Dit branchemagasin fra TechMedia A/S

Dansk Kemi

Nummer 1 - Februar 2021 / 102. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Kemiske fingeraftryk afslører ukendt forurening

Coatings til beskyttelse mod klæbrige råmaterialer

Danske bløddyr har umami-potentiale

Miele

Byt til nyt, og få 5.000 kr.
for din nuværende laboratorieopvaskemaskine

Læs mere på miele-professional.dk eller ring på 4327 1510

Metrohm Process Analytics

Procesindustriens foretrukne partner til online analyse

Øg dit udbytte og reducér dine omkostninger
Uanset om du arbejder med elektrokemi, ionkromatografi, ionselektive målinger, fotometri, spektroskopi eller titrering, har vi løsningen til dine udfordringer. Vores procesanalysatorer hjælper dig i hele processen fra offline og atline målinger til online og inline analyser.
Vi har mange års erfaring og har hjulpet virksomheder inden for miljø, kemi, pharma, fødevarer og meget mere...

Metrohm

Har du en udfordring?
Så kontakt os på mail@metrohm.dk
eller tlf.: 70 200 561.

Læs mere om vores produkter på **metrohm.com**

INDHOLD

1 **Forside**
Nyt forskningsprojekt viser, hvordan bløddyr kan blive en vigtig fremtidig kilde til animalsk protein. Læs mere i artiklen side 16.
Foto: parisienne, www.pixabay.com.

6 **Kort Nyt**
300.000 siders videnskab lige ved hånden

7 **Verdensmål nr. 11:**
Bæredygtige byer og lokalsamfund

8 **Kemiske fingeraftryk afslører ukendt forurening**
I projektet Gandalf er man gået nye veje for at finde forurenende stoffer i jorden. Samarbejdet fortsætter og udvikles i de kommende år i et tilsvarende projekt, Vandalf, hvor man analyserer spildevand.

11 **Verdensmål nr. 12:**
Ansvarligt forbrug og produktion

12 **Coatings til beskyttelse af procesudstyr mod klæbrige råmaterialer**
Procesudstyr i cementindustrien skal kunne håndtere vanskelige råvarer, som kan hobes op på overflader og lede til uønskede produktionsstop. Det gælder for eksempel vådt ler.

15 **NomenklaturNyt:**
Om stavning af kemiske navne

16 **Umami-potentiale af danske østers og blæksprutter**
Bløddyr kan blive en vigtig fremtidig kilde til animalsk protein. De har det til fælles, at deres indholdsstoffer giver en kraftig synergi i umami-smagen, som kan medvirke til, at vi kan spise mere grønt.

20 **Kan man flyve uden klimaaftryk?**
Hvad sker, der hvis man udskifter oliebaseret jet-brændstof med CO_2-neutral elektro-fuel produceret ved alkalisk elektrolyse kombineret med Fisher-Tropsch syntese?

23 **NMR-symposium for Poul Erik Hansen**

24 **Mindeord: Dansk NMR-spektroskopi har mistet en af sine pionerer**

27 **Køkkenkemisten:**
Oleogustus - det omdiskuterede fedtsmagsløg

31 **Nyt fra Kemisk Forening og IDA Kemi**

TechMedia

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

Redaktion:
Katrine Meyn (ansvarshavende)
km@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

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

Ledelse:
Adm. direktør Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde
Direktør Susanne Eine

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)
Seniorforsker, ph.d. Peter Have Rasmussen
Gruppeleder, EHS, FMC site Rønland Inge Margrethe Jensen
Fagkonsulent Mette Malmqvist

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

Hjemmeside:
www.kemifokus.dk

Layout: Trine Plass
Tryk: PE Offset A/S

Oplag: 4.196
Online læsere: 1.279

Trykt på miljøvenligt papir med vegetabilske miljøfarver.

Abonnement:
Ændring/opsigelse sendes til:
abonnement@techmedia.dk

Bestil abonnement direkte på:
www.techmedia.dk

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.

USA, California:
Huson International Media
Tel.: +1 408 879 6666

Læs bladet online:
www.danskkemi.dk

Scan og hent Dansk Kemis medieinformation 2021 her!
Scan med kameraet på din smartphone.

Klimaet har det ikke bedre …

Covid-19 har påvirket millioner af mennesker verden over - per 1. februar 2021 har i alt over 100 millioner mennesker været smittet, og 2,2 millioner er døde enten direkte eller indirekte af sygdommen. 2021 bliver forhåbentligt bedre end 2020, set i det lys. Der er således på verdensplan netop givet 95 millioner doser vaccine. Den ekstremt hurtige strukturopklaring af virussens spike-protein og den uhørt hurtige udvikling af vaccinerne er en sejr for videnskaben.

Covid-19-pandemien har direkte forårsaget store ændringer i vores adfærd, samvær, kommunikation, arbejdsmetoder, undervisning m.m. Nedlukninger og rejserestriktioner grundet covid-19 har imidlertid også haft en række andre konsekvenser; en af de positive er blandt andet en kolossal effekt på udledningen af CO_2.

Det er således netop blevet offentliggjort, at der i den første halvdel af 2020 på globalt plan skete et abrupt fald i CO_2-emissioner på cirka 1,55 milliarder tons CO_2 (1.550 Mt CO_2), sammenlignet med samme periode i 2019[1]. Reduktionerne i CO_2-emissionerne i forskellige regioner verden over er sket synkront med nedlukninger grundet covid-19. USA står for det største fald i CO_2-udledning på i alt 338 Mt CO_2 alene i første halvår af 2020, mens Kinas fald i samme halvår var på 187 Mt CO_2, mens Europas (inklusive Storbritanniens) og Indiens fald var på hver cirka 205 Mt CO_2 i første halvår af 2020. I takt med, at restriktionerne blev løftet i anden halvdel af 2020, gik udledningerne de fleste steder desværre hurtigt op igen. Så uanset, at de nyeste tal2 viser, at der i hele 2020 var et massivt fald i CO_2-emissioner på i alt 2,3 milliarder tons CO_2, svarende til et fald på 6,4 procent, så er klimaet ikke reddet. Langtfra. Hele verden skal i de næste 10 år op på at sænke CO_2-udledninger med en noget højere procent, nemlig 7,6 procent per år for at hindre, at temperaturen stiger mere end 1,5°C.

> Uanset at nedlukningerne, forårsaget af covid-19, viste sig at medføre effektiv CO_2-reduktion verden over, så har klimaet det ikke bedre

Uanset at nedlukningerne, forårsaget af covid-19, viste sig at medføre effektiv CO_2-reduktion verden over, så har klimaet det ikke bedre. En dybere analyse af de nyeste tal på CO_2-reduktion i 2020 viser, at flybranchen var den sektor, der blev påvirket mest, idet restriktionerne betød, at CO_2-emissionerne fra flyvning var 48 procent lavere end i 2019 set på globalt plan[2]. De danske udledninger stammer hovedsageligt fra energisektoren, transportsektoren og landbruget. Ligesom videnskaben ser ud til at kunne besejre covid-19 med en ekstremt hurtig vaccineudvikling, så kan videnskaben bekæmpe klimaforandringerne, hvis vi virkelig vil det. For at nå målet om 70 procent drivhusgasreduktion i Danmark per 2030 relativt til 1990 og klimaneutralitet senest 2050, så skal vi alle overveje at flyve noget mindre, men især udvikle metoder til at mindske CO_2-emissioner, udvikle alternative brændstoffer og søge at udnytte CO_2 til produktion af energi og kemikalier. Der er behov for innovativ grøn omstilling af alle de væsentlige industrisektorer. Det haster.

Anne Meyer

Fodnoter: [1] Nature Communications (2020) 11:5172
[2] Nature (2021) 589:343

Intelligent Chemistry
Biolab A/S Automation Specialist

Andrew+™
Hands Free Pipetting with the Innovative connected Pipetting Robot

Biolab A/S Custom Solutions
Liquid dispensing - Vial handling - Measurement of weight- pH - and a lot more...

JASCO
Advanced Spectroscopic & Purification Solutions

SP Scientific
Automated Sample Concentration - Freezedrying

Gilson and Hudson Robotics Inc.
Advanced Automation solutions.

BIO LAB

The only limitation is your imagination

Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov
+45 8621 2866
sales@biolab.dk
www.biolab.dk

JOBOPSLAG

Dansk Kemi
KEMIFOKUS

Freelance-redaktør til fagbladet Dansk Kemi og nyhedsbrevet Kemifokus - deltidsstilling

Da vores redaktør gennem snart 25 år, Katrine Meyn, stopper, for nu at prøve kræfter i en helt anden branche, søger vi en redaktør til et af Danmarks ældste fagtidsskrifter, Dansk Kemi og det tilknyttede nyhedsbrev "Kemifokus".

Dansk Kemi bringer aktuel og dybdegående information om kemien og dens udvikling inden for industri, forskning og uddannelse. Bladet er desuden medlemsblad for Kemisk Forening og Kemiingeniørgruppen under IDA. Bladet har i mere end 100 år bidraget til at udbrede kendskabet til alle former for kemi inden for kemisk industri, levnedsmiddelindustri, bioteknologisk industri, farmaci, miljø mv.

Jobbet består i at indsamle, redigere og skrive artikler til bladet i samarbejde med bladets eksterne fagredaktion. Den eksterne fagredaktion består af personer fra universiteter og virksomheder, og mødes 6-8 gange årligt. Det vil være en fordel, hvis du har erfaring med at skrive og formidle teknisk stof, og jobbet kræver indgående kendskab til kemi.

Stillingen svarer til en deltidsstilling, og der kan forventes et tidsforbrug på ca. 40 timer pr. udgave. Bladet udkommer 6 gange årligt. Honoraret er fastsat i overensstemmelse med dette.

Foruden fagbladet Dansk Kemi, udgives et ugentligt elektronisk nyhedsbrev "Kemifokus" og der forventes et tidsforbrug på 2-4 timer pr. udgivelse. Nyhedsbrevet honoreres med et fast beløb pr. udgave.

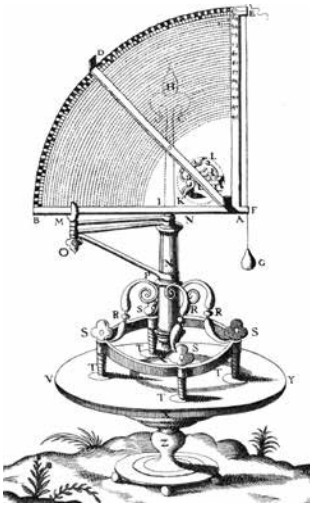
Stillingen som redaktør for Dansk Kemi kan enten kombineres med arbejdet med at lave et ugentligt nyhedsbrev, eller der kan ansøges om kun at være redaktør for fagbladet Dansk Kemi - der kan også ansøges for kun at være redaktør for nyhedsbrevet Kemifokus.dk.

Send gerne en ansøgning hurtigst muligt og senest den 8. marts 2021.

For ansøgning eller for yderligere oplysninger om stillingen som redaktør på fagbladet Dansk Kemi og for nyhedsbrevet Kemifokus, rettes henvendelse til
Adm. direktør Peter Christensen, TechMedia A/S
Mail: pc@techmedia.dk - Tlf.: 43 24 26 20

KORT NYT

300.000 siders videnskab lige ved hånden



Kilde: "Qaudrans Minor Orichalcicus, Inauratus", figur 1, s. 12, *Tycho Brahe's Description of his Instruments and Scientific Work*, v. Ræder, Hans, Strömgren, Elis og Strömgren, Bengt, København 1946, Ejnar Munksgaard.

