Dette blev yderligere undersøgt og verificeret ved at have de to bakterier i en kultur sammen, hvorved det blev tydeligt, at *B. longum* subsp. *longum* bedre var i stand til at omsætte laktose, når *P. distasonis* også var tilstede i kulturen [16].

Postbiotisk vekselvirkning

I modsætning til synbiotisk vekselvirkning kan nævnes postbiotiske vekselvirkninger, hvor metabolitter fra *B. longum* subsp. *longum* viste sig at hæmme *C. perfringens*' evne til at metabolisere 3'-sialyllaktose [16].

til at danne metabolitter såsom mælkesyre og eddikesyre, og at dette forhindrede sygdomsfremkaldende bakteriers evne til at nedbryde de selvsamme kulhydrater på trods af, at *Clostridium perfringens* har de nødvendige enzymer [16] (figur 3, side 11).

En af de vigtige mekanismer, der har relevans i forhold til undersøgelser af HMOernes virkninger på tarmmikrobiotaen, er mikrobe-mikrobe-vekselvirkninger (se faktaboks 2), såsom cross-feeding af glykaner. Derudover kan de kortkædede fedtsyrer og organiske syrer beskytte mod diarré og bidrage til et sundere tarmvæv (mikrobe-vært-vekselvirkninger). Syrerne kan også sænke pH i tarmen. En lav pH-værdi i tarmen beskytter mod infektion med sygdomsfremkaldende bakterier.

Resultaterne fra *in vitro* modelforsøgene kan medvirke til at forbedre sammensætning af modernælkserstatning, så de børn, der ikke får modernælk, også kan få gavn af oligosakkarider og dermed en sund udvikling af tarmens bakteriesammensætning og beskyttelse mod infektioner. Perspektiverne er, at vi en dag vil have kortlagt, hvordan vi nøjagtigt skal sammensætte modernælkserstatning for at lave målrettede ændringer i sammensætningen af tarmbakterierne.

Denne artikel beskriver data fra Louise M.A. Jakobsens ph.d.-projekt, som blev udført i samarbejde med Arla Foods Ingredients P/S.

E-mail:

Louise M. Arildsen Jakobsen:
loujak@food.au.dk

Referencer

1. Laursen M.F., Bahl M.I., Michaelsen K.F., Licht T.R. First Foods and Gut Microbes. Front microbio. Frontiers Media SA; 2017; 8.
2. Selma-Royo M., Tarráz M., García-Mantrana I., Gómez-Gallego C., Salminen S., Collado M.C. Shaping Microbiota During the First 1000 Days of Life. Springer; 2019.
3. Sela D.A., Mills D.A. Nursing our microbiota: molecular linkages between bifidobacterial and milk oligosaccharides. Trends Microbio. 2010;18(7):298-307.
4. Ten Bruggencate S.J.M., Bovee-Oudenhoven I.M.J., Feitsma A.L., van Hoven E., Schoterman M.H.C. Functional role and mechanisms of sialyllactose and other sialylated milk oligosaccharides. Nutr Rev. 2014;72(6):377-89.
5. Ninonuevo M.R., Park Y., Yin H., Zhang J., Ward R.E., Clowers B.H., et al. A strategy for annotating the human milk glycome. Journal of agricultural and food chemistry. ACS Publications; 2006;54(20):7471-80.
6. Wang M., Li M., Wu S., Lebrilla C.B., Chapkin R.S., Ivanov I., et al. Fecal microbiota composition of breast-fed infants is correlated with human milk

- oligosaccharides consumed. J Pediatr Gastroenterol Nutr. NIH Public Access; 2015;60(6):825-33.
7. Charbonneau M.R., O'Donnell D., Blanton L.V., Totten S.M., Davis J.C., Barratt M.J., et al. Sialylated milk oligosaccharides promote microbiota-dependent growth in models of infant undernutrition. Cell. Elsevier; 2016;164(5):859-71.
8. Harmsen H.J., Wildeboer-Veloo A.C., Raangs G.C., Wagendorp A.A., Klijn N., Bindels J.G., et al. Analysis of intestinal flora development in breast-fed and formula-fed infants by using molecular identification and detection methods. J Pediatr Gastroenterol Nutr. LWW; 2000;30(1):61-7.
9. Lim E.S., Wang D., Holtz L.R. The Bacterial Microbiome and Virome Milestones of Infant Development. Trends Microbiol. Elsevier; 2016;24(10):801-10.
10. Zeuner B., Meyer A.S. På vej mod bedre modernælkserstatning. Dansk Kemi. TechMedia A/S; 2018;99(2):14-7.
11. Tao N., DePeters E., Freeman S., German J., Grimm R., Lebrilla C.B. Bovine milk glycome. J Dairy Sci. Elsevier; 2008;91(10):3768-78.
12. Aldredge D.L., Geronimo M.R., Hua S., Nwosu C.C., Lebrilla C.B., Barile D. Annotation and structural elucidation of bovine milk oligosaccharides and determination of novel fucosylated structures. Glycobiology. Soc Glycobiology; 2013;23(6):664-76.
13. Robinson R.C. Structures and metabolic properties of bovine milk oligosaccharides and their potential in the development of novel therapeutics. Frontiers in nutrition. Frontiers; 2019;6:50.
14. Barile D., Tao N., Lebrilla C.B., Coisson J.-D., Arlorio M., German J.B. Permeate from cheese whey ultrafiltration is a source of milk oligosaccharides. Int Dairy J. Elsevier; 2009;19(9):524-30.
15. Jakobsen L.M., Sundekilde U.K., Andersen H.J., Nielsen D.S., Bertram H.C. Lactose and Bovine Milk Oligosaccharides Synergistically Stimulate *B. longum* subsp. *longum* Growth in a Simplified Model of the Infant Gut Microbiome. J Proteome Res. ACS Publications; 2019;18(8):3086-98.
16. Jakobsen L., Maldonado-Gómez M.X., Sundekilde U.K., Andersen H.J., Nielsen D.S., Bertram H.C. Metabolic Effects of Bovine Milk Oligosaccharides on Selected Commensals of the Infant Microbiome-Commensalism and Postbiotic Effects. Metabolites. Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2020;10(4):167.
17. Gibson G.R., Hutkins R.W., Sanders M.E., Prescott S.L., Reimer R.A., Salminen S.J., et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. 2017.
18. Turróni F., Duranti S., Milani C., Lugli G.A., van Sinderen D., Ventura M. Bifidobacterium bifidum: a key member of the early human gut microbiota. Microorganisms. Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2019;7(11):544.
19. Belenguer A., Duncan S.H., Calder A.G., Holtrop G., Louis P., Lobley G.E., et al. Two routes of metabolic cross-feeding between Bifidobacterium adolescentis and butyrate-producing anaerobes from the human gut. Appl Environ Microbiol. 2006;72(5):3593-9.



Luftakrobat og country manager, Henrik Lassen

Mød nogle af ventilationsbranchens mest erfarne luftakrobater.

AAF/Dinair er en af verdens førende producenter af luftfiltre. Koncernen har mere end 3.000 ansatte i 22 lande. Vi har 100 års erfaring og en vision om til stadighed, at være førende indenfor global forskning og produktion på området. Som nogle af de eneste i verden, udvikler vi f.eks. HEPA filtre i PTFE - alle testet og godkendt iht. EN 1822. Filtrene både reducerer tryktab og giver en energibesparelse på op til 50%. AAF/Dinair er desuden verdens eneste producent af PAO testede Membran filtre - godkendt til bl.a. pharma produktion, også med 50% reduktion af tryktab. Disse historier og mange andre, uddyber vi gerne ved lejlighed.

Kontakt en af vores erfarne Luftakrobater i AAF Danmark på tlf.: 70 26 01 66 eller [check aafeurope.dk](http://check.aafeurope.dk)



ACTRIS-DK

- et nyt dansk

forskningsinfrastruktur-konsortium

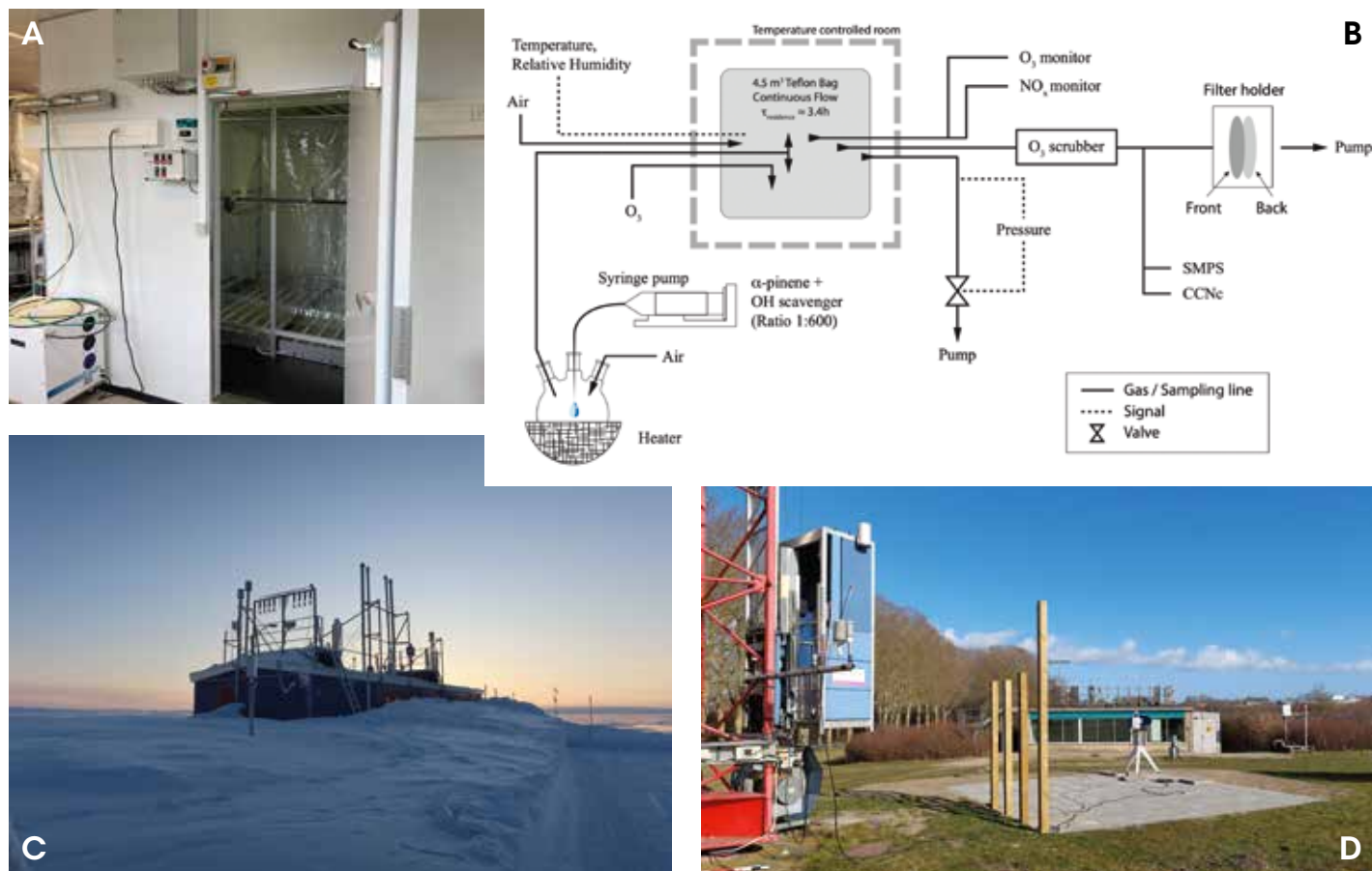
Danmark er netop blevet medlem af ACTRIS, der står for Forskningsinfrastruktur for Aerosol, sky- og sporgasser (*engelsk: The Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure*). Vi har udarbejdet en serie af artikler, der fortæller om de danske aktiviteter for udbygning af eksisterende, og opbygning af nye, forskningsinfrastrukturer. I denne første artikel fortælles om baggrunden for ACTRIS.

Af Henrik Skov, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

Klima, luftkvalitet og afledte helbredseffekter samt effekter på miljø er

vigtige temaer, som det er nødvendigt at følge udviklingen af [1]. Dette forudsætter en infrastruktur af målestationer og laboratoriefaciliteter udstyret med komplicerede måleinstrumenter samt

tilknytning af avancerede matematiske modeller. ACTRIS er den europæiske infrastruktur for observation af aerosoler, skyer og gasser og består af laboratoriefaciliteter, målestationer,



Figur 1. **A** viser Aura - det nye temperaturkontrollerede forsøgskammer. **B** viser ACEX, der er kombineret statisk- og flowreaktor. **C** viser luftobservatoriet på Villum Research Station, Station Nord og **D** viser luftobservatoriet ved Risø.



Figur 2. Medlemmer af ACTRIS-DK - fra venstre mod højre: Teis Mikkelsen, Merete Bilde, Ebba Dellwik, Andreas Massling, Karsten Fuglsang, Kristian Oluf Sylvester-Hvid, Lise-Lotte Sørensen, Matthew S. Johnson, Henrik Skov og Henrik Kjærgaard.

kalibreringscentre og datacentre i Europa. ACTRIS formidler infrastruktur og data af høj kvalitet inden for atmosfæriske videnskaber og luftkvalitet. ACTRIS kom på den europæiske forskningsinfrastruktur ESFRI i 2016, og forventes i efteråret 2022 at blive et Europæisk Forskningsinfrastrukturkonsortium (ERIC), hvor også rapportering af langtidsmålinger af kortlivede stoffer vil påbegyndes. ACTRIS er programmet, hvor nye forskningsudfordringer vil blive defineret i EU, hvor instrumenter og teknikker vil blive udviklet og testet, og hvor analysekvaliteten af målinger vil blive sikret og standardiseret. Ligeledes er ACTRIS det forum, hvor mange nye fælles EU-projekter initieres.

I øjeblikket er der 14 lande med i ACTRIS, og vi opnåede i 2021 støtte fra programmet Danish Roadmap for Research Infrastructure til at oprette et dansk infrastruktur konsortium ACTRIS-DK (www.projects.au.dk/actrisdk/; <https://ufm.dk/en/publications/2020/danish-roadmap-for-research-infrastructure-2020>), hvorved Danmark får glæde af de centrale aktiviteter og initiativer, der foregår på europæisk niveau, og samtidig midler til at opgradere eksisterende forskningsinfrastruktur og bygge nyt, hvor dette er påkrævet.

Formålet med ACTRIS-DK er at etablere topniveau forskningsinfrastrukturer i Danmark for at studere aerosoler, reaktive gasser og skyer. Vi

etablerer en kombination af udendørs observatorier og laboratorier for at kunne tilbyde en unik forskningsmulighed og for at kunne give det danske samfund en forskningsbaseret platform, så miljøpolitiske beslutninger vedrørende luftkvalitet og klima besluttet på det bedst mulige videnskabelige grundlag. Desuden skal infrastrukturen anvendes til uddannelse af nye generationer af atmosfæreforskere.

ACTRIS-DK er bredt funderet i Danmark og har partnere fra danske universiteter: Danmarks Tekniske Universitet - DTU (Institut for Vand og Miljøteknologi og Institut for Vindenergi), Københavns Universitet (Kemisk Institut), Aarhus Universitet (Kemisk Institut og Institut for Miljøvidenskab). Desuden er der en brugergruppe bestående af Teknologisk Institut, Force Technology og Det nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø.

ACTRIS-DK er åbent for nye medlemmer, dog uden at kunne få del i bevilningen til nye infrastrukturer, men som medlem af brugergruppen. Et centralt krav i ACTRIS og som vi finder meget vigtigt, er, at data skal følge FAIR-princippet (engelsk: Findable, Assessible, Intercomparable og Reuseable). Disse forhold skal sikre, at projektet får så stor udbredelse som muligt og at opnåede resultater fremover også vil kunne genanvendes. Vores resultater bliver således rapporteret til ACTRIS' databaser, for eksempel www.ebas.nilu.no/.

ACTRIS-DK består af fire videnskabelige platforme. To af dem er luftobservatorier og to er eksperimentelle laboratorier specielt designet til at studere specifikke atmosfæriske processer (figur 1).

Den ene platform er et allerede eksisterende luftobservatorium, der er lokaliseret på Villum Research Station i Nordøstgrønland, hvor der hovedsageligt vil ske en opgradering, så det følger ACTRIS' retningslinjer og protokoller. Den anden platform er et nyt observatorium og ligger på Risø (ved Roskilde). Desuden er der to laboratorier, hvor atmosfære, kemiske og fysiske processer kan studeres i detaljer. Det ene er placeret på Københavns Universitet og vil fokusere på processer i bymiljø samt test af nye instrumenter, og det andet er placeret på Aarhus Universitet med henblik på at studere partikeldannelse samt partiklers skæbne i den globale atmosfære under forskellige klimatiske forhold. Som noget helt særligt kan kammeret simulere atmosfæriske betingelser ved lave temperaturer som for eksempel findes et stykke oppe i troposfæren eller ved polerne.

Disse fire platforme vil blive beskrevet i kommende selvstændige artikler her i Dansk Kemi, hvor platformene vil blive præsenteret mere i detaljer og hvor eksempler på deres anvendelse vil blive givet.

Opstarten af ACTRIS-DK blev besværliggjort af nedlukningerne på grund af covid-19-epidemien, men i januar lykkedes det os at få arrangeret vores første ACTRIS-DK-workshop, hvor vi planlagde fremtidige aktiviteter (figur 2).

Tak/Acknowledgement

ACTRIS-DK er støttet med 16,7 millioner kroner fra UFM, www.ufm.dk/en/publications/2020/danish-roadmap-for-research-infrastructure-2020.

E-mail:

Henrik Skov: hsk@envs.au.dk
(www.villumresearchstation.dk - www.projects.au.dk/actrisdk/)

Reference

1. Kulmala, M., Build a global Earth observatory. *Nature* **2018**, 553 (7686), 21-23.

Noget om traner, storke og en fransk adelsdame

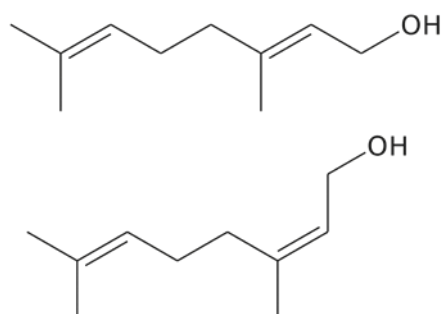
Det er tidligere beskrevet her i bladet [1], hvordan isomere molekyler kan lugte forskelligt. Der er tale om spejlbilled-isomere af limonen, hvor (*S*)-limonen har en duft af citron, mens (*R*)-limonen dufter af appelsin. Det kan derfor ikke komme som en overraskelse, at også isomeri omkring en dobbeltbinding kan påvirke, hvordan et stof lugter.

Struktur og duft

Geraniol, (2*E*)-3,7-dimethylocta-2,6-dien-1-ol, og nerol, (2*Z*)-3,7-dimethylocta-2,6-dien-1-ol, er strukturelt set tæt beslægtede monoterpenoider, som kun adskiller sig ved geometrien omkring den ene dobbeltbinding (figur 1). Er stereokemien ukendt, eller har man en blanding af de to, kaldes det for citrol. Geraniol beskrives som duftende af rose, blomster- og frugtagtig [2]. Nerol beskrives som citrus- og magnoliaduftende - altså også ovre i det blomster- og frugtagtige, men mere frisk end geraniol.

Geranial, (2*E*)-3,7-dimethylocta-2,6-dienal, og neral, (2*Z*)-3,7-dimethylocta-2,6-dienal, er de tilsvarende aldehyder. Analogt med citrol findes navnet citral, hvis stereokemien ikke er kendt, eller der er tale om en blanding af de to. Geranial kaldes også citral A og neral citral B. Der lader ikke til at være den store forskel i duften: Geranial beskrives som duftende citrusagtig og neral som citronskal. I det hele taget optræder de ofte sammen i naturen.

Geransyre, (2*E*)-3,7-dimethylocta-2,6-diensyre, har en "grøn" duft, mens neransyre (kaldes både nerolic acid



Figur 1. Geraniol (øverst) og nerol (nederst). Geraniol er *E*-formen, og nerol er *Z*-formen. For definition af *E* og *Z*, se www.goldbook.iupac.org/terms/view/E01882.



Figur 2. Frugtkapsler af kløftet storkenæb (*G. dissectum*) i forskellige stadier af modenhed. Når frugtkapslen visner, slynges frugterne ud på grund af den opbyggede spænding. Bemærk, at det lange "næb" ikke indeholder frugterne; næbbet tjener til at sprede frugterne (Didier Descouens, CC BY-SA 4.0).

og neranic acid på engelsk), (2*Z*)-3,7-dimethylocta-2,6-diensyre, ikke lader til at have nogen anvendelse inden for parfumeindustrien, i hvert fald er den ikke nævnt hos The Good Scents Company [2].

Lovgivning

Geraniol, men ikke nerol, er på listen over de 26 allergifremkaldende parfumestoffer, der skal deklareres i kosmetik. Begge stoffer er klassificeret som hudsensibiliserende, så om nerol ikke vurderes værende lige så farlig som geraniol, om man ikke har tilstrækkeligt

med data om nerol, eller om man har overset den, står hen i det uvisse. Citral er også på listen.

Geraniol, nerol, neral og citral, men ikke geranial, er på EU's liste over godkendte fødevareromaer. Da citral er på listen, er geranial det også indirekte som en citral med lavt/intet indhold af neral. Derudover er der flere estere af geraniol og nerol samt ethere af geraniol på listen. Geransyre, men ikke neransyre, er også på listen.

Etymologi og forekomst

Geraniol, geranial, geransyre osv. er

ikke trivialnavne, men semisystematisk eller semitrivialnavne, da de indeholder de systematiske endelser -ol, -al og -syre, som indikerer, at de er henholdsvis alkohol, aldehyd og carboxylsyre [3].

Navnet geran stammer fra planteslægten *Geranium* (og plantefamilien *Geraniaceae*) og er afledt af det græske ord for trane [4], idet frugtkapslen fra flere af arterne ligner en tranes næb (figur 2). Det engelske navn for planteslægten er da også cranesbill, mens det danske navn er storkenæb - begge fugle har et langt, smalt næb. Storkenæbfamilien indeholder 5-7 slægter, hvoraf en af dem på dansk hedder hejrenæb eller tranehals (*Erodium*). I Nordamerika kaldes den slægt for heron's bill, men på de britiske øer storksills - der er åbenbart ikke enighed om, hvilket fuglenæb de forskellige planteslægters frugtkapsler ligner mest.

Geraniol forekommer i mange planter, blandt andet rose, citrus og naturligvis geranium. Det er dog ikke fra geranium, man typisk udvinder geraniol, men fra arter af citrongræs; den æteriske olie kaldes palmarosaolie eller citronella-

olie og indeholder typisk mere end 80 procent geraniol (i form af geraniol og geranylacetat) [5,6].

Navnet nerol stammer fra neroliolie, som er den æteriske olie udvundet af blomsten fra bitter appelsin (*Citrus aurantium*). Navnet neroli stammer fra Marie Anne de La Trémouille, en fransk adelsdame, som gennem ægteskab med en italiensk adelsmand blev hertuginde af Bracciano og Nerola [4], en by nær Rom. Hun brugte olien til at parfumere handsker og bad. Man kunne derfor tro, at endelsen -ol i nerol kun tilfældigvis indikerer en alkohol, men i virkeligheden stammer fra neroli, og at nerol derfor er et trivialnavn. Sammenligner man med neral, giver det dog god mening at betragte -ol som indikerende en alkohol.

Nerol blev første gang isoleret fra neroliolie. Neroliolie er dog ikke en rig kilde til nerol - indholdet ligger på 1% [7,8], og neroliolie er desuden meget dyr, da der skal mange håndplukkede blomster til. I dag fremstilles både geraniol og nerol (semi)syntetisk.