Hvad har mammutter, meteorer og den filosofiske etiks principper til fælles? De er alle emner, som du - for første gang nogensinde - kan søge på i en spritny digital publikationsplatform, der nu lanceres af Videnskabernes Selskab. Platformen giver dig nemlig gratis adgang til alle bøger udgivet af selskabet gennem de sidste 275 år.

Hvad enten du er på udkig efter forskellige blæksprutteærter, puniske gudebilleder, optegnelser over Knud den Helliges møntsamling eller de astronomiske observationer af Venus' passage forbi solen i 1769 - eller bare et af tusindvis af andre emner - så er du kommet til det helt rette sted, når du går ind på publ.royalacademy.dk.

Lige siden etableringen af Videnskabernes Selskab i oplysningstidens Danmark har det været et fast punkt på dagsordenen at gøre videnskaben og dens landvindinger tilgængelig for alle. Ud fra helt samme grundtanke har vi nu valgt at lancere en platform med fri adgang til samtlige videnskabelige publikationer udkommet på selskabets forlag siden dets opstart i 1745.

Så uanset om du er forsker, studerende eller bare helt almindeligt interesseret i videnskabens historie, kan du via platformen publ.royalacademy.dk bladre dig igennem op mod hele 6.500 afhandlinger fordelt på lige godt 300.000 sider og med en pulje af emner med nærmest kalejdoskopisk spændvidde.

Et værktøj og en slikbutik

Publikationsplatformen har været undervejs i et godt stykke tid, for når der er tale om en historie, der er så snoet og snirklet som videnskabens egen, så skylder man den også, at tilgængeliggørelsen af alle dens kapitler bliver gjort så god, fleksibel og brugervenlig som mulig. Derfor har et helt team af eksperter lagt mange timer i udviklingen af et skræddersyet produkt, hvor der blandt andet er sørget for billedscanninger af højeste kvalitet, søgefunktioner tilpasset den enkelte brugers behov og downloadmuligheder. Der har ikke mindst været fokus på at sikre en optimal OCR-genkendelse af teksterne, hvilket er lykkedes for en stor del af materialet, om end publikationerne med den største grad af videnskabelig patina (og gotiske bogstaver!) stadig lader noget tilbage at arbejde på til en fremtid, hvor de tekniske muligheder tillader det.

Nye titler hele tiden

Hensigten er naturligvis at holde publ.royalacademy.dk konstant opdateret med de seneste videnskabelige publikationer fra selskabet, og derfor frigives bøgerne på platformen til gratis brug kun ét år efter udgivelsesdatoen. I mellemtiden kan de selvfølgelig fås på selskabets webshop, hvor de også kan findes efter frigivelsen.

KM

11 BÆREDYGTIGE BYER OG LOKALSAMFUND

Verdensmål nr. 11:

Bæredygtige byer og lokalsamfund

I dag bor godt 55 procent af verdens befolkning i byerne. Et tal, der forventes at stige til næsten 70 procent i 2050. Dette sammenholdt med, at byerne kun fylder cirka tre procent af klodens landareal, men er ansvarlig for op mod 80 procent af verdens energiforbrug og 75 procent af den global affaldsmængde og CO_2-udledning, giver store udfordringer i forbindelse med bæredygtig udvikling. Ikke mindst giver en ikke planlagt byudvikling, og den deraf følgende høje befolkningstæthed, at byer, i tilgift til sociale problemer som for eksempel ulighed og sundhedsmæssige problemer, er særligt sårbare for eksempel i forbindelse med klimaændringer og naturkatastrofer. Forurenende industrier, der ligger i umiddelbar nærhed af byer, udgør et yderligere miljøproblem - ikke blot direkte, men også indirekte gennem den udledning, der kommer fra arbejdernes transport til og fra arbejde.

Problemerne, og dermed udfordringerne, står nærmest i kø i forsøgene på at skabe resiliente og bæredygtige byer i en verden, hvor en fortsat urbanisering må betragtes som en given parameter: bygninger, luftkvalitet, klimaindsats, ren energi, energieffektivitet, transportsystemer, rent vand, affaldshåndtering, bæredygtige fødevaresystemer osv. - alle områder, hvor kemisk ekspertise spiller/vil spille helt centrale roller.

Som eksempler kan nævnes udvikling af miljøvenlige byggematerialer og transportformer, samt hvordan vi bruger og sparer vand og energi, samt reducerer vores affaldsmængde. Her skal blandt andet vedvarende energikilder indtænkes - sol, vind, batterier, ligesom udvikling af nye teknologier til energiproduktion, -lagring og -genanvendelse og alternative energikilder er områder, hvor innovativ kemi er en nødvendighed for at kunne levere produkter til et lav-carbon samfund. Nøgleordet er bæredygtigt design.

Foto: Andre Benz, www.unsplash.com.

Relaterede verdensmål:

- Mål 1: Afskaf fattigdom
- Mål 3: Sundhed og trivsel
- Mål 6: Rent vand og sanitet
- Mål 7: Bæredygtig energi
- Mål 8: Anstændige jobs og økonomisk vækst
- Mål 9: Industriel innovation og infrastruktur
- Mål 10: Mindre ulighed
- Mål 12: Ansvarligt forbrug og produktion
- Mål 13: Klimaindsats
- Mål 15: Livet på land
- Mål 17: Partnerskab for handling

Lars Carlsen,
lc@awarenesscenter.dk

For detaljer om verdensmål 11, se:
https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11

Kemiske fingeraftryk afslører ukendt forurening

I projektet Gandalf er forskere fra Københavns Universitet, et privat miljølaboratorium og Københavns Kommune gået nye veje for at finde forurenende stoffer i jorden. Samarbejdet fortsætter og udvikles i de kommende år i et tilsvarende projekt, Vandalf, hvor man analyserer spildevand.

Arbejde "i marken" i forbindelse med prøvetagning.

Af Bjarne Jensen

Københavns Kommune depot til forurenet jord håndterer årligt omkring 1,6 millioner tons forurenet jord. De seneste fem år har kommunen, Københavns Universitet og private aktører deltaget i projektet Gandalf. Det har haft til formål at udvikle redskaber, som kan give et mere retvisende billede af forureningen i jorden og på sigt også i grundvand og spildevand.

- Den danske miljølovgivning er indrettet sådan, at vi skal undersøge målrettet for et mindre antal stoffer, som er udpeget på forhånd. Det drejer sig om nogle tungmetaller, tjærestoffer og kulbrinter. I Gandalf har vi arbejdet med såkaldte "non-target analyser", hvor vi har set langt bredere på den forurening, der er i jorden, siger cand.scient. Martin

Jakobsen fra KMC, som er den afdeling i Københavns Kommune, der deponerer forurenet jord.

Gandalf har blandt andet resulteret i, at forskerne og de private partnere har udviklet to konkrete redskaber, som kan bruges til at give et mere detaljeret billede af jordforureningen. De kaldes ChemFingSoil og ChemFingSoil+, fordi de så at sige afslører forureningens kemiske fingeraftryk.

Professor Jan H. Christensen fra Institut for Plante- og Miljøvidenskab på Københavns Universitet har været projektleder på Gandalf.

- I jagten på miljøfremmede stoffer er man hidtil gået frem efter nogle target-lister over en række problematiske stoffer, som er defineret i lovgivningen, men både jord og vand kan være forurenet med stoffer, som ikke står på nogen lister. Med de kemiske fingeraftryk kan vi gå mindre målrettet til værks og få et mere komplet billede af forureningen, siger Jan H. Christensen.

Kun få stoffer på listen

Udviklingschef hos miljølaboratoriet Eurofins Miljø A/S, Peter Mortensen, sidder i projektets styregruppe. Han nævner perflourede alkylsulfonater (PFAS) som eksempel på en gruppe stoffer, hvor kun en meget lille del står på den liste, som loven kræver en målrettet undersøgelse for.

- Vi ved for eksempel, at industrien har brugt og bruger cirka 6.000 forskellige PFAS-forbindelser, men lovgivningen stiller kun krav om, at man undersøger for 12 af dem. På nuværende tidspunkt er der altså 5.988 forbindelser, som vi ikke ser, hvis de skulle dukke op i en prøve - og det gør de. Det er bare ét eksempel på, at man havner i en blindgyde med den strategi, der ligger i den målrettede target-tilgang, siger Peter Mortensen.

PFAS-forbindelserne er en gruppe syntetiske stoffer, der ikke forekommer naturligt. Stofferne har typisk vandafvisende og fedtafvisende egenskaber og anvendes i en lang række produkter som for eksempel tekstiler og fødevareemballage.

Forurenet grund som forsøgsmark

Københavns Kommune har blandt andet bidraget til Gandalf ved at skabe kontakt til entreprenører, som ville stille en grund til rådighed for undersøgelser.

Forskere og miljøteknikere fik derfor mulighed for at prøve deres nye værktøjer af på jord fra en grund på den nordøstlige del af Amager. Der havde tidligere ligget håndværksvirksomheder

Disse billeder er fra en grund på Strandlodsvej på Amager.

og mindre industri på grunden, og kommunen vidste, at den var forurenet.

Jordprøverne fra grunden blev taget efter en metode, hvor man blander jord fra forskellige steder på grunden sammen og analyserer det. Jan H. Christensen sammenligner med den metode, fødevaremyndighederne anvender til at kontrollere mælk.

- På den karton mælk, man tager i køledisken, står der, at den er kontrolleret for næringsindhold, sundhedsmæssige ting med videre. Man har dog ikke kontrolleret mælken i den enkelte karton - i stedet blander man en større mængde mælk, kontrollerer det, og på den baggrund godkender man al mælken, siger Jan H. Christensen.

Analyser i tre niveauer

I Gandalf har man arbejdet med analyser i tre niveauer:

- Niveau 1 er en fuldstændig målrettet analyse af et begrænset antal forudbestemte stoffer. Dette niveau er identisk med de nuværende metoder.
- Niveau 2: Her anvender man ChemFing-metoderne, og analyserer bredt for en lang række kendte forureninger og forureningsmønstre.
- Niveau 3: Her åbner man så at sige vinduet helt op og kigger efter både kendte og ukendte potentielle forureninger. Populært sagt svarer det til at tage et billede af en person med forskellige typer af kameraer fra forskellige vinkler.

På den måde går man fra at analysere for 10-20 parametre på niveau 1, til at kigge efter flere tusinde forskellige stoffer i jordprøven på niveau 3. Mange af stofferne kender man ikke identiteten af i dag.

- Vi kigger efter stoffer, som allerede er mistænkte, men vi prøver også at identificere andre stoffer: Hvad er det? Hvor giftige er de forskellige stoffer? Kan de opløses i vand og skylles ud? Det sidste er relevant, når man bygger København ud ude ved havnen, og der findes en regulering, som siger, at giftige, kemiske stoffer ikke må blive skyllet ud i havnen, siger Jan H. Christensen.

Problemstillingen vedrører også jord, der ikke er flyttet endnu, men som kan påvirke grundvandet.

- Det er ikke i sig selv et problem, at man finder giftige stoffer i jorden, for man skal bruge viden til at finde løsninger på det, siger Jan H. Christensen.

Gandalf er også it-videnskab

Gandalf har ikke kun handlet om

miljøkemi, men i høj grad også om datavidenskab.

Lektor Giorgio Tomasi har stået for projektets datavidenskabelige del, som har udviklet avancerede softwarepakker til avanceret analyse af de kemiske fingeraftryk.

Ved at anvende ChemFingSoil og ChemFingSoil+ er det lykkedes for forskerne at skabe nogle langt mere detaljerede billeder af forureningen, end det indtil nu har været muligt.

- Det svarer til at gå fra sort-hvide billeder til billeder med 256 farver, men i virkeligheden er der jo mange flere farver. I projektet har vi derfor indledt et arbejde, som i fremtiden gerne skulle give os mulighed for at se på endnu flere detaljer og dermed skabe en endnu bedre forståelse af det samlede billede, fortæller Giorgio Tomasi, der har ledet en af Gandalfs arbejdsgrupper.

Fingeraftryk afslører kilden

Det kemiske fingeraftryk viser ikke kun enkelte, rene stoffer. Det giver også billeder af kemiske forbindelser, som gør det muligt at identificere, hvor for eksempel en olieforurening af en grund stammer fra.

- Når vi laver kemiske fingeraftryk ved hjælp af ChemFingSoil-værktøjerne, kan det hjælpe os til at identificere kilden til en forurening, fortæller Giorgio Tomasi.

I mange forureningssager er det vigtigt at kende kilden til forureningen, fordi den oplysning for eksempel kan bidrage til at afgøre, hvem der skal betale for at få fjernet forureningen.

Resultater i skyen

Resultaterne fra Gandalf vil løbende blive uploadet i dataskyen til store, internationale databaser, blandt andet gennem The Normann Database System. Dermed får andre forskere over hele verden mulighed for at trække på de data, som Gandalf har kastet af sig. Samtidig får de danske forskere mulighed for at gå tilbage om for eksempel 10 år og se på egne resultater på baggrund af den viden, man har til den tid.

- Vi finder måske ud af, at en gruppe stoffer, som ikke bekymrer os i dag, viser sig at være relevante. Set fra mit datavidenskabelige synspunkt ligger nogle af projektets største potentialer i, at vi har mulighed for at genbesøge vores data. Det er et af Gandalfs vigtigste eftermæler, siger Giorgio Tomasi.

Det har været nødvendigt at udvikle nye softwaresystemer for at kunne håndtere de meget store datafiler, som er outputtet fra de nye analyseteknikker. Forskerne har derfor, sammen med Københavns Kommune, udviklet en prototype til ny software, som visuelt kan præsentere resultaterne fra de nye analyseteknikker.

Strøm fjerner forurening

Selvom Gandalf officielt er afsluttet, gennemfører parterne et storskalaforsøg med kemiske fingeraftryk i et område, som Københavns Kommune selv ejer. Det drejer sig om Fæstningskanalen, som løber ud i Utterslev Mose. Kanalen skal oprenses for at skaffe fri adgang for regnvand i forbindelse med skybrud.

- Det er mellem 50 og 70 år siden, kanalen sidst blev renset op. Vi ved, der er masser af forurenet sediment i den, og det vil vi prøve at rense ved hjælp af en metode, der hedder elektro-kinetik, siger Martin Jakobsen fra Københavns Kommune.

Metoden går ud på at sende en elektrisk strøm gennem det forurenede sediment.

- Når vi sætter strøm på, ændres den kemiske sammensætning sig i nogle af stoffer. En del af dem forsvinder helt, men hvad bliver de til? Vi risikerer måske, at der opstår nye stoffer, som er endnu farligere. Det vil vi bruge kemiske fingeraftryk til at undersøge, siger professor Jan H. Christensen.

Der er i første omgang tale om et mindre forsøg i seks containere, som senere kan skaleres op til et storskalaforsøg.

Behov for lovændring

Forskergruppen, de private partnere og Københavns Kommune fortsætter desuden med at forfine de kemiske fingeraftryk yderligere. Det sker gennem projektet Vandalf, som handler om kemiske fingeraftryks analyse af spildevand, på samme måde som Gandalf koncentrerede indsatsen om jordforurening.

Martin Jakobsen fra Københavns Kommune håber, at man med Vandalf også kan komme videre med den mere tørre del af forureningsbekæmpelsen, nemlig lovgivningen.

- Med brugen af det kemiske fingeraftryk går vi fra at undersøge målrettet for 15 parametre til måske at finde flere tusind stoffer ved non-target analyse. Hele den danske miljølovgivning er bygget op på, at vi analyserer for nogle stoffer, men når vi nu gør det på en anden måde, giver det nogle lovgivningsmæssige udfordringer. Hvad gør vi, når vi finder noget, som ikke står på listen? lyder spørgsmålet fra Martin Jakobsen.

Svaret ligger hos politikerne og de miljømyndigheder, der skal forberede en eventuel ændring af miljølovgivningen.

- Af samme grund er de relevante myndigheder blevet en integreret del af Vandalf, hvor de i Gandalf stod mere på sidelinjen og blev orienteret undervejs, siger Martin Jakobsen.

E-mail:
Jan H. Christensen: jch@plen.ku.dk

HUSK

Dansk Kemi kan også læses online

Få besked hver gang en ny udgave er tilgængelig.

Tilmeld dig på TechMedia.dk

Nyttig viden fra TechMedia

12 ANSVARLIGT FORBRUG OG PRODUKTION

Verdensmål nr. 12:

Ansvarligt forbrug og produktion

Foto: John Cameron, www.unsplash.com.

Danskere er noget nær verdensmestre i affaldsproduktion med en gennemsnitlig mængde affald på cirka 780 kilo per dansker per år og madspild på cirka 247.000 tons i 2017, det sidste dog for nedadgående. Selvom affaldssortering og genanvendelse er vigtige begreber i kampen mod affaldsmængderne, så er der langt endnu. Overordnet set: Hvis det nuværende mønster fortsætter, vil der i 2050 hvert år være behov for mere end 180 milliarder tons af ressourcer, hvilket er cirka tre gange det nuværende behov - et behov, der ikke på en bæredygtig måde vil kunne dækkes. Dette kan let illustreres ved at se på den såkaldte Earth Overshoot Day, der angiver det tidspunkt på året, hvor vi har brugt de regenererbare ressourcer, der er til rådighed for det gældende år. Denne dag, som teoretisk burde falde den 31. december, eller gerne senere, falder tidligere og tidligere - i 2019 den 29. juli. Grundet coronapandemien var dagen i 2020 "forsinket" og faldt den 22. august.

Udfordringerne er store. Både på produktsiden og på affaldssiden. Som eksempler kan nævnes nanomaterialer, hvor de mulige sundhedsmæssige konsekvenser ikke er fuldt belyst og på affaldssiden kan nævnes plast, hvor der årligt dumpes mellem 5 og 13 millioner tons i havene og elektronikaffald, hvor mere end 40 millioner tons genereres til skade for både den menneskelige og miljømæssige sundhed. Kort sagt skal vi reducere vores økologiske fodaftryk, der i dag for Danmark er på 6,8 gha per dansker, der skal sammenholdes med biokapaciteten på 4,2 gha per dansker. Et simpelt regnestykke fører til, at med det nuværende forbrug er vi godt to millioner mennesker for meget i Danmark.

På globalt plan har den kemiske industri en helt central rolle gennem såvel innovation, udvikling og produktion af en bred vifte af produkter, der er vigtige både for befolkningen og for miljøet for at sikre en bæredygtig udvikling. Her snakker vi både effektivisering af energi- og ressourceforbruget, ikke mindst af ikke-regenererbare ressourcer, reduktion af affald og udledningen af drivhusgasser, øget genanvendelse og udvikling af bæredygtige materialer og forretningskoncepter, hvor økonomisk vækst er dekoblet fra udnyttelse af naturlige ressourcer og miljøpåvirkninger. Samlet kan det siges, at for at sikre bæredygtig produktion og forbrug er det essentielt, at vi holder os inden for de såkaldte "Planetary bounderies".

Lars Carlsen, lc@awarenesscenter.dk

For detaljer om verdensmål 12, se:
https://sustainabledevelopment.un.org/sdg12

Relaterede verdensmål:

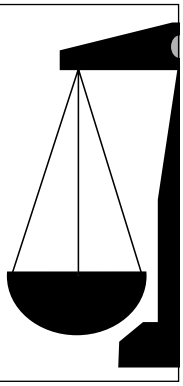
- Mål 3: Sundhed og trivsel
- Mål 4: Kvalitetsuddannelse
- Mål 6: Rent vand og sanitet
- Mål 7: Bæredygtig energi
- Mål 8: Anstændige jobs og økonomisk vækst
- Mål 9: Industriel innovation og infrastruktur
- Mål 11: Bæredygtige byer og lokalsamfund
- Mål 13: Klimaindsats
- Mål 17: Partnerskab for handling

Pipettecenteret

Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

Salg af pipetter og laboratorie varer.



Pipettecenteret
Skovkanten 41 · 4700 Næstved
Tlf. 55 73 62 05 · Mobil 30 33 32 49
Email. nielslindgaard@stofanet.dk
www.pipettecenteret.dk

Coatings til beskyttelse af procesudstyr mod klæbrige råmaterialer

Procesudstyr i cementindustrien skal kunne håndtere vanskelige råvarer, som kan hobes op på overflader og lede til uønskede produktionsstop. Vådt ler, for eksempel, kan klæbe til vægge af udstyr, blokere transportbånd og være årsag til dyre renseoperationer. Kan "antistick" coatings løse problemet?

Af Søren Kiil, Claus E. Weinell og
Kim Dam-Johansen, CoaST, DTU Kemiteknik

Ved brug af enhedsoperationer i cementindustrien, kan råmaterialer som vådt ler og kalkpulver klæbe til udstyrsoverflader, figur 1.

Foto: Kasper Skov Mørk.

Figur 1. Klæbrigt, vådt ler (råmateriale), udtaget fra cementproduktion.

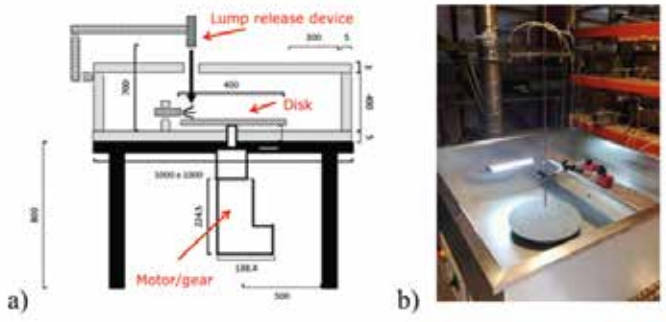
Et velkendt eksempel er indersiden af overføringsslisker mellem transportbånd, hvor blokering af udgange og uforudsigelig ophobning af råmateriale kan forekomme og lede til uønskede produktionsstop. Efterfølgende renseoperationer kan være vanskelige og tidskrævende.