Alan Mortensen, Nomenklaturudvalget

Referencer

1. T. Damhus, Spejlbilleder i organisk kemi - og Nobelprisen. *Dansk Kemi* **102** (6), side 22-23 (2021).
2. www.thegoodscentscompany.com.
3. IUPACs definition på et trivialnavn er "a name no part of which has a systematic meaning".
4. A. Senning, *The Etymology of Chemical Names - Tradition and Convenience vs. Rationality in Chemical Nomenclature* [de Gruyter 2019].
5. A.C. Jnanesha, K. Ashish, K.S. Manoj, S. Nagaraj, Variation in the Essential Oil Yield and Chemical Composition of Palmarosa Biomass *Cymbopogon martinii* (Roxb.) wats. var. *Motia* Burk) Under Different Location in Semi Arid Tropic Regions of India. *Ind. J. Pure App. Biosci.* **7** (6), 107-113 (2019).
6. B.R. Rajeswara Rao, D.K. Rajput, R.P. Patel, S. Purnanand, Essential Oil Yield and Chemical Composition Changes during Leaf Ontogeny of Palmarosa (*Cymbopogon martinii* var. *Motia*). *Nat. Prod. Commun.* **5** (12), 1947-1950 (2010).
7. E. Sarrou, P. Chatzopoulou, K. Dimassi-Therious, I. Therios, Volatile Constituents and Antioxidant Activity of Peel, Flowers and Leaf Oils of *Citrus aurantium* L. Growing in Greece. *Molecules* **18**, 10639-10647 (2013).
8. I. Bonaccorsia, D. Sciarone, L. Schipillita, A. Trozzi, H. A. Fakhry, G. Dugo, Composition of Egyptian neroli oil. *Natural Product Communications* **6** (7), 1009-1014 (2011).

COPENHAGEN

7-8 September

LabDays 2022

- international trade fair for laboratory technology

FREE TO ATTEND

- Trade fair
- Seminars
- Networking
- Annual meeting

Central in Copenhagen

labdays.dk

Nu skal der brygges insektferomoner til bæredygtig afgrødebeskyttelse

Kærlighed mellem insekter kan bruges til at bekæmpe dem.

Af Karolis Petkevicius, industriel ph.d.-studerende, the Novo Nordisk Foundation Center for Biosustainability, DTU, BioPhero ApS

Skader på afgrøder forårsaget af skadedyr er et stort problem i landbruget. I øjeblikket er de mest populære løsninger baseret på brugen af kemiske insekticider eller genetisk modificerede planter, som er modstandsdygtige over for skadedyr. I de senere år er opmærksomheden dog øget omkring disse strategiers ulemper. Skadedyr udvikler resistens over for insekticider og genetisk modificerede afgrøder, hvilket gør metoderne mindre effektive over tid. Derudover mangler insekticider specificitet, hvilket betyder, at de kan have toksiske virkninger på mennesker og gavnlige insekter såsom bier.

Da konventionelle strategier forårsager en række problemer, er der brug for alternativer. Feromoner, som naturligt produceres af forskellige insektarter, re-

præsenterer et sundheds- og miljøvenligt alternativ. Feromoner er attraktive, fordi de er biologisk nedbrydelige, artsspecifikke forbindelser, som hverken skader gavnlige arter eller mennesker. Feromoner gør det muligt at dyrke afgrøder på en mere uskadelig og bæredygtig måde.

Mere end 60 års kemisk defektivarbejde ligger bag feromoner

Feromoner spiller en fundamental rolle i insektkommunikation. Disse metabolitter frigives af hunner for at tiltrække beslægtede hanner til reproduktion. Hannerne kan fornemme signalet og finde frem til hunnen for at parre sig. Det smukke ved dette kommunikationssystem ligger i dets specificitet. Evolutionen har gjort insekter i stand til at udsende og skelne artsspecifikke signaler. Denne "præcisionskemi" muliggør kommunikation mellem modsatte køn af samme insektart og sikrer selektivitet [1].

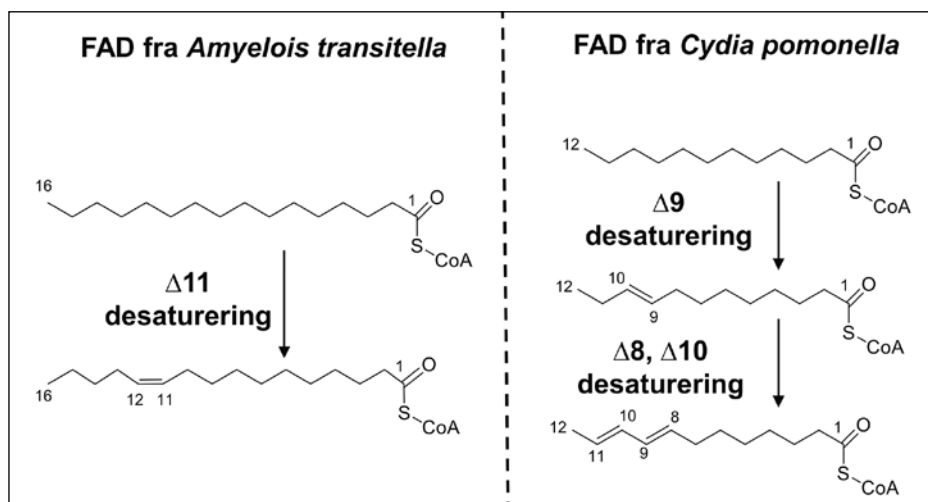
Reproduktionssystemer baseret på feromonsignaler har fungeret som inspiration for avancerede skadedyrsbekæmpelsesstrategier. En af de mest effektive løsninger kaldes parringsforstyrrelse - en proces, hvor insekternes sexferomoner frigives i marken for at forvirre hannerne og forhindre dem i at finde hunner. Som følge heraf lægges der ingen æg, der udvikler sig til larver, som er hovedbidragsydere til afgrødeskader.

Det første kemisk karakteriserede insekt-sexferomon kommer fra silkesorm *Bombyx mori* og kaldes bombykol ((10E,12Z)-Hexadeca-10,12-dien-1-ol). Siden opdagelsen af bombykol i 1959 er der blevet udført feromonkirtelanalyse af mange møl af økonomisk betydning i landbruget. Eksempler omfatter hærklarve (*Spodoptera frugiperda*), bomuldsorm (*Helicoverpa armigera*) og kålmøl (*Plutella xylostella*). Udredningen involverer udsækning af feromonkirtlen fra spidsen af bagkroppen efterfulgt af ekstraktion af metabolitter med organiske opløsningsmidler. Ekstrakterne analyseres ved gaskromatografi-massespektrometri for at bestemme strukturen af feromonerne.

Analyse af feromonkirtler fra forskellige insekter har identificeret visse fælles strukturelle træk ved disse metabolitter. De fleste møl-sexferomoner er alifatiske alkoholer, aldehyder eller acetater med kæder på 10-18 kulstofatomer og en til tre dobbeltbindinger [1]. Ved at kombinere forskellige kædelængder, funktionelle grupper samt antal og position af dobbeltbindinger skabes der mulighed for en bred vifte af feromonstrukturer.

Biotechnologi revolutionerer produktionen af feromoner

Kortlægningen af feromonstrukturer har givet indsigt i, hvordan disse



Figur 1. Skematisk repræsentation af enzymatiske reaktioner katalyseret af to forskellige FAD'er.



Figur 2. Bioreaktor hos BioPhero til gærfermentering.

forbindelser biosyntetiseres i insekter, og kontinuerlige fremskridt inden for DNA-sekventeringsteknologi har gjort det muligt at identificere gen-kandidater og enzymer, som er ansvarlige for feromonproduktion.

Indtil videre er der størst viden om fedt-acyl-CoA-desaturaser (FAD'er) og fedt-acyl-CoA-reduktaser (FAR'er). Begge typer enzymer virker på fedtsyrer esterificeret med coenzym A (substrater). FAD'er introducerer en dobbeltbinding i kulbrintekæden, mens FAR'er omdanner fedt-acyl-CoA'ere til tilsvarende alkoholer [2]. Bortset fra desaturations og reduktion foreslås andre reaktioner såsom fedtsyrekædeforkortning, alkoholoxidering og acetylering at være involveret i feromonbiosyntese, men enzymerne, der udfører disse opgaver, kræver stadig mere udforskning.

Afhængigt af kildeorganismen er FAD'er og FAR'er kendt for at have forskellige substratspecificiteter. For eksempel virker en FAD kaldet Atrd11 fra navleappelsinorm (*Amyelois transitella*) udelukkende på palmitoyl-CoA (C16 fedtsyre) og introducerer en dobbeltbinding i position 11, mens en anden FAD fra æblevikler (*Cydia pomonella*) virker på lauroyl-CoA (C12 fedtsyre) og introducerer to dobbeltbindinger ved position 8 og 10 [3,4] (figur 1). På samme måde kan FAR'er have forskellige præferencer over for fedtsyrer af forskellig længde. Denne selektivitet gør det muligt for insekter at biosyntetisere deres feromoner med et meget højt niveau af præcision.

Gær kan bruges til at brygge feromoner

Den hurtige udvikling inden for syntetisk biologi har gjort det muligt at udnytte mikroorganismer til biobaseret produktion af relevante produkter. For eksempel kan genetiske elementer fra insekter indsættes i gær for derved

at kunne producere insektferomoner (figur 2). Denne bioteknologiske tilgang benyttes af den danske virksomhed BioPhero, som har til formål at levere miljøvenlige løsninger til skadedyrsbekæmpelse. Virksomheden kan nærmest siges at brygge feromoner i stedet for øl, på samme måde som Novo Nordisk producerer insulin.

Sammenlignet med traditionel kemisk syntese har bioteknologisk gærbaseret produktion flere vigtige fordele. For det første bruges billige, genanvendte råvarer såsom sukkerarter eller glycerol i stedet for dyre, fossil-afledte kemikalier. For det andet involverer den bioteknologiske produktion typisk en enkelttrins biokonvertering med levende celler som eneste katalysator. I nogle tilfælde viderebehandles fermenteringsprodukterne yderligere via et eller to kemiske trin. I modsætning hertil involverer kemisk syntese af insektferomoner typisk flere trin, som er afhængige af kemiske katalysatorer. Da bioteknologisk produktion desuden anvender biosyntetiske insektzymer, er det muligt at opnå en produktprofil, der svarer til den, der naturligt produceres i feromonkirtler fra specifikke insekter.

For at opnå et højt udbytte ved bioproduktion af insektferomoner skal ikke kun korrekte genetiske elementer fra insekter benyttes. Den naturlige gærmetabolisme skal også justeres. Et højt udbytte kan opnås ved at eliminere metaboliske processer, som nedbryder målprodukter, eller ved at øge metabolitstrømmen mod forbindelser, der tjener som substrater for feromonproducerende enzymer. Kombination af aktive og meget selektive insektzymer sammen med korrekt afstemt gærmetabolisme kan give en effektiv, bæredygtig og omkostningseffektiv biofremstillingsproces [3].



Figur 3. BioPheros feromoner kan bekæmpe nogle af de værste skadedyr i nogle af verdens vigtigste afgrøder såsom majs og ris.

Perspektiver for gærfermentering i fremtiden

Øget resistens over for genetisk modificerede afgrøder og insekticider med yderligere negativ indvirkning på miljøet er stærkt motiverende for at udvikle alternative tilgange til skadedyrsbekæmpelse. Gær kan som beskrevet udgøre platformen for bæredygtig og kommercielt anvendelig produktion af insektferomoner. En sådan platform er i princippet uendelig skalerbar i forhold til produktion af nye typer af feromoner.

Indtil videre er gærfermentering blevet brugt til at fremstille feromoner til skadedyrsbekæmpelse i markafgrøder såsom ris, bomuld og majs [3,5] (figur 3). Det er en stor bedrift, idet insektferomoner fremstillet ved kemisk syntese er for bekostelige at bruge i stordriftsafhængige markafgrøder. Men der er også behov for at etablere bioteknologisk produktion af feromoner til beskyttelse af højtverdi afgrøder såsom vin og forskellige frugter for at efterkomme forbrugernes ønske om en reduktion af pesticidrester i frugt og grønt.