De udsatte overflader kan udstyres med lavfriktionsforinger, der nedsætter akkumulering af materiale, og som kan modstå det hårde partikelslid i kontaktzonen. Imidlertid observeres der også ler i de omkringliggende "sprøjtezoner", hvor sliddet er lavere. Her kan billigere alternativer som "antistick" coatings eventuelt anvendes, og det har været målet i et forskningsprojekt i samarbejde mellem FLSmidth A/S, Hempel A/S og DTU. I undersøgelsen har vi medtaget både coatede og ikke-coatede overflader, og vi har anvendt et pilotanlæg, som simulerer den tribologiske opførsel af råmaterialer, der rammer en udstyrsoverflade. Den fulde beskrivelse af arbejdet kan læses i Fasano et al. [1].

Nyt pilotanlæg

For at kunne måle effektive, statiske friktionskoefficienter, og dermed kunne karakterisere klæbeevnen af vådt ler på metal, foring eller coatede overflader, har vi designet et pilotanlæg. Konstruktionen simulerer "sprøjtezonen" i en overføringsslisker i en cementproduktion, hvor lerklumper og vanddråber - men ikke store sten eller klippestykker som af og til følger med råmaterialet - rammer væggene.

Under fuldskalaforhold trækker tyngdekraften i leret, efter at det har sat sig fast på væggen. I pilotanlægget simuleres den situation med en centrifugalkrafts påvirkning af en lerklump, der klæber (efter et fald) til en roterende skive, figur 2.



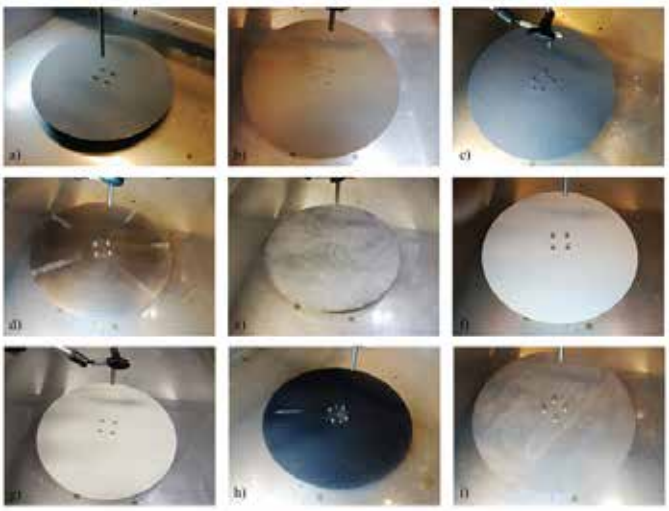
Figur 2. a) Skematisk illustration af pilotanlægget med roterende skive (dimensioner i mm). b) Foto af pilotanlægget. Gengivet fra [1].

Skiven, der er 40 cm i diameter og kan rotere med forskellige hastigheder, er placeret i en beskyttende metalkasse. Over den findes en anordning med vakuumsug og højdejustering, hvorfra en lille lerkugle kan frigives ved påtrykning af trykluft, så den lander på skiven (i fravær af rotation) og sætter sig fast.

Software, udviklet til formålet, sørger for at øge omdrejningshastigheden af skiven fra 0 til 350 rpm over 70 sekunder med en konstant acceleration på 5,0 rpm/s. Undervejs noteres hastigheden, hvor lerklumpen glider af skiven. Den voldsomme stigning i hastigheden påtrykkes, fordi det våde ler hurtigt tørrer, når skiven roterer, hvorved lerets egenskaber ændres. Detaljer om, hvordan den effektive, statiske friktionskoefficient udregnes fra målingerne, findes i [1].

Den roterende skive og overfladerne

Skiven kan være lavet af metal (poleret eller sandblæst), en stiv højmolekylær polyethylen foring (kommercielt Matrox-produkt), eller et coatet metalsubstrat, figur 3.



Figur 3. De undersøgte overfladematerialer. a) Galvaniseret støbejern. b) Accolan LB. c) Matrox-skive. d) AISI 304 rustfrit stål (poleret): Ra = 0.33±0.02 µm. e) Støbejern (sandblæst): Ra = 10.63±0.94 µm. f) Polyuretan (PU): Ra = 2.91±0.21 µm, TFT= 167.4±25.2 µm. g) Silicone: Ra = 1.12±0.16 µm, TFT = 198.5±27.2 µm. h) Accofal 2G54: Ra 1.04±0.11 µm, TFT = 61.3±1.5 µm. i) AISI 304 rustfrit stål (sandblæst): Ra = 1.57±0.14 µm. TFT=tørfilmstykkelse. Ra er den aritmetiske middelruhed af overfladen. Gengivet fra [1].
I tabel 1 er vist, hvilke coatings der blev anvendt i undersøgelsen.

"Polyuretan" dækker over en pigmenteret, tokomponent coating med en høj grad af hydrofobicitet, bestående af en fleksibel polyester polyol hærdet med en isocyanat. "Silicone" er en pigmenteret et-komponent coating, hvor basen påføres og dagen efter en topcoat.

Slantzy ler

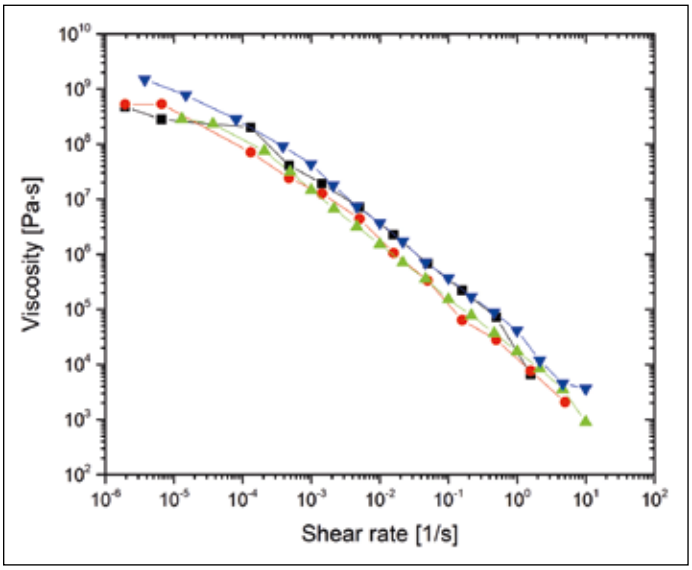
Den reologiske opførsel af Slantzy ler, et konkret råmateriale til cement som vi anvendte i undersøgelsen, blev målt med et avanceret reometer, figur 4.

Det ses tydeligt, at leret er et komplekst viskoelastisk naturmateriale med en viskositet, som afhænger af forskydningskræfterne. Derfor skal det sikres, at leret, i ethvert forsøg, er udsat for samme behandling før og under måling på skiven.

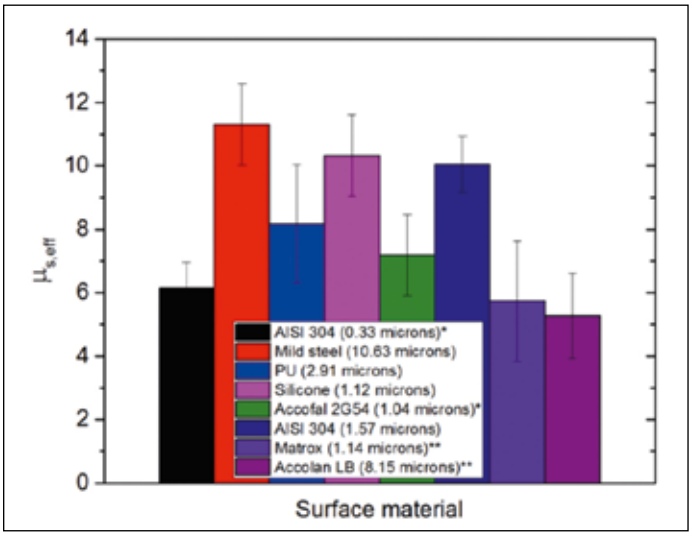
Resultater af forsøg

Undersøgelsens hovedresultater er opsummeret i figur 5.

Overfladerne kan groft taget inddeles i to grupper; dem som klarede sig bedst (poleret rustfrit stål, Accolan 2G54 Teflon coating, Matrox og polyuretan), og de mindre gode (støbejern, silicone coating, og ikke-poleret rustfrit stål). De eksperimentelle usikkerheder er imidlertid betydelige, der er således kun signifikant forskel på de tre bedste og de tre dårligste overflader. Det er overraskende, at forskellen mellem de to grupper ikke er stor, højst en faktor to. Derudover forventede vi, at silicone-coatingen, der anvendes som en slags "slip-let" coating på skibe til bekæmpelse af begroning, ville være at finde i gruppen med de



Figur 4. Reologiske "flow sweep"-kurver med forskydningshastigheder fra 10^{-5} til 10 s^{-1} for Slantzy lerprøver (fire gentagelser). Gengivet fra [1].



Figur 5. Effektive, statiske friktionskoefficienter, $\mu_{s,eff}$, for forskellige overfladematerialer (værdierne angivet i parentes indikerer den gennemsnitlige ruhed) ved målinger med Slantzy ler [1]. AISI 304 er rustfrit stål og PU er polyuretan. Noterne angivet med * og ** er forklaret i [1] og er ikke vigtige her. Gengivet fra [1].

højtydende coatings. En forklaring på den observation er endnu ikke fundet, dog kan det nævnes, at kontakt med havvand (på en skibsside) påvirker overfladeegenskaberne af coatingen.

Interessant nok kan den polerede ståloverflade matche både Matrox-foring og Teflon (Accofal 2G54) coating, og overfladeenergien må derfor være af sekundær vigtighed, idet stål har høj, og Teflon meget lav overfladeenergi. Det er således en mulighed at sikre bedst mulige "antistick"-egenskaber ved at

Coating	Malingsleverandør	Tørfilmstykkelse	Coating type
Accolan LB	Accoat A/S, DK	10-50 µm	Termoplastisk fluoropolymer
Accofal 2G54	Accoat A/S, DK	30-80 µm	Termoplastisk fluoropolymer
Polyuretan	Hempel A/S, DK	200 µm	Hærdeplast med pigmenter
Silicone	Hempel A/S, DK	Første lag 150 µm, andet lag 50 µm	Hærdeplast med pigmenter

Tabel 1. Oversigt over coatings anvendt på stålskiver [1].

anvende tynde plader af højtpoleret stål i udvalgte områder af cementproduktionen (langtidseffekter kendes dog ikke).

For de to Teflon-coatings (Accolan LB og Accofal 2G54) har ruheden en mindre effekt end overfladematerialet, idet den mest ru af de to falder i gruppen med de bedst ydende overflader. Vi forestiller os, at vådt ler klæber til overflader på en helt særlig måde, og at kapillarkræfter er en oplagt mekanistisk kandidat [2], men det blev ikke undersøgt i indeværende arbejde.

Det bemærkes slutteligt, at Teflon-coatings med lav ruhed ikke kan bidrage med overbevisende "antistick"-egenskaber, og det er derfor yderst tvivlsomt, om coatings alene kan løse udfordringen med klæbrigt vådt ler.

Konklusion

"Antistick" coatings og andre typer af overflader kan benyttes til at beskytte procesudstyr mod klæbrige råmaterialer. Et pilotanlæg er designet til hurtig test og måling af friktionskoefficienter og rangorden af forskellige overflader for deres modstandsdygtighed overfor vådt ler. Variationen mellem overfladerne var overraskende beskeden, højst en faktor to. De bedste overflader til formålet er poleret rustfrit stål, kommerciel Matrox-foring, samt coatings af Teflon eller polyuretan. For en uddybende beskrivelse af emnet henvises til [1].

Tak til Innovationsfonden, FLSmidth A/S, Hempel A/S, DTU og Hempels Fond for støtte til forskningsarbejdet, som er udført under platformen "Minerals and Cement Process Technology (MiCeTech).

E-mail:
Søren Kiil, sk@kt.dtu.dk

Referencer

1. A. Fasano, L. Madaleno, S. Davidsdottir, L.S. Jensen, J. Palasi, C.E. Weinell, K. Dam-Johansen, S. Kiil (2020), Wet clay adhesion to antistick coatings: effects of binder type and surface roughness, J. Coat. Tech. Res., 17(1), 69-79.
2. A. Kooistra, P.N.W. Verhoef, W. Broere, D.J.M. Ngan-Tillard, A.F. van Tol (1998), Appraisal of stickiness of natural clays from laboratory tests, Proceedings of the National Symposium of Engineering Geology and Infrastructure, Delft, Netherlands, 101-113.

Forskning i bæredygtige coatings

The Hempel Foundation Coatings Science and Technology Center, CoaST, forsker på DTU Kemiteknik i bæredygtige coatings under overskriften "Coatings for a better future".

Følgende områder har særlig interesse: bundmalinger, antikorrosive malinger, passiv brandbeskyttelse, funktionelle coatings, formulering og produktion, samt nye biobaserede råmaterialer.

Vi samarbejder med råvareleverandører, coatingsproducenter og slutbrugere, og vi etablerer løbende nye projekter i tæt samspil med erhvervsvirksomheder, både nationalt og internationalt.

Kontakt: Centerleder, professor Kim Dam-Johansen, kdj@kt.dtu.dk eller professor Søren Kiil, sk@kt.dtu.dk.

Cysbio får millioninvestering fra EU

Den danske biotek-virksomhed, Cysbio, har fået to millioninvesteringer fra EU's "Horizon 2020" program på i alt 4,4 millioner euro.

Biotek-virksomheden Cysbio er et spinout fra DTU i 2019. Virksomheden har fokus på at producere bæredygtige og billige biokemikalier ved at modificere mikroorganismer og gøre dem i stand til at omdanne simple sukkerarter til biokemiske produkter.

Det har vakt så stor opmærksomhed, at EU med Horizon 2020, som er det hidtil største forsknings- og innovationsprogram i EU, har valgt at støtte Cysbio med to investeringer på i alt 33 millioner kroner.

- Investeringerne fra EU er en kæmpe anerkendelse af vores arbejde og er af afgørende betydning for vores fremtid, forklarer Alex Toftgaard Nielsen, CSO & Co-founder, Cysbio.

Økonomisk løft skaber muligheder

Den ene bevilling er på 15 millioner kroner under programmet Horizon 2020, EIC (European Innovation Council), med det formål at udvikle aminosyrer til brug i fødevarer og foder. Programmet strækker sig over 24 måneder i 2021 og 2022.

Den anden bevilling er Horizon 2020, FTI (Fast Track Innovation) på 18 millioner kroner til færdigudvikling, opskalering og initial produktion af Zostersyre (Ålegræssyre). Under FTI-programmet samarbejder Cysbio i et konsortium bestående af Cysbio, det belgiske pilot- og demonstrationsanlæg Bio Base Europe Pilot Plant samt den tyske kemi- og forbrugervirksomhed Henkel.

Cysbio står for at lede programmet og vil også udvikle og markedsføre produktet. Bio Base Europe Pilot Plant vil sikre den indledende produktion og Henkel vil teste og markedsføre slutprodukterne. Dette program løber også i 2021 og 2022.

Med de ekstra midler udvider Cysbio i 2021 både med flere ansatte og med ekstra kontor og laboratoriefaciliteter.

Om stavning af kemiske navne

- med for eksempel c eller k - og værdien af nomenklatur.

Det er vel ikke nogen nyhed, at navne betyder meget. Måske særlig meget for folk, der interesserer sig for kemi. Kemisk navngivning og nomenklaturregler er meget vigtige: Der er så mange navne i kemien, fordi der er så mange forskellige stoffer. Det er blandt andet derfor, man har dannet IUPAC-organisationen, og derfor man i USA har opfundet CAS-numrene. Man må ikke tage fejl i kemi, for der kan så let opstå farlige situationer. Man skal i hvert fald ikke tage fejl på grund af navneforvirring, hvad man let kan komme til.

Hvad hed den giftige gulgrønne gas, man brugte på Vestfronten i 1. verdenskrig for godt 100 år siden? Skal gassen benævnes klor eller chlor? Stavning er vigtig, når man får lyst til at slå op og søge for at finde detaljerne. Men forskellige kilder kalder ikke de samme ting det samme. Hvordan staver de det? Er et kendt gødningsstof for eksempel benævnt fosfat eller phosphat?

En god måde at finde *anbefaling* til et svar er at bruge Kemisk Ordbog [1] eller hjemmesiden Dansk Kemisk Nomenklatur [2] - eller man kan få hjælp til navngivning i organisk [3] og uorganisk kemi [4].

Silicium eller silikone

Computerchips fra "Silicon Valley" indeholder **silicium** og ikke, som en journalist engang skrev: **silikone**. Silicium og silicone staves med c på dansk og er to meget forskellige ting. Det er ikke nok at konstatere, at silicium findes i begge "ting". Kemiske stoffer afhænger nøjagtigt af, hvad det nøje er.

Silicium (engelsk: silicon) er en almindelig bestanddel i jordskorpen. Det er et kemisk grundstof, element nr. 14 i grundstoffernes periodesystem. Det er et metalloid, hvilket betyder, at stoffet i sine egenskaber ligner både metaller og ikke-metaller. Silicium forbinder sig let med oxygen og findes i naturen i form af oxider (silicater med c, ikke k) i mineraler som for eksempel granit, feldspat, glimmer og sand.

Faktisk fik "Silicon Valley", en dal i Californien, sit navn på grund af den høje koncentration i området af elektronik- og computervirksomheder baseret på silicium-halvledere og -chips, ikke på grund af produktionen af silicone eller den rige forekomst af silicater.

Foto: R.W. Berg.

I små områder - adskilt af isolerende lag under det sorte plastik - indgår silicium i integrerede kredsløb (mikrochips) i moderne elektronik. Helt rent elementært silicium leder ikke elektricitet, men i passende dopet tilstand (med lidt urenheder) er det en effektiv "halvleder". Fidusen er blandt andet, at ladning kan opbevares og flyttes rundt på ude fra styrede måder (programmering). På fotoet er vist utallige RAM-kredsløb til en pc. RAM står for random access memory.

Silicone er i modsætning til grundstoffet Si en fælles betegnelse for en del syntetiske stoffer: polymerer, der består af silicium, oxygen (ilt) og andre grundstoffer, typisk carbon (kulstof) og hydrogen (brint). Formlen er $[OSiR_2]_n$ hvor R er en organisk gruppe, hvoraf der er ganske mange mulige (for eksempel methyl eller større "ting"), og *n* er polymerisationsgraden, som kan være meget stor. Et rimeligt navn for stoffet kunne være af typen: poly(oxysilandiyl), hvor navnet også må udbygges med at inkludere, hvad R er. Man forstår nok, hvorfor trivialnavnet silicone bruges så ofte.

Silicone optræder i flere former: som en væske (siliconeolie) eller som fleksible, gummilignende plaststoffer, der har en række nyttige egenskaber på grund af lav giftighed og høj varmebestandighed. Ofte kan nogle af stofferne også have en god elektrisk isoleringsevne.

Inden for det medicinske område kan silicone findes i form af implantater, kontaktlinser, katetre, bandager og en række andre ting. Der kan også forekomme silicone i mange produkter til personlig pleje, herunder shampoo, personlige smøremidler, barbercreme og legetøj.

På grund af den høje varmebestandighed bruges silicone i en del køkkenudstyr, såsom ovnhandsker, redskaber og håndtag; de ikke-klæbende egenskaber gør også siliconer nyttige til belægning af forme og andet køkkengrej. Siliconernes varmebestandighed og glathed gør visse af dem til ideelle smøremidler til bildele (som fedt eller smørespray). Endelig anvendes silicone ofte også som fugemasse til vandtætte beholdere (for eksempel akvarier) og VVS-rør.

En overordnet konklusion af disse betragtninger må være: Kemisk navngivning er en vigtig ting.

PS: Kemisk stavning på engelsk afviger fra dansk, et emne vi senere vil komme ind på.

E-mail:
Rolf W. Berg, lektor emeritus,
ph.d., DTU Kemi,
rwb@kemi.dtu.dk
Medlem af Nomenklaturudvalget

Referencer
1. T. Damhus, S. Møller, A. Senning (red.): *Kemisk Ordbog*, 3. udgave. Nyt Teknisk Forlag. 2008.
2. http://kemisknomenklatur.dk/. Dansk Kemisk Nomenklatur. Her tilbydes vejledning i dansk kemisk navngivning lagt så tæt som muligt op ad IUPAC's internationale nomenklatur. Det er forklaret hvordan man bruger hjemmesiden.
3. http://kemisknomenklatur.dk/pdf/Organic_Brief_Guide.pdf
4. http://kemisknomenklatur.dk/pdf/EssentialsInorgdansk.pdf

Umami-potentiale af danske østers og blæksprutter

Foto: Jonas Drøner Mouritsen.

Figur 1. Tiarmet dansk blæksprutte (*Loligo forbesii*), hvor kappen er skåret op og indvoldene med gæller, blæksæk, lever, fordøjelsessystem og sifonmuskler er blottet. På siden af den opskårne kappe ses finnerne. Til højre for det store øje er munddelene (ikke synlige), hvorom de otte arme og de to lange tentakler er placeret. Denne særegne placering af armene nær "hovedet" har givet blæksprutterne deres græske navn, *cephalopoder* (dvs. "hoved-fødder"). Den afstivende kitinfjer (gladius) er taget ud og vist øverst i billedet.

Bløddyr udgør ikke nogen stor del af danskernes kost, selvom vores vande har rige bestande af både østers, blåmuslinger og tiarmede blæksprutter. Disse marine organismer kan blive en vigtig fremtidig kilde til animalsk protein. De har det til fælles, at deres indholdsstoffer giver en kraftig synergi i umami-smagen, som kan medvirke til, at vi kan spise mere grønt.

Af Charlotte Vinther Schmidt, Karsten Olsen og Ole G. Mouritsen, Institut for Fødevarevidenskab, Smag for Livet, Københavns Universitet

Den grønne omstilling af vores fødevaresystemer og fødevareproduktion til en sund og næringsrig kost, der er også bæredygtig og klimavenlig, indebærer, at vi skal spise mere grønt og mindre kød fra landdyr [1]. Dette forhold er også for nyligt blevet implementeret i de officielle danske kostråd.

Men der er adskillige udfordringer med at spise mere grønt. For det første er planters proteiner forskellige fra ani-

malske proteiner og har en anderledes biotilgængelighed. For det andet mangler planter en række essentielle næringsstoffer, for eksempel superumættede omega-3 fedtsyrer og B_{12}-vitamin, som vi kun kan få fra animalske kilder og alger [2]. For det tredje, og det er nok den vigtigste grund, så har planter ikke de grundsmage, vi især eftertragter: sød og umami [3]. Dertil kommer, at de ofte er bitre. Det er sandsynligvis grunden til, at de fleste har problemer med at spise mere grønt.