I fremtiden vil den beskrevne biobaserede teknologi drage stor fordel af grundforskning, der sigter mod at afsløre andre egnede gen-kandidater fra insekter, og forsøg på at strømline den naturlige gærmetabolisme.

Dette arbejde har modtaget støtte fra Innovationsfonden [8053-00179B] samt fra EU's støtteprogram for forskning og innovation - Horizon 2020 [760798, 886662].

E-mail:

Karolis Petkevicius: karolis@biophero.com

Referencer

1. Ando T., Inomata S., Yamamoto M.: Lepidopteran sex pheromones. In *The Chemistry of Pheromones and Other Semiochemicals I*. Edited by Schulz S. Berlin, Heidelberg: Springer; 2004; 51-96.
2. Tupec M., Bucek A., Valterová I., Pichová I.: Biotechnological potential of insect fatty acid-modifying enzymes. *Zeitschrift für Naturforschung - Sect C J Biosci* 2017, 72:387-403.
3. Holkenbrink C., Ding B.J., Wang H.L., Borodina I., et al.: Production of moth sex pheromones for pest control by yeast fermentation. *Metabolic Engineering* 2020 Nov;62:312-321.
4. Lassance J.M., Ding B.J., Löfstedt C.: Evolution of the codling moth pheromone via an ancient gene duplication. *BMC Biology* 2021, 19, 83.
5. Petkevicius K., Koutsoumpeli E., Betsi P.C., Borodina I., et al.: Biotechnological production of the European corn borer sex pheromone in the yeast *Yarrowia lipolytica*. *Biotechnology Journal*. 2021 Jun;16(6):e2100004

Revision af EU's kemikalie- og produktforordninger skal sikre den bæredygtige omstilling

EU's grønne pagt har en ambition om et "giftfrit" miljø og kræver revision af EU's kemikalielovgivninger, så de bedre understøtter bæredygtighed og cirkulære produkter. Centralt er revisionen af REACH-forordningen, som nu er i høring sammen med en lang række centrale produktlovgivninger, baseret på kemikalier.



Foto: Unsplash.com.

Af Peter Waksman, cand.scient., miljøkemi, Alttox A/S

Kemikalier er allestedsværende i vores dagligdag og spiller en fundamental rolle som byggesten i teknologier, materialer og produkter. Men fareklassificerede kemiske stoffer kan også forårsage skade på mennesket og miljøet.

Derfor vedtog EU-Kommissionen den 14. oktober 2020 en kemikaliestrategi for bæredygtighed hen mod et giftfrit miljø. Strategien er det første skridt mod nul-emissionsmålet for et forureningsfrit miljø, som blev annonceret i den europæiske grønne pagt den 11. december 2019 med henblik på at opbygge en ny langsigtet vision for EU's kemikaliepolitik.

Den europæiske grønne pagt findes beskrevet på Europa-Kommissionens hjemmeside: www.ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_da.

Strategien har til formål at fremme innovative løsninger til sikre og bæredygtige kemikalier og øger beskyttelsen af mennesker og miljø mod farlige

kemikalier. Den har også til formål at sikre, at alle anvendte kemikalier bliver mere sikre og mere bæredygtige. Kort sagt: Kemikaliers miljømæssige fodaftryk bør minimeres gennem hele deres livscyklus. Derfor indeholder strategien konkrete tiltag til dette formål. Det giver også mulighed for forskellige innovations- og investeringsforanstaltninger for at støtte den kemiske industri i dens gennemførelse.

Strategien og dens handlingsplan indeholder et omfattende sæt af politiske tiltag. Nøgleelementer for den kemiske industri/sekter er blandt andet:

- At forbyde de mest skadelige kemikalier i forbrugerprodukter og kun tillade deres anvendelse, hvor det er "nødvendigt for samfundet", herunder at undgå brugen af hormonforstyrrende stoffer og kemikalier, der påvirker immunsystemet og åndedrætssystemet.
- Medtagelse af polymerer i REACH-registreringen samt information om stoffer, der markedsføres på det laveste tonnageniveau under REACH-forordningen samt informationskrav om brug og eksponering.
- Overveje effekten af kemiske blandinger (cocktaileffekt) ved vurdering af risici fra kemikalier, hvilket vil påvirke mange nedstrømsbrugere (DU), såsom producenter af kemiske blandinger, herunder malinger, lime, rengøringsmidler m.fl. - i praksis gøres dette ved indførelse af en blandingsvurderingsfaktor - også kendt som Mixture Assessment Factor (MAF) som en del af risikovurderingen (CSA).
- Udfasning af brugen af de såkaldte "forever chemicals" per- og polyfluoralkylstoffer (PFAS), som har været til debat i mange år i EU, medmindre deres anvendelse er "essentiell for samfundet".

- Etablering af en enklere "et stof - en vurdering"-proces til risiko- og farevurdering af kemikalier. Det har til formål at koordinere vurderingen af kemikalier på tværs af lovgivning, sektorer og myndigheder (første stofgruppe, hvor dette initiativ er igangsat, er phthalater).
- Europa-Kommissionens forpligtelse til at sikre finansiel støtte til kommercialisering og optagelse af sikre og bæredygtige kemikalier via EU-finansierings- og investeringsinstrumenter (såvel som offentlig-private partnerskaber).
- At støtte den europæiske kemiske industri i dens overgang til produktion af stoffer fremstillet efter princippet om "sikker-og-bæredygtig-by-design". "Sikker-og-bæredygtig-by-design" betyder at undgå skadelige kemikalier i stoffers, materialers og processers livscyklus. Støtten skal ydes gennem finansiering, investeringer og markedsføringsstøtte.

For at nå disse mål er der, udover den planlagte tilpasning af REACH- og CLP-forordningerne, også nødvendige ændringer i den anden relevant EU-lovgivning (legetøjssikkerhedsdirektivet, produktsikkerhedsdirektivet (GPSD), fødevarekontaktmaterialeforordningen, detergentforordningen, RoHS-direktivet og kosmetikforordningen). Senest er kosmetikforordningen sendt i høring. Læs mere på Miljøstyrelses hjemmeside: www.mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2022/mar/kosmetiklovgivning-i-hoering/.

Forventet tidslinje

I strategien præsenteredes også en handlingsplan, som beskriver de påtænkte næste skridt og deres vejledende timing. Herefter sigter Kommissionen mod at indføre alle de juridiske tiltag inden for

en tidsramme mellem 2021 og 2024. Vi forventer dog, at det vil tage resten af årtiet at implementere de nye EU-regler på nationalt plan. Næste skridt vil være Europa-Kommissionens etablering af et rundbordsmøde på højt niveau med repræsentanter fra industrien, videnskaben og civilsamfundet for at realisere strategiens mål i dialog med de berørte interessenter. Fokus skal være på, hvordan kemikalielovgivningen kan gøres mere effektiv, og hvordan man kan sætte skub i udviklingen og optagelsen af innovative sikre og bæredygtige kemikalier.

Hvordan påvirkes virksomheder?

Selve strategien indeholder tiltag og incitamenter til at fremme industriel innovation og produktion - især med hensyn til introduktion af nye kemikalier og generelt grønnere produktionsprocesser i kemivirksomheder. Ydermere betyder stærkere regulering også øgede omkostninger for de berørte virksomheder for at overholde det nye regelsæt.

Industrien forventes dog også at blive mere dynamisk, da nye virksomheder formentlig vil dukke op for at fremme bæredygtig kemisk produktion - især med hensyn til den påtænkte EU-finansiering.

Vi anbefaler derfor, at man nøje følger de planlagte forbud mod særlige stoffer og stofgrupper og aktivt følger den kommende lovgivningsproces for at være opdateret og tidligt kunne træffe de fornødne forretningsbeslutninger.

På vores årlige temadag i juni vil vi følge udviklingen i kemikalielovgivningerne, herunder specielt REACH og CLP, men også de tidligere nævnte produktlovgivninger samt andre relevante aspekter, hvor kemikalier benyttes.

E-mail:

Peter Waksman: pw@alttox.dk



DRIFTON
THE SCIENCE OF DISPENSING

HAR DU BRUG FOR PRÆCIS DOSERING?

HOS OS FINDER DU ET STORT UDVALG AF PUMPER OG LABORATORIEUDSTYR TIL ATTRAKTIVE PRISER

Kontakt os hvis du har spørgsmål eller brug for hjælp til at finde den rette løsning.

info@drifton.dk
Telefon 3679 0000

Se hele udvalget på webshoppen www.drifton.dk



Nu breder Hylden ...

Nu breder Hylden de svale Hænder mod Sommermånen, skrev Johannes V. Jensen. Vi forbinder hylde med sommer og lyse nætter, når vi forfrisker os med kølige drikke trukket på hyldeblomster. Og vi tænker tilbage på sommer, når den varme hyldebærsuppe i vinterens mørke er rig på nødvendige vitaminer og gode polyfenoler. Hylds blomster og bær skal dog tilberedes og anvendes med omtanke.

Af Leif Skibsted, Institut for Fødevarevidenskab, Københavns Universitet

Almindelig hylde, *Sambucus nigra*, hører til gedebladfamilien og vokser udbredt i Europa og Nordamerika, og frugt og blomster har lang tradition for anvendelse i husholdningen, som naturmedicin og i stigende grad af fødevareindustrien. Blomsterne er rige på smags- og aromastoffer og finder også anvendelse som husråd og i traditionelle lægemidler mod forkølelse, influenza og febertilstand mere generelt [1]. Bærrene er rige på askorbinsyre og de farvede antocyaniner ligner antocyaninerne, vi finder i blåbær og som er gode antioxidanter. Udover almindelig hylde vokser også druehylde og sommerhylde i den danske natur, dog mindre hyppigt. Disse to *Sambucus*-arter bør dog aldrig anvendes i husholdningen på grund af deres giftige indholdsstoffer.

Indholdsstoffer i hylde

En række sekundære indholdsstoffer er karakteristiske for hylde. Antocyaniner, tanniner og lektiner gør plantedelene ufordøjelige for insekter, og cyanogene glykosider er giftige for mange insekter og dyr. Disse stoffer beskytter hylde, og modne hyldebær bliver da også hængende længe uspiste på busken. Cyanogene glykosider udvikler hydrogencyanid, når plantecellerne beskadiges og hydrolytiske enzymer får adgang til disse substrater. De cyanogene glykosider findes i bark, blade og bær. Lektiner, som i fødevarer sammenhæng især kendes fra bønner, beskytter også planten, idet disse proteiner ved kontakt med specifikke sukkerarter får vigtige strukturer til at klæbe sammen. Sådant agglutinerende er også en del af plantens beskyttelse mod at blive spist. Lektiner findes i alle plantedele hos hylde.

Lektiner i hylde har haft mindre opmærksomhed end de cyanogene glykosider i forbindelse med hylde anvendelse i husholdningen. I standardværket Giftige Planter fra 2014 skriver Per Mølgaard dog, at "Nye undersøgelser viser, at hyldebær indeholder lektiner af samme type som dem i bønner" [2].

De cyanogene glykosider danner cyanid, der er giftigt, fordi cyanid binder sig til metalcentre i åndingskæden og forårsager molekylær kvælning. Symptomerne er blå læber, og et barn på 17 kilo skal ifølge Per Mølgaard spise 200 gram hyldebær for at risikere livet. Lektiner virker anderledes med symptomer fra mave og tarm, der også kan blive alvorlige.