Det er her, marine bløddyr som blæksprutter og muslinger kommer ind i billedet. De er gode kilder til animalsk protein, de har en høj grad af bæredygtighed, og så har vores arbejde for nyligt vist [4,5], at de har store mængder af de stoffer (frie aminosyrer og frie nukleotider), som giver anledning til en stærk synergi i umami-smagen.

Den grønne udfordring

Bortset fra visse modne frugter er det grønne karakteriseret ved, at det mangler den grundsmag, som mennesker evolutionært er udviklet til at eftertragte: umami [3]. Det skyldes planternes biologi, fordi de ikke har muskler, der giver umami-smag (kødsmag). De er sjældent søde, og de har desuden udviklet bitterstoffer til at skræmme os væk. Så det er op ad bakke med at spise mere grønt af meget fundamentale grunde.

Selvom vi rationelt kan indse, at en fødevare er sund, bæredygtig og klimavenlig, så spiser vi den ikke i længden, hvis vi ikke kan lide dens smag. Smagen kommer først. Og det er den egentlige udfordring ved at spise mere grønt: det grønne smager ikke godt nok, især fordi det mangler umami.

Men det er der råd for. Rådet er viden om smag og tilberedning, så det grønne får den manglende umami. Og det er nemt og enkelt, når man først har forstået og accepteret, at der er en objektiv grund til, at det er svært at spise grønt. Løsningen er at tilføre umami, for eksempel 1) ved at bruge lidt fisk, skaldyr, kød, svampe, ost, tang eller æg i dressinger og marinader sammen med det grønne, eller 2) ved at frigøre det grønnes indbyggede potentiale til at give sødme og umami gennem fermentering.

Bløddyr som muslinger og blæksprutter er interessante kandidater til både at give animalsk protein, men også umamismagsstoffer, som kan medvirke til at øge indtaget af grønne fødevarer ved at tilføre den manglende umami-smag. Denne tilgang er beslægtet med at bruge fiskesauce, tørret fiskerogn, skaldyrspulver og skaldyrspasta som "krydderier" i grønne retter.

Umami-synergi

Umami er en af de fem grundsmage, og den stimuleres ved binding af frie glutamationer (glutamat) på umami-receptoren, der er en nu velkendt hetero-dimer G-protein-koblet receptor i smagsløgenes cellemembraner [6]. Receptoren har samtidig et bindingssted for frie 5'-ribonukleotider (nukleotider), for eksempel natrium-adenosin 5'-monophosphat (AMP), natrium-guanosin 5'-monophosphat (GMP), natrium-inosin 5'-monophosphat (IMP) og natrium-xanthosin 5'-monophosphat (XMP). Uridin 5'-monophosphat (UMP) er ikke rapporteret til at kunne bidrage til umami-smagen. Den samtidige binding af glutamat og nukleotider giver anledning til en allosterisk forstærkning af nervesignalet fra receptoren til hjernens smagscenter.

Foto: Svend Bonde, Glyngøre Shellfish.

Figur 2. To slags danske østers: Til venstre Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) og til venstre den flade, europæiske østers (*Ostrea edulis*), som også kaldes Limfjordsøsters.

Synergien, som er meget kraftig og ikke-lineær, er beskrevet ved udtrykket

$$\mathrm{EUC} = u + u \times \Sigma_N \gamma(N) v_N \qquad (1)$$

hvor u er koncentrationen af fri glutamat, v_N er koncentrationen af nukleotidet N, og summen Σ_N løber over alle de forskellige slags nukleotider, der er til stede. $\gamma(N)$ er et sæt af empirisk fastlagte konstanter, der karakteriserer styrken af synergien. Den effektive umami-koncentration, EUC, kan fortolkes som den ækvivalente koncentration af ren glutamat, der skal til for at give den samme umami-intensitet som den givne blanding af glutamat og nukleotider. Styrkekonstanterne er bestemt eksperimentelt til $\gamma(\mathrm{AMP}) = 0.22$, $\gamma(\mathrm{GMP}) = 2.8$, $\gamma(\mathrm{IMP}) = 1.2$ og $\gamma(\mathrm{XMP}) = 0.74$ [7]. Det ses heraf, at især GMP er effektiv til at udløse umami-synergi. Ligning (1) er normeret således, at alle koncentrationer skal indgå i enheder af mg/100 g.

Effekten af umami-synergi er velkendt i køkkenet, for eksempel i kombinationerne æg (glutamat)-bacon (IMP), ost (glutamat)-skinke (IMP) og tomatsauce (glutamat)-oksekød (IMP). Vi har desuden for nylig vist, at umami-synergi kan være en forklaring på den gode smagsparring af østers med champagne [5]. GMP's stærke effekt i umami-synergi er velkendt fra brugen af tørrede svampe i madlavningen, for eksempel shiitake, som indeholder meget GMP [8].

Danske østers og blæksprutter

For at fastlægge umami-potentialet af danske bløddyr har vi undersøgt tiarmede blæksprutter af arten *Loligo forbesii*, figur 1, fanget i Nordsøen og to arter af østers, figur 2, høstet i Limfjorden. De to arter er den europæiske, flade østers eller Limfjordsøsters (*Ostrea edulis*) og Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*). Stillehavsøsters betragtes i Europa som en invasiv art, der i de senere årtier i Danmark har invaderet Vadehavet og nu er en trussel mod den gamle bestand af Limfjordsøsters i Limfjorden, som huser verdens største tilbageværende og sammenhængende bestand af *Ostrea edulis*.

Skønt der er store mængder af blæksprutter i danske vande, bringes de kun ind som bifangst af danske fiskere, og det danske marked er lille. Det meste af fangsten eksporteres sydpå. Muslinger som østers og blåmuslinger er mere kendte end blæksprutter hos de danske forbrugere, men igen bliver det meste af fangst og akvakultur eksporteret. Muslinger er særligt interessante som en ▶

bæredygtig fødevare, fordi disse filterdyr ligger langt nede i fødenetværket og ernærer sig alene ved opløste næringsstoffer og mikroalger. Blæksprutter er også interessante som relativ bæredygtig marin fødevare, fordi alle verdens populationer af blæksprutter har været i vækst de sidste 60 år [9] og giver forhåbninger om at give et voksende bidrag til vores marine fødevarer i tider, hvor mange af verdens fiskebestande er under pres [10].

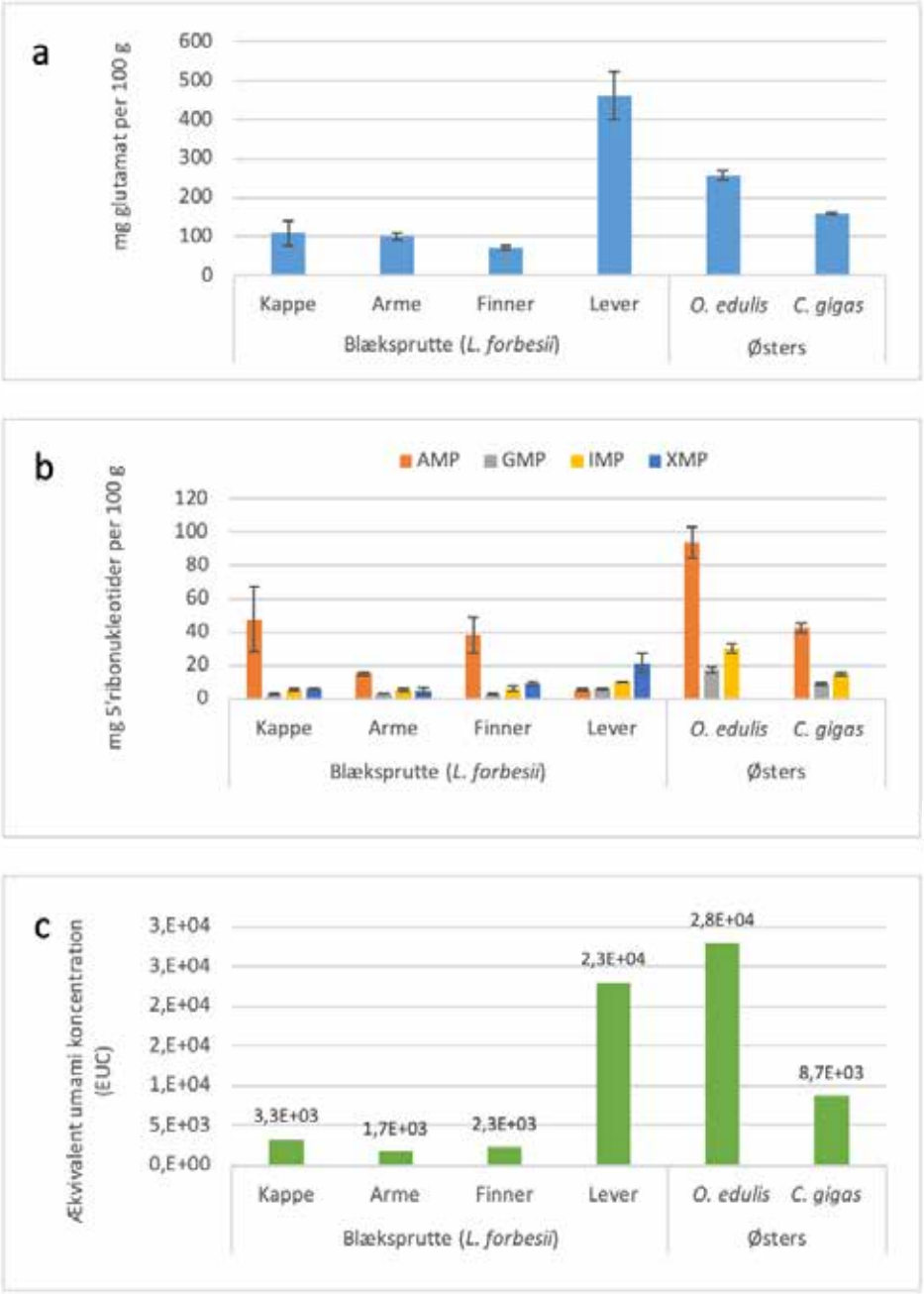
Smagen af østers er kendt for at afhænge af det miljø, de vokser i, og man taler ligefrem om *merroir*. For bedre at kunne sammenligne de to forskellige arter af østers har vi derfor undersøgt østers høstet på den samme banke og på det samme tidspunkt i Limfjorden af fisker Svend Søe Bonde.

Umami-smagsstoffer i danske blæksprutter og østers

Vi har med analytisk-kemiske metoder bestemt indholdsprofilen af frie aminosyrer, med fokus på glutaminsyre, og indholdet af de fire nævnte frie nukleotider i prøver af danske østers [5] og tiarmede blæksprutter [4].

Efter ekstraktion af aminosyrer er de blevet identificeret og mængdebestemt ved hjælp af ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) og spektrofotometrisk fluorescensdetektion. Nukleotider er efter ekstraktion blevet bestemt med standard HPLC. Alle data har været underkastet statistisk dataanalyse med henblik på at afklare signifikansen af forskelle målt for de forskellige prøver inklusiv biologiske replikater.

I figur 3 er vist repræsentative data som middelværdier og standardafvigelser for biologisk variation. Der er kun vist data for fri glutamat og de frie nukleotider AMP, GMP, IMP og XMP. Figuren angiver også den beregnede værdi af den effektive umami-koncentration (EUC).



Figur 3. Indholdsværdier for fri glutamat (a) og frie nukleotider (b) i danske tiarmede blæksprutter (*Loligo forbesii*) og to slags danske østers, Limfjordsøsters (*Ostrea edulis*) og Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*). Alle værdier er i enheder af mg/100 g (våd vægt) ± standard afvigelse for biologisk triplikat. Det er kun den faste del af østersindholdet, der her er rapporteret. Den effektive umami-koncentration (c), EUC, er beregnet i henhold til ligning (1). Alle data refererer til rå prøver.

Umami-potentiale af østers og blæksprutter

Resultaterne i figur 3 viser, at både blæksprutter og østers har et betydeligt umamipotentiale i kraft af de høje indhold af fri glutamat (basal umami), og at begge typer af østers er mere potente end muskler (kappe, arme, finner) af blæksprutter. Derimod indeholder leveren (hepatopancreas) af blæksprutterne væsentligt mere af både glutamat og nukleotider end alle andre undersøgte prøver.

Det er bemærkelsesværdigt, at umamipotentialet for Limfjordsøsters med hensyn til glutamat er omkring 60 procent større end for Stillehavsøsters, og med hensyn til de frie nukleotider er det cirka dobbelt så stort. Den store forskel er i og for sig overraskende i betragtning af, at begge slags østers har fundet føde i det samme vand.

Den humane smagstærskel for glutamat er omkring 30 mg/100 g, hvilket betyder, at alle undersøgte prøver ligger over smagstærsklen alene med deres glutamatindhold. Når man medregner den synergistiske effekt af de frie nukleotider, cf. ligning (1), er alle prøver ekstremt umami-potente.

Til sammenligning med andre, velkendte glutamat-holdige fødevarer kan nævnes EUC-værdier for ægte parmesanost (1.000-2.700 mg/100 g), konbutang (1.300-3.200 mg/100 g), sojasauce (800-1.300 mg/100 g) og fiskesauce (500-3.500 mg/100 g) [11,12]. Andre marine fødevarer med umami-synergi har til sammenligning EUC = 5.437 mg/100 g (kammusling), 481 mg/100 g (snekrabbe) og 644 mg/100 g (japansk tæppemusling) [13].

Hvad kan det bruges til?

For at komme i mål med at indrette Jordens fødevaresystemer til at kunne

give næsten 10 milliarder mennesker en sund, klimavenlig og bæredygtig kost i 2050, skal vi meget hurtigt omlægge vores fødevareproduktion, ændre vores spisevaner og mindske madspild [1]. Det betyder især, at vi skal spise mere grønt og mindre kød fra landdyr. Desuden skal vi bruge klodens marine ressourcer meget mere indsigtsfuldt.

Viden som fremlagt i denne artikel om umami-potentialet af marine fødevarer som muslinger og blæksprutter kan vise sig nyttig til at gøre det muligt for os at spise mere grønt uden at mangle det smagsindtryk, umami, som er så vigtigt for os mennesker, der har været kødspisere i mere end to millioner år. Ved "umamificering" af det grønne ved brug af små mængder af umami-rige marine fødevarer, som beskrevet i denne artikel, er vejen vist til at give velsmag til for eksempel grøntsager [14,15].

E-mail:
Ole G. Mouritsen: ole.mouritsen@food.ku.dk

Referencer
1. W. Willett *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet 393*, 447-492 (2019).
2. O.G. Mouritsen and C.V. Schmidt. A role for macroalgae and cephalopods in sustainable eating. *Front. Psychol.* **11**:1402 (2020).
3. K. Styrbæk and O.G. Mouritsen. *Grønt med umami og velsmag: Håndværk, viden & opskrifter.* Gyldendal (2020). 352 pp.
4. C.V. Schmidt, M.M. Poojary, O.G. Mouritsen, and K. Olsen. Umami potential of Nordic squid *(Loligo forbesii) Int. J. Gast. Food Sci.* **22**, 100275 (2020).
5. V. Schmidt, K. Olsen, and O G. Mouritsen. Umami synergy as the scientific principle behind taste-pairing champagne and oysters. *Nature Sci. Rep.* **10**, 20077 (2020).
6. O.G. Mouritsen and H. Khandelia. Molecular mechanism of the allosteric enhancement of the umami taste sensation. *FEBS J.* **279**, 3112-3120 (2012).
7. J.A. Maga. Flavor potentiators. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **18**, 231-312 (1983).
8. M.M. Poojary, V. Orlien, P. Passamonti, and K. Olsen. Improved extraction methods for simultaneous recovery of umami compounds from six different mushrooms. *J. Food Comp. Anal.* **63**, 171-183 (2017).
9. O.G. Mouritsen and K. Styrbæk. *Blæksprutterne kommer - spis dem!* Gyldendal, København (2018). 232pp.
10. O.G. Mouritsen and K. Styrbæk. Cephalopod gastronomy - a promise for the future. *Front. Comm. Sci. Environ. Comm.* **3**:38 (2018).
11. O.G. Mouritsen. Umami flavour as a means of regulating food intake and improving nutrition and health. *Nutr. Health* **21**, 56-75 (2012).
12. O.G. Mouritsen, L. Duelund, G. Calleja, and M.B. Frøst. Flavour of fermented fish, insect, game, and pea sauces: garum revisited. *Int. J. Gastronomy Food Sci.* **9**, 16-28 (2017).
13. S. Fuke and S. Konosu. Taste-active components in some foods: A review of Japanese research. *Physiol. Behavior* **49**, 863-868 (1991).
14. O.G. Mouritsen and K. Styrbæk. Design and 'umamification' of vegetables for sustainable eating. *Int. J. Food Design* **5**, 9-42 (2020).
15. L.B. Brønnum, A.G. Jensen, and C.V. Schmidt. To meat or not to meat? *J. Food Design* **5**, 83-92 (2020).

Studie af D-vitamin hos børn gav overraskende resultat

Forskerne i Odense Børnekohorte - en unik database, hvor 2.000 fynske børn følges fra graviditet, til de er voksne - har i et netop publiceret studie scannet knoglerne på 1.194 syvårige børn for at se, om det kunne ses på styrken af deres knogler, om de havde fået D-vitamintilskud som små. Og resultatet kom bag på forskerne.

- Det er virkelig overraskende, at vi ikke kan se på børnenes knogler, om de har fået D-vitamin eller ej. Det kunne have noget at gøre med et højt indtag af mælk, konkluderer Signe Monrad Nørgaard, der er førsteforfatter til den nye undersøgelse om D-vitamin hos danske børn.

Forventningen var ellers at finde det modsatte resultat, nemlig at vise en positiv sammenhæng. Men de syvårige børn, der havde fået det anbefalede D-vitamintilskud som små, havde ikke bedre knogler end andre.

- Vi fandt heller ingen sammenhæng mellem knoglestatus hos de syvårige og D-vitaminstatus i blodprøver fra den tidlige eller sene graviditet, navlestrengen eller i femårsalderen. Vi har studeret mere end 1.000 børn, så vi tør godt stole på vores resultater, siger Signe Monrad Nørgaard.

D-vitaminmangel er en velkendt årsag til rakitis (engelsk syge), som er en sygdom med dårligt mineraliserede knogler og skæve ben hos børn. D-vitamintilskud under graviditet og barndom anbefales derfor for at forhindre rakitis.

- Vi forventede, at D-vitamintilskud til spædbørn ikke kun forhindrer rakitis, men også giver bedre knoglestatus senere i barndommen. Derfor undersøgte vi knoglemineraliseringen med en knogletæthedsscanner hos 1.194 syvårige børn, som deltager i Odense Børnekohorte. Vi kunne imidlertid ikke påvise nogen signifikant sammenhæng med knoglemineraltætheden eller knoglemineralkoncentrationen - med eller uden justering for andre faktorer, der vides at påvirke knoglerne. Blodprøver med D-vitaminstatus på alle fire tidspunkter gav de samme resultater, siger Signe Monrad Nørgaard.

Studiet er netop blevet offentliggjort i British Journal of Nutrition. Også studiets leder, professor Henrik Thybo Christesen, blev overrasket:

- Vi fandt ud af, at børn med ældre søskende var mindre tilbøjelige til at få vitamin D-tilskud som anbefalet. Derfor tænkte vi, at disse børn kunne identificeres som en ny risikogruppe for ikke at få nok vitamin D. Men da vi så, at knoglemineralresultaterne var identiske, kan vi ikke tale om at være i risiko, påpeger han.

Så travle forældre bør måske ikke bebrejde sig selv, når de nogle gange glemmer dråberne.

- Det er egentligt et ubehageligt budskab, for vi vil jo ikke gå imod anbefalingerne, og vi vil nødigt risikere, at nogle helt holder op med D-vitamintilskud på grund af vores studie, siger Henrik Thybo Christesen.

Deltagerne i Odense Børnekohorte har lidt længere uddannelse og er lidt oftere af dansk-etnisk oprindelse end ikke-deltagere i Odense Kommune, men det er næppe et problem.

- Jeg tror, at budskabet må være, at selvom D-vitamintilskuddet ikke er optimalt, er børnenes knogler sunde, så længe kosten er sund og kalciumrig, konkluderer Signe Monrad Nørgaard.

Kilde: SDU

Foto: Ross Parmly, www.unsplash.com.

Kan man flyve uden klimaaftryk?

– og til hvilken pris?

Nej, det er ikke muligt. Klimaaftrykket kan i bedste fald nedsættes til halvdelen ved at udskifte oliebaseret jet-brændstof med CO_2-neutral elektro-fuel produceret ved alkalisk elektrolyse kombineret med Fisher-Tropsch syntese. Prisen på en "grøn" flybillet estimeres til at blive cirka 1,6 gange højere end en "sort" flybillet.

Af Torben Lund, Institut for Naturvidenskab og Miljø, Roskilde Universitet

Transportsektoren står for 23 procent af den samlede CO_2-udledning i Danmark, hvoraf luftfartens andel er cirka 3 procent med et forbrug på 1,2 millioner liter jet-brændstof årligt [1].

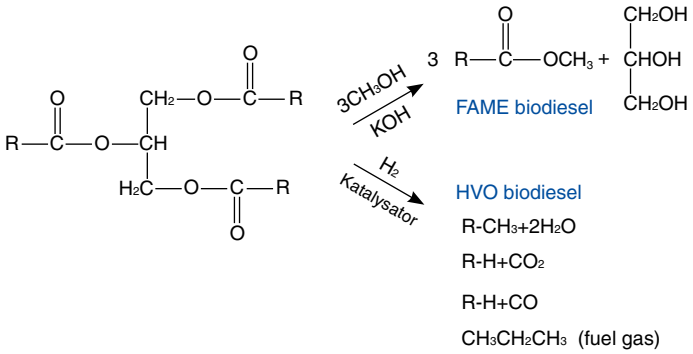
Landtransporten med biler og lastbiler kan omstilles til at være batteridreven med CO_2-neutral "grøn" strøm fra vindmøller og solceller. Batterier dur imidlertid ikke til fly, da energitætheden er cirka 50 gange mindre end i flydende brændsler (lithiumbatterier 0,9 MJ/kg, jet-brændstof 41,6 MJ/kg).