Hyldebær

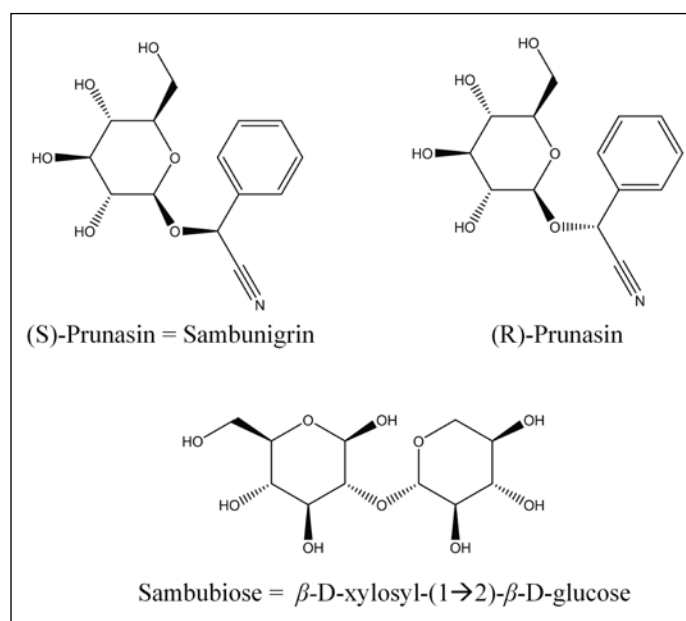
Hyldebær er fristende på efterårets vandreture, men spis aldrig de modne hyldebær ukogte og da slet ikke de grønne

umodne. Umodne, rå hyldebær har i flere sammenhænge været anvendt som nordiske kapers og i smoothies med forgiftning til følge. Det er både de cyanogene glykosider og lektiner, der giver forgiftning. Umodne hyldebær og blade, stængler og bark fra hylde bør aldrig anvendes i madlavningen. Modne hyldebær bør altid koges, før de bliver til saft eller suppe, og kogning i 20 minutter fjerner blåsyre og cyanid ved fordampning og uskadeliggør lektinerne. Hyldebærs blå farvestoffer er antocyaniner, hvor sukkerdelen ofte er sambubiose opkaldt efter hylde.

Hyldeblomster

Hyldeblomster er botanisk set en halvskærm og bliver delikate som tilbehør eller snack ved friturestegning efter dypning i en beignetdej eller en pandekagedej. Ifølge en nyere rumænsk undersøgelse indeholder ekstrakt af hyldeblomster op mod 60 forskellige letflygtige stoffer [3]. Af særlig betydning for hyldeblomstens duft pegede en sensorisk bedømmelse på stoffer også kendt fra jasminblomster og rosenolie. Disse stoffer fanges i dejen og frigives igen i munden.

En populær drik fremstilles ved udtrækning af hyldeblomster med varmt vand med tilsat citronsyre eller citronsaft og sukker.



Figur 1. Kemisk struktur for (S)-Prunasin (Sambunigrin), (R)-Prunasin og β-D-xylosyl-(1→2)-β-D-glucose (Sambubiose).

Udtrækningen skal ikke vare for længe og helst ved lav temperatur i køleskab eller kælder for at bevare de letflygtige stoffer i hyldeblomstdrikken og undgå deres fordampning.

Giftstoffer i hylde

Det vigtigste cyanogene glykosid i hyldebær er sambunigrin, der er epimer til prunasin (figur 1), der kendes fra kirsebærsten. Lektinerne er mindre kendt, men i en helt ny dansk oversigt over lektiner i vores fødevarer beskrives sukkerspecificiteten hos lektin fra hyldebær som Gal/GalNAc, hvor Gal er galaktose og GalNAc er N-acetylgalaktosamin [4]. En undersøgelse fra 1997 beskriver også lektiner i blomsterstanden fra hylde som galaktose-specifik [5]. Dette protein kan som andre lektiner vekselvirke med cellemembraner.

Blomsterstanden fra hylde kræver særlig opmærksomhed, da hele blomsterstanden med hyldeblomster efter fremstilling af hyldeblomstdrik tilsyneladende ofte anvendes til fremstilling af dessertis uden varmebehandling eller som marmelade med eller uden tilsætning af ekstra sukker.

Der er ikke cyanogene glykosider i blomsterne. Det synes derimod usikkert, om lektinerne fra hyldeblomster, som næppe er udtrukket til hyldeblomstdrikken, men forbliver i kvaset, der jo ikke er varmebehandlet effektivt ved fremstilling af drikken, udgør et problem for anvendelse af hyldekvaset. Set i lyset af den stigende bekymring omkring lektiner i kosten burde det undersøges mere detaljeret.

E-mail:

Leif Skibsted: ls@food.ku.dk

Litteratur

1. Ulbricht, C. et al. (2014): An evidence-based systematic review of Elderberry and Elderflower (*Sambucus nigra*) by the natural standard research collection. Journal of Dietary Supplements, 11 (1), p. 80-120.
2. Mølgaard P. (2014): Giftige Planter i naturen, i haven, i køkkenet og på marken. Koustrup & Co.
3. Iancu, M.L. (1997) Comparative analysis of the aromatic, sensory profile of the elder flower (*Sambucus nigra*) compote, an innovative product, with beverages of "Elder flower juice" type. Scientific Study & Research, 257-267.
4. Adamcová, A., Laursen, K.H. and Ballin, N.Z. (2021): Lectin activity in commonly consumed plant-based foods: Calling for method harmonization and risk assessment. Foods, 10, 2796.
5. Lukash, L.L. et al. (1997): Action of lectin from *Sambucus nigra* inflorescences on spontaneous mutagenesis and mutagenesis induced by an alkylating agent in somatic mammalian cells. Cytology and Genetics 31 (5), p. 52-60.

Feromoner er allerede i marken

Af Camilla Hebo Buus,
PR & communications manager,
BioPhero ApS

Selvom feromoner længe er blevet set som del af fremtidens bæredygtige skadedyrbekæmpelse, er de blevet holdt tilbage af to udfordringer - pris og udbringningsmetoder. Med løsninger undervejs, har feromoner bevæget sig fra laboratoriet og ud i marken.

Insekter udsender feromoner for at tiltrække en mage, hvilket farmere kan forpurre ved at sprede de samme feromoner i marken, så insekterne ikke kan finde hinanden (parringsforstyrrelse). Siden 1990'erne er markedet for parringsforstyrrelse vokset nærmest eksponentielt. Det estimeres, at parringsforstyrrelse bliver brugt på mere end 800.000 hektar [1], dog primært i afgrøder af høj værdi såsom vin og frugt. Begrænsningen skyldes, at feromoner hidtil er blevet fremstillet ved kemisk syntese; en relativ kompleks og bekostelig proces. At feromoner nu kan produceres i store mængder ved industriel gærfermentering, gør det muligt at bruge dem i markafgrøder, som er afhængige af skalaøkonomi.

I øjeblikket udføres der forsøg i markafgrøder flere steder i verden. Mange af disse forsøg udføres i regi af det EU-støttede PHERA-projekt, hvis medlemmer tæller BioPhero, det danske firma, der står bag gærfermentering af feromoner, samt flere firmaer specialiseret i brug af biologiske metoder til kontrol af skadedyr. PHERA-projektet udfører markforsøg for at teste parringsforstyrrelse til kontrol af hærklaver i majs i Brasilien, kriger træk-ugle i bomuld i Grækenland og tomater i Frankrig samt to forskellige risborere i Spanien og Bangladesh [2]. Resultaterne viser effektiv kontrol ved parringsforstyrrelse - men også begrænsninger.

Hvor insekticider udgør en bekvem, men miljømæssig problematisk dræb-alt-hvad-der-rører-sig løsning, kan feromoner ikke stå alene. At parringsforstyrrelse virker på én art ad gangen, er godt for biodiversiteten, men når der nu engang er flere slags skadedyr i en afgrøde, skal der tænkes i flerstrengede løsninger som for eksempel integreret plantebeskyttelse, der kombinerer forebyggelse,



Hærklaver i majs er et af de skadedyr, som BioPheros feromoner kan kontrollere.

tilsyn og bekæmpelse. Desuden virker parringsforstyrrelse bedst, når skadedyrspopulationen er blevet nedbragt til et håndterbart niveau. Således skal feromoner nogle gange suppleres med pesticider i de første år, og der kan være udfordringer med migration fra omkringliggende marker af befrugtede insekthunner.

I dag er der kommercielle produkter registreret til overvågning, fældefangst og parringsforstyrrelse af omkring 150 forskellige insektarter [3]. Fælder eller dispensere kan placeres ved håndkraft, men i takt med at feromoner udbredes til markafgrøder, er der behov for automatiserede løsninger tilpasset sprøjtemaskiner eller droner. Disse løsninger skal også optimeres til at frigive de flygtige feromoner igennem en hel vækstsæson. Der arbejdes derfor på at udvikle mikroindkapslede feromoner i biologisk nedbrydelige og viskøse polymer-matrix-materialer.

E-mail:

Camilla Hebo Buus:
camilla@biophero.com

Referencer

1. Benelli, G.; Lucchi, A.; Thomson, D.; Ioriatti, C. Sex Pheromone Aerosol Devices for Mating Disruption: Challenges for a Brighter Future. Insects 2019, 10, 308. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6835568/>.
2. PHERA Newsletter March 2022. <https://biophero.com/wp-content/uploads/2022/03/Newsletter-March-2022.pdf>.
3. The Pherobase: Database of Pheromones and Semiochemicals (<https://www.pherobase.com/database/compound/compounds-index.php>).

Nyt lærebogssystem til gymnasieskolens kemiundervisning

Anmeldt af Keld Nielsen,
Køge Gymnasium

Lone Als Egebo, I gang med kemi
(Nucleus Forlag ApS, 1. oplag, 1. udgave, 2020)
Lone Als Egebo og Hanne Wolff, Videre med kemi
(Nucleus Forlag ApS, 1. oplag, 1. udgave, 2021)

Kemifaget i gymnasieskolen er forvænt med en del forskellige lærebogssystemer, der har forskellige tilgange til undervisning. I dag findes omkring fem forskellige systemer til kemiundervisningen i stx og htx, og flere af disse har en længere historie bag sig, blandt andet med tilpasninger til diverse gymnasireformer. Det er derfor spændende at sidde med et nyt lærebogssystem til kemi med et nyt forfatterteam.

Det nye lærebogssystem består af to bøger "I gang med kemi" og "Videre med kemi", hvoraf "I gang med kemi" er skrevet af Lone Als Egebo alene, mens den anden bog er skrevet sammen med Hanne Wolff. Selvom forfatterteamet er nyt i regi af kemilærebøger, så er der tale om både erfarne gymnasielærere og lærebogsforfattere (Lone Als Egebo har skrevet biologilærebøger for forlaget Nucleus, og sammen har de blandt andet været med til at skrive Nucleus' lærebogssystem til gymnasiefaget Bioteknologi A - stx). "I gang med kemi" er primært rettet mod kemi C og "Videre med kemi" til løftet fra C- til B-niveau. Samlet set skal de to bøger dække gymnasieskolens kemi B-niveau tilpasset den seneste gymnasireform fra 2017.

Opbygning og struktur

Det er tydeligt igennem begge bøger, at der er lagt en klar linje for, hvordan det faglige stof skal præsenteres, hvilket også fremgår af bøgernes forord. De enkelte kapitler behandler et bestemt fagligt område, som typisk er knyttet til kemifagets kernestof med elementer af supplerende stof iblandet. Den systematiske fremstilling af det faglige stof suppleres med temaer - ofte flere i de enkelte kapitler. I temaerne behandles forskellige aspekter af et kemifagligt område, hvor især anvendelser i en biologisk sammenhæng er i fokus. Andre aspekter inddrages dog også som for eksempel ved behandling af fremstilling og anvendelse af bioethanol og andre biobaserede materialer, som knyttes til klimadebatten. Ved at holde temaerne adskilt fra den mere systematiske gennemgang af det kemifaglige stof, får læreren mulighed for selv at til- eller fravælge de beskrevne temaer i undervisningen.

Ud over tekstens beskrivelse af det kemifaglige indhold, omfatter teksten også et mindre antal opgaver tæt knyttet til det

behandlede stof, samt faktabokse med opsummering af centrale begreber, rigt figur- og billedmateriale, de omtalte temaer og en afsluttende opsummering af et kapitals vigtigste faglige indhold ("hvad skal jeg kunne"), og materialer, der kan hentes på nettet. Den samlede præsentation af det faglige stof er ikke nyskabende i forhold til andre kemibogssystemer til gymnasieskolen, men den giver den enkelte lærer mulighed for at lave en sammenhængende undervisning med primært udgangspunkt fra de to bøger.

Det faglige indhold

Fagligt præsenteres de klassiske kemiområder som også kendes fra andre lærebøger: På C-niveau for eksempel atomets opbygning og grundstoffernes periodesystem, grundlæggende



kemisk bindingsteori, stofmængdeberegninger, introduktion til syre-basekemi, redoxkemi og eksempler på organisk kemi. I "Videre med kemi" (løftet fra C- til B-niveau) får vi kemisk ligevægtsteori, udvidelse af syre-basekemi med pH-beregninger, væsentlige udvidelser af organisk kemi - alt i alt områder, som må forventes til et bogsystem, som sigter mod kemi B. Den overvejende systematiske præsentation følger hovedsageligt en traditionel fremstilling af de faglige områder, hvor det især er eksemplificeringen af det faglige indhold, som differencierer sig i forhold til andre lærebøger. Det synes jeg også, er i orden, da det vil være for meget at forlange, at "alt skal være nyt", fordi der er tale om et nyt lærebogssystem - fagets formelle rammer skal også overholdes. Forcen ligger i de mange referencer til biologiske områder, både i selve teksten, eksemplerne og temaer. Visse steder undrer valget af fagligt indhold mig dog, for eksempel i "Videre med kemi" omtales heterogene ligevægte, blandt andet ved saltes opløselighed i vand, fordelingskonstanten og -forholdet i forbindelse med fordelingsligevægte. Områderne er ikke en del af kernestoffet på kemi B-niveau, og derfor undrer det mig, at det er medtaget (fagligt er beskrivelserne i orden), da der er rigeligt med supplerende stof at tage fat i for eksempel i temaerne.

Den enkelte lærer skal se kritisk på, hvad der er nødvendigt i sin undervisning. Dette gælder også, hvis "I gang med kemi" kun skal benyttes til kemi C-niveau, og ikke som en del af et samlet kemi B. For eksempel introduceres spektrofotometri i bogen, men den eksperimentelle metode er kun kernestof på B-niveau, så det er vigtigt, at den enkelte lærer vurderer relevansen for sin undervisning. Det samme gør sig gældende for en del af referencerne til biologi - vil elever på et kemi C hold normalt have forudsætninger for at kunne inddrage disse i kemiundervisningen? Generelt er det dog fint, at lærebogssystemet giver bud til undervisningen på muligheder for inddragelse af fagligt stof, der går ud over kernestoffet.

De to lærebøger udgør kernen i lærebogssystemet, men faktisk står de ikke alene. Sammen med bøgerne tilbydes også materialer, hvor især bøgernes figurer, arbejdsopgsmål til de enkelte kapitler og vejledninger til eksperimenter er af interesse for en underviser. Ekstramaterialerne kan hentes på nettet og er frit tilgængeligt for alle.

Tæt kobling til biologi

Generelt er lærebøgerne godt skrevet. Dog er der steder, hvor sætninger bliver lange og mættet med indhold, som bliver vanskeligt at læse for nogle elever. I teksten inddrages også ofte biologiske referencer som omtalt tidligere. Dette kan både være en fordel og en ulempe afhængigt af sammenhængen, som lærebøgerne skal bruges i. For eksempel står der i forbindelse med addition: "En lignende addition sker i cellernes mitochondrier, når stoffet fumarat omdannes til malat i citratcyklus, som en del af respirationsprocessen" ("Videre med kemi, side 139). For elever med biologi på et højt niveau vil denne type eksempler give en god kobling - kemisk viden kan styrke den biologiske forståelse. Men for en elev, som ikke har biologi på A- eller B-niveau, vil sådanne referencer kunne virke forstyrrende - er det et vigtigt eksempel eller ej for forståelsen af det kemifaglige indhold?

Temaerne har fokus på at sætte det behandlede kemiske stof i en anvendelsesorienteret sammenhæng. Der er især tale om biologisk orienterede emner. Det vil sige, det kemifaglige stof knyttes i væsentligt omfang til biologifaget. Der er selvfølgelig undtagelser, for eksempel et tema

om farvede uorganiske forbindelser, men langt hen ad vejen sættes kemifaget i relation til biologi. Dette gælder ikke kun i temaerne, men også i teksten, der beskriver den mere systematiske gennemgang af det faglige stof. Den tætte sammenknytning af det kemifaglige til biologi kan både ses som en styrke og en svaghed. Bogsystemet vil være velegnet til en klasse med studieretningen biologi A-kemi B i stx, især klasser, hvor kemi- og biologilærerne har mulighed for at koordinere deres undervisning. Der vil være rige muligheder for tværfagligt samarbejde. Men for andre typer hold, hvor biologi ikke har en fremtrædende plads, for eksempel i andre naturvidenskabelige studieretninger eller hf, vil det kræve en del af læreren at sortere i teksten eller supplere med andre materialer eller forklaringer.

Opsamlende så udgør de to lærebøger med materialerne på nettet et sammenhængende lærebogssystem, som når rundt om kemifagets B-niveau kernestof og med mulighed for at inddrage passende områder af supplerende stof. De tætte referencer til biologi (temaer, eksempler) giver oplagte muligheder for faglige samarbejder i for eksempel en studieretning med biologi A og kemi B (i stx), men den tætte tilknytning til biologi gør nok lærebogssystemet mindre interessant og sværere at bruge for et rent kemi C-hold eller i studieretninger, hvor det faglige samspil med andre naturvidenskabelige fag eller matematik er mere i fokus.

E-mail:

Keld Nielsen: Keld.Nielsen@kkgym.dk

OTTO - DIGITAL SERVICE FRA BUSCH

OTTO overvåger dine vakuumpumper, overalt, når som helst. Se tilstanden af din proces eller vakuumpumpens med vores digitale service. OTTO sender automatisk beskeder til Busch i tilfældet af forstyrrelser i din proces. Oplev fordelene af tilstandsovervågning.

Busch Vakuumenteknik A/S
87 88 07 77
info@busch.dk
www.buschvacuum.com

BUSCH
VACUUM SOLUTIONS

Kernemagnetisk resonans som redskab til at monitorere lipidoxidation i fødevareemulsioner

Lipidoxidation er en af de vigtigste årsager til at forkorte levetiden af fødevareemulsioner, der er rige på umættede fedtsyrer, især på grund af dannelsen af off-flavor. Ved måling af forskellige lipidoxidaionsprodukter kan kernemagnetisk resonans (NMR) spektroskopi give indsigt i mekanismerne.

Af Marie Hennebelle¹,
Vincent Boerkamp¹,
Donny Merckx^{1,2,3}
og John van Duynhoven^{2,3}

¹ Wageningen University & Research,
Laboratory of Food Chemistry, Holland

² Unilever Food Innovation Centre, Holland

³ Wageningen University & Research,
Laboratory of Biophysics, Holland

Industrielle tilgange til at forhindre lipidoxidation omfatter typisk kølekædeopbevaring, sofistikeret emballage og brugen af kunstige antioxidant (E-numre). Men for at imødekomme den stigende efterspørgsel fra forbrugere efter mere bæredygtige og naturlige fødevarer, er der et behov for, at der udvikles nye strategier. Denne udvikling er i øjeblikket hæmmet af manglen på hurtige (high-throughput) analysemetoder, der kan give mekanistisk indsigt i de reaktioner, der er i spil. I denne henseende kan NMR-spektroskopi bruges til at identificere og kvantificere forskellige oxidationsprodukter.

Måling af forskellige oxidationsreaktioner

Lipidoxidation er hovedsageligt styret af radikale kædereaktioner (figur 1).

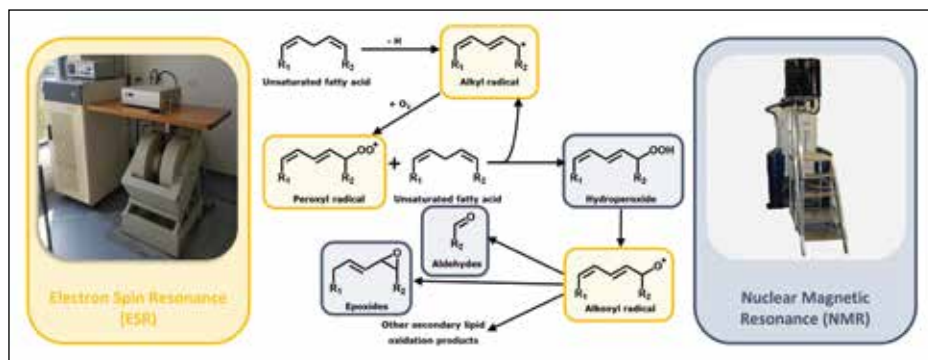
Ved primær oxidation udvindes et (bis) allylbrinte fra en umættet fedtsyre, hvilket giver et alkylradikal, der reagerer hurtigt med oxygen til dannelsen af et peroxyradikal. Denne peroxygruppe vil yderligere reagere med en anden umættet fedtsyre og på den ene side producere et nyt alkylradikal, der føder udbredelsescyklussen, og på den anden side et hydroperoxid, også omtalt som det primære produkt af lipidoxidation. I et senere stadie af lipidoxidationen resulterer nedbrydningen af hydroperoxider i forskellige sekundære oxidationsprodukter, såsom aldehyder og epoxider. Nogle af disse er flygtige og bidrager til dannelsen af off-flavor forbundet med lipidoxidation. Selvom reaktionerne er blevet udførligt beskrevet i olier, tilføjer grænsefladesammenstillingen og den kolloide transportmekanisme i fødevareemulsioner en vis kompleksitet [1-3], og reaktionerne i et sådant system er indtil videre endnu ikke kortlagt.

Metoder, der almindeligvis anvendes til at vurdere lipidoxidation i fødevarer, inkluderer peroxidtal, thiobarbitursyre reaktive stoffer (TBARS), para-anisidin og hexanal. Disse analysemetoder er ofte tidskrævende. De formår heller

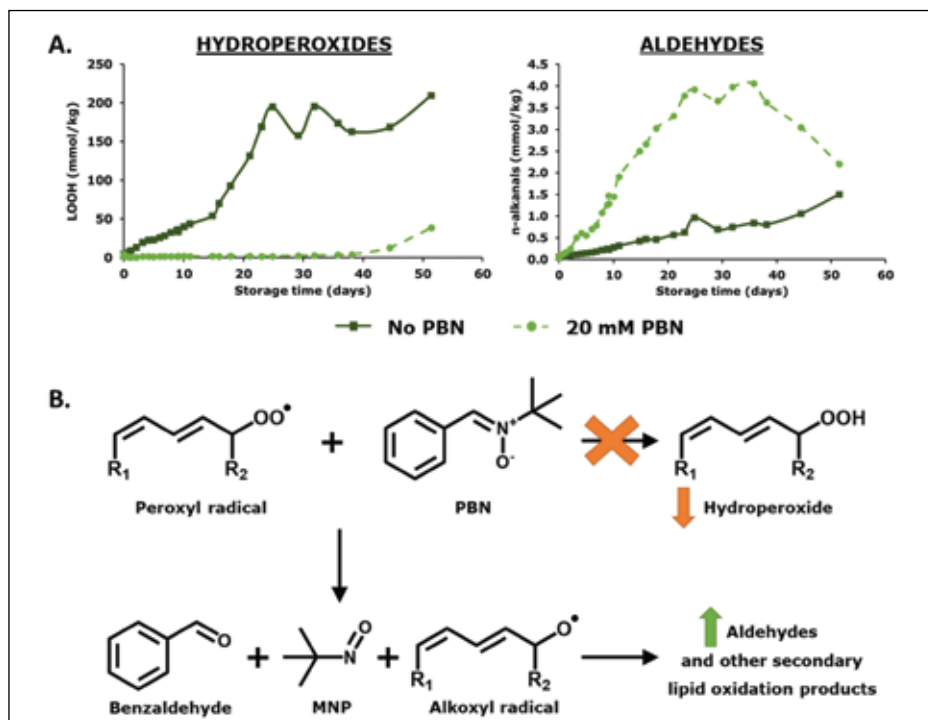
ikke at give et omfattende overblik over lipidoxidaionsprodukterne, der kan give indblik i de involverede reaktioner, da de for det meste udelukkende fokuserer på én type oxidationsprodukt. For nylig er NMR fremkommet som et lovende værktøj til at få mere mekanisk indsigt i lipidoxidaionsveje. Elektron Spin Resonans (ESR) kan bruges til at kvantificere lipidradikaler dannet på et tidligt stadie, mens NMR-spektroskopi gør det muligt at overvåge dannelsen af flere lipidoxidaionsprodukter, såsom hydroperoxider, aldehyder og epoxider (figur 1).

Elektron Spin Resonans (ESR) spektroskopi til måling af det tidlige lipidoxidation stadie

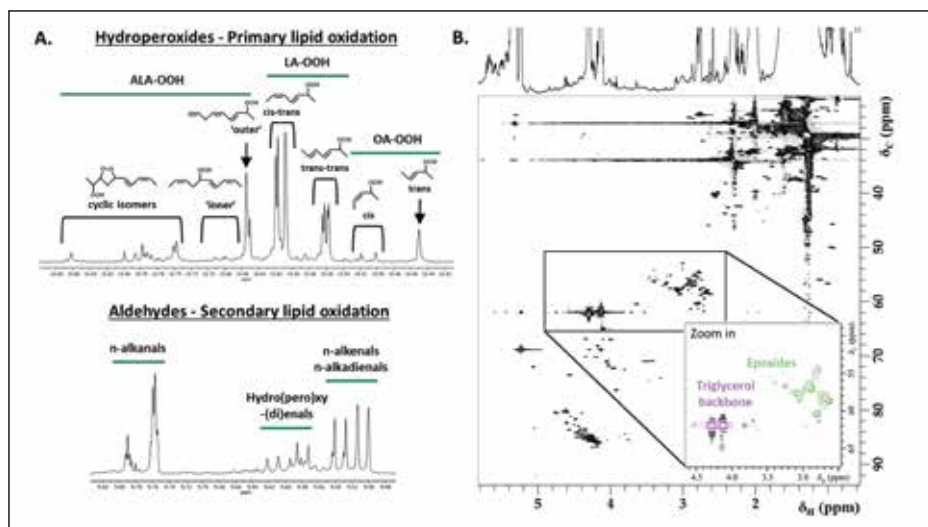
ESR-spektroskopi kan bruges til at monitorere radikaler og er blevet fremført som et lovende værktøj til at vurdere stabiliteten af fødevareemulsioner og effektiviteten af antioxidant på et tidligt stadie af oxidationen (dvs. inden for timer eller dage afhængig af opbevaringsbetingelserne) sammenlignet med mere konventionelle metoder såsom peroxidtal, som typisk bruges over dage til uger [4]. På grund af deres høje reaktivitet og meget korte levetid (under 10^{-6} s) [5], påvi-



Figur 1. Skematisk oversigt over lipidoxiderationsveje og produkter, der kan måles ved kernemagnetisk resonans (NMR) spektroskopi. Gule bokse fremhæver molekyler, der kan måles ved ESR; mens blå bokse fremhæver molekyler, der kan måles med NMR.



Figur 2. Indvirkning af PBN-tilsætning på lipidoxiderationsreaktioner. (A) Koncentration af hydroperoxider og aldehyder i mayonnaise målt ved ^1H NMR i nærvær af eller uden PBN; (B) Foreslået mekanisme. Figuren er tilpasset fra Merx et al. 2021 [4]. PBN, N-tert-butyl- α -phenylnitron; MNP, 2-methyl-2-nitrosopropan.



Figur 3. ^1H NMR-spektre for hydroperoxider og aldehyder (A) og for epoxider opnået med HSQC eksperiment (B). ALA-OOH, α -linolensyre-afledte hydroperoxider; LA-OOH, linolensyre-afledte hydroperoxider; OA-OOH, oliesyre-afledte hydroperoxider. Figurer tilpasset fra Merx et al. 2018 [10] og Boerkamp et al. 2022 [12].

ses lipidradikaler normalt ved brug af en spintrap, der vil reagere med lipidradikalerne og danne et stabilt radikaladdukt, som herefter kan kvantificeres ved ESR. N-tert-butyl- α -phenylnitron (PBN) er en fedtopløselig spintrap, der almindeligvis anvendes til at monitorere autooxidation i fødevarer [6,7].

Ved at kombinere NMR med ESR-spektroskopi opdagede vi, at brugen af spintraps ændrer lipidoxiderationsmekanismerne (figur 2). På den ene side hæmmer PBN dannelsen af hydroperoxider ved at fange peroxylradikaler. På den anden side nedbrydes PBN-addukter hurtigt til benzaldehyd, 2-methyl-2-nitrosopropan (MNP) og alkoxyradikaler, hvor de seneste fungerer som forløbere for aldehyder og muligvis andre sekundære produkter. Mens brugen af PBN-spintraps kan bruges til at rangordne effektiviteten af antioxidanttruter, udelukker virkningen af PBN på oxiderationsreaktionerne mekanistiske undersøgelser [4,8].

NMR-strategier til overvågning af forskellige lipidoxiderationsproduktklasser i samme måling

NMR-metodikken har fordele ved at være en meget reproducerbar og hurtig analyse, der ikke kræver autentiske standarder for kvantificering. Når der arbejdes på rene olier eller ekstrakter af fødevarerlipider, kan glycerolryggraden i triglycerider bruges som en intern standard. Af disse grunde har ^1H NMR tiltrukket sig en del opmærksomhed i løbet af de sidste årtier i undersøgelser af lipidoxideration [9], og metoden har vist sig at give sammenlignelige resultater med de mere konventionelle, men også mere tidskrævende metoder.

En ulempe ved NMR-metoden er dens relativt lave følsomhed, hvilket kan gøre en nøjagtig kvantificering af forbindelser vanskelig, når de er til stede i lav koncentration. For at øge følsomheden kan der anvendes den strategi selektivt at excitere den del af NMR-spektrret, der indeholder signaler af interesse. Ved at anvende sådanne selektive excitationsskvenser i ^1H NMR-spektroskopi, kan hydroperoxider og aldehyder (dvs. henholdsvis primære og sekundære

oxiderationsprodukter) kvantificeres med en kvantificeringsgrænse (LOQ) på 0,03 mmol/kg olie [10]. Desuden formåede et studie ikke kun at identificere hydroperoxiderne baseret på deres vigtigste fedtsyrepredcursor i vegetabiliske olier (dvs. oliesyre, linolsyre og α -linolensyre), men også at generere information om specifikke strukturelle træk, såsom konformation af dobbeltbindingerne (cis eller trans) og positionen af hydroperoxidgruppen inden for ("indre") eller uden for ("ydre") dobbeltbindings-systemet (figur 3A, side 27).

For en nøjagtig identifikation og kvantificering af forbindelser ved ^1H NMR, bør signalerne være fuldt opløst, dvs. ikke overlapper med andre signaler i spektret. Selvom dette ikke er et problem for hydroperoxiderne og aldehyderne, overlapper protonerne fra epoxider, som er en anden vigtig gruppe af oxiderationsprodukter, hinanden, men også med de bisallyliske signaler fra flerumættede fedtsyrer [11]. I dette tilfælde kan en todimensional (2D) NMR-tilgang, såsom heteronuclear single quantum coherence (HSQC) anvendes. Ved at give information om både ^1H og ^{13}C kemiske skift giver en sådan 2D-tilgang mulighed for adskillelse og kvantificering af epoxider dannet under lipidoxidation (figur 3B, side 27) [12].

Fremtidsperspektiver

Den igangværende udvikling af rutineforsøg med NMR-spektroskopi til identifikation og kvantificering af forskellige intermediære lipidoxiderationsprodukter vil åbne nye muligheder for at opklare kompleksiteten af lipidoxiderationsreaktioner i fødevarer. Metoderne kan bringe ny mekanistisk indsigt i de reaktioner, der er i spil, og bidrage til en tidlig vurdering af oxidativ stabilitet, der kan bruges i udviklingen af nye antioxidantstrategier. Desuden giver disse hurtige og bredt favnende metoder mulighed for etablering af eksperimentelle databaser, der kan bruges til at prædiktere holdbarheden af lipidholdige fødevarer, og dermed bedre forstå den virkning som fødevarernes sammensætning og opbevaringsbetingelser har på holdbarheden [13].

E-mail:
Marie Hennebelle:
marie.hennebelle@wur.nl

Referencer

- McClements D.J., Decker E.A. Lipid Oxidation in Oil-in-Water Emulsions: Impact of Molecular Environment on Chemical Reactions in Heterogeneous Food Systems. *Journal of Food Science*. 2000;65(8):1270-82.
- Berton-Carabin C.C., Ropers M.H., Genot C. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Involvement of the interfacial layer. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014;13(5):945-77.
- Laguette M., Tenon M., Bily A., Birtic S. Toward a Spatiotemporal Model of Oxidation in Lipid Dispersions: A Hypothesis-Driven Review. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2020;122(3):1900209.
- Merkx D.W.H., Plankensteiner L., Yu Y., Wierenga P.A., Hennebelle M., Van Duynhoven J.P.M. Evaluation of PBN spin-trapped radicals as early markers of lipid oxidation in mayonnaise. *Food Chem*. 2021;334:127578.
- Pryor W.A. Free radicals in autoxidation and in aging. *Free radicals in molecular biology, aging and disease*. 1984:13-41.
- Velasco J., Andersen M.L., Skibsted L.H. Electron spin resonance spin trapping for analysis of lipid oxidation in oils: inhibiting effect of the spin trap α -phenyl-N-tert-butyl nitroxide on lipid oxidation. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2005;53(5):1328-36.
- Velasco J., Andersen M.L., Skibsted L.H. Evaluation of oxidative stability of vegetable oils by monitoring the tendency to radical formation. A comparison of electron spin resonance spectroscopy with the Rancimat method and differential scanning calorimetry. *Food Chem*. 2004;85(4):623-32.
- Silvagni A., Franco L., Bagno A., Rastrelli F. Thermoinduced lipid oxidation of a culinary oil: a kinetic study of the oxidation products by magnetic resonance spectroscopies. *J Phys Chem A*. 2010;114(37):10059-65.
- Martínez-Yusta A., Goicoechea E., Guillén M.D. A review of thermooxidative degradation of food lipids studied by ^1H NMR spectroscopy: influence of degradative conditions and food lipid nature. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014;13(5):838-59.
- Merkx D.W.H., Hong G.T.S., Ermacora A., Van Duynhoven J.P.M. Rapid quantitative profiling of lipid oxidation products in a food emulsion by ^1H NMR. *Analytical chemistry*. 2018;90(7):4863-70.
- Xia W., Budge S.M., Lumsden M.D. ^1H -NMR characterization of epoxides derived from polyunsaturated fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2016;93(4):467-78.
- Boerkamp V.J.P., Merckx D.W.H., Wang J., Vincken J-P., Hennebelle M., van Duynhoven J.P.M. Quantitative assessment of epoxide formation in oil and mayonnaise by ^1H - ^{13}C HSQC NMR spectroscopy. *Food Chem*. 2022;In press.
- Merkx D.W.H., Swager A., van Velzen E.J.J., van Duynhoven J.P.M., Hennebelle M. Quantitative and Predictive Modelling of Lipid Oxidation in Mayonnaise. *Antioxidants*. 2021;10(2):287.

Biotek-virksomheder komponer

Den danske biotek-virksomhed Cysbio kan være på vej med ny bioteknologi til at eliminere den skadelige kobber i skibsmaling. Kobberet skal erstattes med bæredygtig ålegræsdyr, der er biologisk nedbrydeligt.

Næsten alle de tusindvis af containerskibe og andre store skibe, der dagligt sejler i verdens have, bliver malet med antifouling-maling, der skal forhindre uønskede organismer i at sætte sig fast på skibsbunden og dermed øge skibets vandmodstand. Desværre er der også mange skadelige stoffer i malingen såsom kobber. Imidlertid har danske Cysbio udviklet og patenteret en fermenteringsteknologi til produktion af ålegræsdyr. Det kan resultere i en ny potentiel teknologi, da ålegræsdyr blandt andet kan bruges som biocid i antifouling-maling til skibe, hvormed man kan undgå mange af de skadelige stoffer.

- Den nuværende antifouling-maling er primært baseret på gamle og billige biocider, primært kobber, og det har vist sig at være svært at erstatte dem

Uden antifouling i malingen sætter organismer sig på skibsbunden, hvilket øger skibets friktionsmodstand, farten sænkes, brændstofforbruget ryger i vejret og det samme gør transportomkostningerne og CO_2 -udledningen. Dansk Kemi bragte for nylig en artikel om forskningen i bæredygtige begrebningshindrende bundmalinger:
Dansk Kemi 2022, nr. 2, side 6-10.

Smøremiddel vil skabe patenter til miljøvenlig skibsmaling

med mindre miljøbelastende alternative teknologier. I naturen findes en plante, som ser ud til at indeholde løsningen på problemet; nemlig ålegræs, som har sin egen antifouling-mekanisme til at holde bladene fri for tilgroning ved at producere ålegræssyre, siger Henrik Meyer, CEO i Cysbio. Han tilføjer:

- Ålegræs producerer kun ålegræssyre i små mængder og udvinding direkte fra vandplanten vil med andre metoder være for ineffektiv og dyr. Men ved at fremstille syren ved fermentering, kan vi med vores metode ved brug af tilpassede mikroorganismer, gøre processen langt billigere og fuldt bæredygtig.

Ingen brugbare alternativer før nu

Der har hidtil ikke været finansielle eller miljømæssige fordele ved at eliminere biocider i antifouling-maling.

- Problemet har været, at de skadelige effekter ved at undlade at anvende denne antifouling har været så store, at man har valgt at leve med udledningen af kobber. Men ved at vi nu kan producere ålegræssyre, kan vi benytte mere miljørigtig kemi og dermed undgå kobber og andre skadelige stoffer i vores havvand, forklarer Henrik Meyer.

Jens Tørsløv fra den uafhængige rådgivnings- og forskningsorganisation, DHI, der er specialister i vandmiljø og kemikalier, er enig i, at fordelene og ulemperne ved skibsmalingen udgør en svær balance. Han peger på, at udvikling inden for antifouling vil være en hjælp for branchen og dermed på sigt også miljøet.

- Industrien er opmærksom på malings skadelige virkning og der er tidligere strammet op i reglerne for de kemiske stoffer i skibsmaling. Men malingen indeholder stadig kobber, og for meget kobber i vandet kan give effekter på økosystemet. Så det er en positiv udvikling, at der nu er alternativer for branchen, forklarer Jens Tørsløv.

En af de hurdles, som dog stadig skal klares med den nye løsning baseret på ålegræssyre, er, hvordan man sikrer en mekanisme til en kontrolleret frigivelse af stoffet over mange års sejlads. Der er dog lavet præliminære studier med "slow release" af ålegræssyre, som forhåbentlig kan bane vej for en anvendelig løsning.



Foto: PR.

Gennem ny patenteret fermenteringsteknologi kan danske Cysbio fremstille ellers svært producerbare kemikalier som ålegræssyre, der er et biologisk nedbrydeligt kemikalie.

Cysbio har lige påbegyndt udviklingsarbejdet med at inkorporere ålegræssyre i coating og maling. Det forventes, at en koncentration af ålegræssyre på 1-5 w/w % i coating vil fungere. Til sommer vil de første forsøg afsløre, om dette holder stik.

Lovgivning som hæmsko

Grundet de manglende alternativer til den kobberholdige antifouling-maling er det fortsat tilladt at bruge kobber. Men miljømyndigheder verden over er nu begyndt at sætte ind. I Sverige har de helt forbudt skibe med kobberholdig maling i Den Botniske Bugt samt i ferskvandssøer, mens de i Holland og den amerikanske stat Californien har lavet begrænsninger, således at salg af skibsmaling med høje koncentrationer af kobber til lyst- og fritidsbåde er forbudt.

- Det er nødvendigt, at private selskaber og politikere er med til at drive udviklingen. Virksomheder, der fremstiller skibsmaling, skal deltage i at udvikle produkterne, da de aktivt skal være med til at bruge stofferne fremadrettet. Det vil kræve noget udviklingsarbejde, men der vil være en god markedsværdi i at være de første til at overgå til nye produkter, og vi er klar til at hjælpe og samarbejde med firmaerne, siger Henrik Meyer.

For ålegræssyre gælder dog stadig, at det også vil skulle godkendes. Fra 2023 forventer Cysbio at have en såkaldt REACH-registrering på produktet. Det åbner for anvendelse til en række formål, men det er muligt, der også vil blive krav om en eller anden form for godkendelse som biocid. En biocidregistrering kan blive dyr, så håbet er, at ålegræssyre kan få en nemmere vej til registrering, for eksempel på listen over naturlige stoffer. Ålegræssyre kan nemlig betragtes som en naturlig del af miljøet - det afgives også fra ålegræs i vandmiljøet. Det er fuldt nedbrydeligt og har ikke negative økotoxikologiske egenskaber.

Kilde: Cysbio

Ålegræssyre kendes også som zosterinsyre. Virkningsmekanismen som antifouling-middel kan anses som "mekanisk", idet mikrober og andet simpelthen bare ikke sætter sig fast, hvorimod de nærmest afstødes. Der er ingen organismer som dræbes af zosterinsyre. Hvor bredspektret og effektivt at ålegræssyre virker i dens bekæmpelse af begroning på skibe over mange år, er kun begrænset undersøgt.

Gymnasielærere modtager pris for at løfte kemiundervisningen til et nyt niveau

Nicolai Bogø Stabell og Lasse Johansen fra H.C. Ørsted Gymnasiet i Lyngby modtager Novo Nordisk Fondens Naturvidenskabelige Gymnasielærerpris 2022 øst for Storebælt, mens Philip Kruse Jakobsen fra Silkeborg Gymnasium modtager prisen 2022 vest for Storebælt - for deres engagement og ekstraordinære indsats for at gøre kemifaget til et tilløbsstykke.

- Det er stort, og det betyder meget, når man på den måde bliver aner-

Novo Nordisk Fondens Naturvidenskabelige Gymnasielærerpris er målrettet engagerede og dygtige gymnasielærere i fagene biologi, kemi, fysik, naturgeografi, bioteknologi, astronomi, geovidenskab, teknologi, teknikfag og matematik. Prisen har til formål at anerkende og synliggøre en særlig indsats inden for naturvidenskabelig undervisning på ungdomsuddannelserne.

Novo Nordisk Fondens Naturvidenskabelige Gymnasielærerpris uddeles årligt og er delt i to priser; en til en gymnasielærer øst for Storebælt og en til en gymnasielærer vest for Storebælt. Hver pris består af en sum på 250.000 kroner bestående af en personlig hæderspris på 50.000 kroner og 200.000 kroner til gymnasiet. Hvis prisen gives til et team, modtager prismodtagerne hver 25.000 kroner. Andelen, som tilfalder gymnasiet, skal anvendes til udvikling af den naturvidenskabelige undervisning (for eksempel indkøb af eksperimentelt udstyr, opgradering af lokaler/inventar, ekskursioner eller efteruddannelse).

Prisen uddeles til en gymnasielærer efter indstilling fra dennes rektor eller bestyrelse.

kendt for sit arbejde, fortæller Lasse Johansen.

- Vi er utroligt beærede over, at vi først og fremmest er fundet værdige til at blive indstillet. Det er en kæmpe anerkendelse af vores arbejde, og prisen kan forhåbentlig være med til at sætte endnu mere fokus på vores talentarbejde og bane vejen for endnu flere spændende ting, siger Nicolai Bogø Stabell.

For sin motiverende tilgang til sit fag modtager Philip Kruse Jakobsen Novo Nordisk Fondens Naturvidenskabelige Gymnasielærerpris 2022 vest for Storebælt.

- Jeg er både overrasket og begejstret over at modtage prisen. Min ambition er at gøre mit bedste og leve op til mine idealer som underviser og derigennem være med til at drive en forandring hos mine elever og på landsplan. Når jeg så



Nicolai Bogø Stabell og Lasse Johansen fra H.C. Ørsted Gymnasiet.

modtager en pris, så peger det på, at jeg har været med til at drive en masse ting fremad på skolen og i landet, og det er jeg stolt af, siger Philip Kruse Jakobsen.

Kilde: Novo Nordisk Fonden



Philip Kruse Jakobsen fra Silkeborg Gymnasium.



Foto: Spirax Sarco.

Spirax Sarco leverer rendamp-generatorer, der kan producere rendamp af fødevarer af høj kvalitet.

Rendamp sikrer kvalitet og fødevarer sikkerhed

Af Klaus Hansen

Der stilles høje krav til brugen af anlægs- og filteret damp, der kommer i direkte kontakt med fødevarer ved direkte indsprøjtning af damp i denne. Hvis du som producent vil være sikker på at overholde kravene til fødevarer sikkerhed ved dampindsprøjtning, er det vigtigt at bruge rendamp fra en rendamp-generator for at eliminere risikoen for forurening af fødevarer.

Fordele ved at anvende rendamp

For at damp kan fungere optimalt, skal dampen være passende tør og leveres ved det rigtige tryk. Damp af høj kvalitet sikrer en korrekt proceskontrol og korte opvarmningstider. Samtidig minimeres energiforbruget i processen. Derudover vil brugen af tør damp mindske behovet for vedligehold.

Undgå kvalitetsproblemer

Alle fødevarerproducenter ønsker at undgå kvalitetsproblemer, produktspild og i værste tilfælde tilbagekaldelse af produkter. Der er ingen specifik lovgivning, der regulerer kvaliteten af damp i fødevarer fremstilling. Men brug af en forkert damp type kan skade slutproduktets smag og lugt. Det er derfor relevant at inkludere kontrol af dampkvalitet i sine HACCP-procedurer.

Rendamp-generatorer - sikkerhed for høj kvalitet

Spirax Sarco, som er førende inden for produktion og styring af dampsystemer, har udvidet sit produktprogram med en ny rendamp-generator til føde- og drikkevarer. Den nye rendamp-generator leverer damp af fødevarer kvalitet, og er specielt egnet til processer med direkte indsprøjtning, hvor den tilsatte damp er en ingrediens. Rendamp-generatoren er EC1935/2004 fødevarer godkendt og leveres som en færdig løsning klar til installation og idriftsættelse. Generatoren kan leveres med damp- eller elforsyning.

Yderligere information:
www.spirax.dk



KEMISK FORENING

Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

www.chemsoc.dk

The Danish Chemical Society
Founded 1879

The Danish Chemical Society Annual Meeting 2022

18th of August 2022

H.C. Ørsted Institute, University of Copenhagen

Universitetsparken 5,
2100 København Ø

Confirmed plenary speakers:

- Prof. Anne L. Skov, Department of Chemical and Biochemical Engineering, The Danish Polymer Centre, DTU:
"Soft robotics from elastomers with Olympic ring structure".
- Prof. Guillem Aromi, University of Barcelona:
"Heterometallic Lanthanide Coordination Complexes for Quantum Technologies".

There will in addition be parallel sessions from several of sections of the society.

Check www.chemsoc.dk for detailed, updated program.

Meeting is open to all. Dinner only for members:
Students: 75 DKK, Full members: 125 DKK.



Quality Control in the Food & Beverage Industry with **FT-NIR** Spectroscopy



- **MPA II:**
Unrivalled flexibility for your daily QA/QC work as well as for sophisticated method development.



- **TANGO:**
The next generation FT-NIR spectrometer with touch screen operation and intuitive user interface.



- **MATRIX-F:**
On-line FT-NIR for direct measurements in continuous or batch processes, enabling a close production control.

FT-NIR is a powerful and effective technology for control of raw materials, intermediates and finished products. The major application areas of NIR spectroscopy include dairy and meat, beverages, edible oils, bakery ingredients and condiments as well as grains and oil seeds.

In contrast to most wet-chemical and other reference methods, FT-NIR technology is quick, cost-effective, non-destructive and safe, since it does not use chemicals, solvents or gases.

Bruker Optics has the industry's most comprehensive FT-NIR product-line; from the very intuitive FT-NIR spectrometer TANGO to the versatile Multi Purpose Analyzer MPA II and award-winning MATRIX systems for online measurements.

Contact us for more details:
info.bopt.nordic@bruker.com • www.food-analysis-nir.com