I stedet bør den oliebaserede jet-brændstof udskiftes med flydende biobrændstof. Hvad bliver prisen og hvor meget vil klimaaftrykket, dvs. bidraget til den globale opvarmning, kunne reduceres? Disse spørgsmål blev belyst i et 1. semester projekt på den naturvidenskabelige basisuddannelse på RUC [2].

Valg af metode

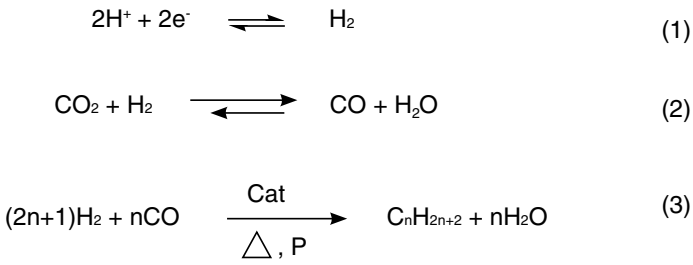
Forbruget af diesel i Danmark er på cirka 3 millioner m^3 [1]. I Danmark og Europa indeholder diesel lovbefalet 7 procent biodiesel, som produceres ud fra planteolier (1. generation biodiesel) og affaldsfedt (2. generation). Triglyceriderne i for eksempel rapsolie kan transesterificeres med methanol til fedtsyremethylestre (FAME) og blandes direkte i almindelig diesel eller omdannes med hydrogen til alkaner kaldet HVO-biodiesel (Hydrotreated Vegetable Oil), figur 1.

Ud fra 1 km^2 rapsmark kan der produceres 106 m^3 biodiesel [3]. Hvis al biodieslen (210.000 m^3) skulle produceres i Danmark, ville rapsmarkerne lægge beslag på 8 procent af Danmarks landbrugsjord, som udgør 60 procent af Danmarks areal = 26.000 km^2. For at kunne dække behovet for jet-brændstof skulle 48 procent af landbrugsarealet i Danmark beplantes med raps, hvilket i en verden med fødevaremangel vil være uetisk.



Figur 1. Reaktionsskema for biodieselsyntesen af fedtsyre methylestre (FAME) og hydrogenbehandlet vegetabilsk olie (HVO). R = alkylgruppe med 12-22 C og 0-2 dobbeltbindinger.

Alternativt vil jet-brændstoffet, som består af C8-C16 alkaner, kunne produceres som elektro-fuel ved hjælp af den velkendte Fisher-Tropsch syntese (FT) med tilførsel af hydrogen produceret f.eks. ved alkalisk elektrolyse (AE) med grøn vindmølle- eller solcellestrøm, figur 2. CO_2 kan produceres ved forgasning af træ, halm, affald eller udvindes fra CO_2-punktkilder såsom cementfabrikker eller direkte fra atmosfæren.



Figur 2. Reaktionsskema for produktion af alkaner ved Fisher-Tropsch processen.

Estimat af elektrofuel-priser

I litteraturen findes en stribe artikler, der forsøger at beregne prisen på fremstilling af forskellige former for elektro-fuels ud fra ret omfattende økonomiske beregninger [4-7].

Som vejleder for et 1. semester studenterprojekt ønskede jeg at vise, hvordan man ved hjælp af nogle simple "back of the envelope"-beregninger, ved brug af nogle simple antagelser og lidt naturvidenskab kan give et estimat af elektro-fuel priser. Ud fra litteraturen ses, at strømudgiften udgør hovedparten af den totale pris for fremstilling af hydrogen ved alkalisk elektrolyse er 79 procent og cirka 60 procent for AE-FT-produktion af alkaner for eksempel oktan [4], hvis forbrændingskarakteristika ligner jet-fuel meget [8]. Strømmængden Q, som skal anvendes til fremstilling af 1 liter oktan (ρ = 0,85 g/cm^3) kan beregnes af Faradays elektrolyselov ligning (4), hvor z = 2, n er antal mol hydrogen og F=96500 C/mol er Faradays konstant.

$$Q = z \cdot n \cdot F \quad (4)$$

$$E_{el} = Q \cdot U \quad (5)$$

Den elektriske energi, der anvendes ved den alkaliske elektrolyse af vand, er givet ved ligning (5), hvor U er potentialforskellen mellem katoden og anoden i elektrolysecellen.

I den alkaliske elektrolyse anvendes typisk en potentialforskel U i intervallet 1,8-2,2V, dvs. med et overpotentiale på 0,6-1,0V i forhold til vands termodynamiske sønderdelingspotentiale på 1,23V.

Resultater

I tabel 1, side 22, ses beregningerne bag vores prisoverslag. Prisen på 1 kilo hydrogen beregnes til 33 DKK ud fra en offshore vindmølle elproduktionspris på 0,48 DKK [9], hvilket svarer meget godt til Schemme et al.'s beregning [4].

Et AE-FT-anlæg er mere komplekst og prisberegningerne mere usikre. Vi finder en oktanpris på cirka 11 kr./liter. Denne pris er cirka tre gange højere end prisen på 1 liter jet-A1 jetbrændstof. Flybrændstoffet udgør cirka 30 procent af billetpri-

sen og en flybillet vil således alt andet lige stige med en faktor 1,6; et estimat, som er tæt på de mere avancerede analysers estimater [5,6,10].

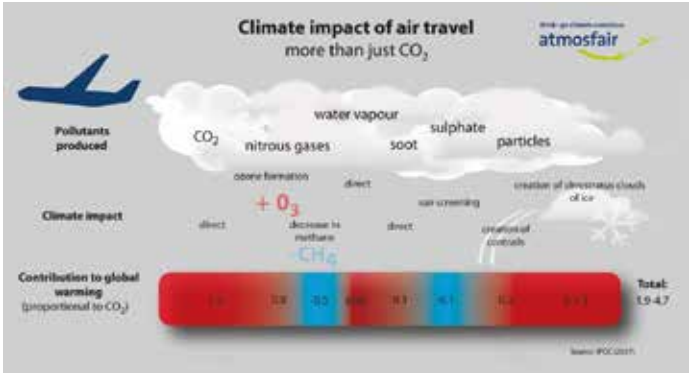
	Elektrolyse H_2/kg	H_2+FT Oktan/liter
Stofmængde	500 mol	7.45 mol
Mol H_2/Mol oktan	-	17
H_2 til Fisher-Tropsch oktan	-	127 mol
Q (Ladningsmængde elektrolyse)	$9.65 \cdot 10^6$ C	$2.44 \cdot 10^5$ C
U (Elektrolysepotentiale)	2.0 V	2.0 V
QU (El-energi)	54 kWh	13.6 kWh
Eludgift i % af total udgift	79% [9]	60% [4]
Elpris DKK/kWh	0.48 [9]	0.48
Elektro-fuel i DKK	33	10.9
Elektro-fuel i DKK litteratur	34-37 [4, 9]	11.6 [5];17.3 [4]
JET-A fuel (fra olie) i DKK	-	3.55
JET-A fuel pris i % af total flybillet		30%
Pris "grøn" flybillet relativ til "sort"		1.6

Tabel 1. Beregning af produktionsprisen for 1 liter elektro-fuel (oktan).

Af tabel 1 ses, at der skal anvendes 13,6 kWh til produktion af 1 liter oktan. Det svarer til, at man skal bruge 16.300 GWh til produktionen af et årligt jet-brændstof forbrug på 1,2 millioner m^3. Vindkraft- og solcelleproduktionen var i 2020 henholdsvis 16.147 GWh og 1.200 GWh [11]. Landtransporten forbruger årligt 3 millioner m^3 diesel og 5,5 millioner m^3 benzin og dermed cirka syv gange så meget energi som luftfarten.

Hvis hele transportsektoren skal elektrificeres med batterier og elektro-fuel, skal den danske "grønne" elproduktion udbygges, så den er 8-10 gange større end den nuværende produktion for at kunne dække den samlede transportsektors elektricitetsbehov.

CO_2-kilden til elektro-jet fuel kunne tænkes at stamme fra forgasning af halm. Den totale danske halmproduktion i 2013 var på 5,6 millioner tons, hvoraf de 3,3 millioner tons kan bruges uden for landbruget [12]. Hvis vi antager, at kulstof-omdannelseseffektiviteten til kulbrinter er cirka 50 procent, svarer det til, at der skal bruges 60 procent af den tilgængelige halmproduktion i Danmark til produktion af 1 million tons jet-elektro-fuel.



Figur 3. Klimaaftryk ved luftfart [15].

Stadig et betragteligt klimaaftryk

Kan vi så mod at betale 1,5-2 gange mere for flybilletten flyve med god klimamæssig samvittighed? Svaret er desværre overraskende nej! Klimabelastningen ved flyvning skyldes ikke kun udledningen af CO_2 ved forbrænding af jet-brændstoffet. Der udledes også masser af vanddamp, som i 10 kilometers højde i atmosfæren ved -50°C omdannes til iskrystaller, den ses som de velkendte hvide kondensstriber (engelsk contrails) på en klar blå himmel. Kondensstriberne vil efterfølgende sprede sig og give anledning til cirrostratos skyer. Iskrystallerne i kondensstriberne kan dels tilbagekaste sollys (albedo effekt), hvilket vil virke afkølende - men kondensstriber og cirrostratos skyerne tilbageholder også varmestrålingen fra jorden. Samlet bevirker kondensstriber og cirrostratos skyerne en opvarmning af jorden med en effekt, der er op til 2-3 gange større end selve effekten af den udledte CO_2 [13,14]. De forskellige relative klimabidrag fra CO_2, partikeludledning, NO_X og vanddamp er vist i figur 3 [15]. Af figuren fremgår, at hvis CO_2 klimabelastningen fra afbrænding af jet-brændstof i 10 kilometers højde sættes til 1, skal man, for at beregne den samlede klimabelastning ved flyvning, gange med en faktor på 1,9-4,7. Hvis der flyves på CO_2-neutral elektro-fuel kan belastningen nedsættes til 0,9-3,7.

I bedste fald kan man således halvere klimaaftrykket ved at flyve på bio-jet/elektro-fuel - men man kan ikke reducere klimaaftrykket til 0 med den nuværende jetmotor-teknologi.

Flyvning kan muligvis kompenseres med aktivt CO_2-udtag fra atmosfæren og lagring i undergrunden. Men hvor meget ekstra dette ville koste på flybilletten, er et åbent spørgsmål.

E-mail:
Torben Lund: tlund@ruc.dk

Referencer

1. *Energistatistik*. 2018, DrivkraftDanmark.
2. Diab, A., G. Abdirashid, and J. Hyunh, *Kan det være muligt at flyve uden klimaaftryk?* 2020, Roskilde University.
3. https://emmelev.dk/emmelev/biodiesel/.
4. Schemme, S., et al., *H2-based synthetic fuels: A techno-economic comparison of alcohol, ether and hydrocarbon production.* International Journal of Hydrogen Energy, 2020. 45(8): p. 5395-5414.
5. Hansen, N.H., T.H. Pedersen, and L.A. Rosendahl, *Techno-economic analysis of a novel hydrothermal liquefaction implementation with electrofuels for high carbon efficiency.* Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 2019. 13(3): p. 660-672.
6. Mortensen, A.W. and K.D. Rasmussen, *The tragedy of the planet?* 2018, SDU.
7. Broe, M. and T.D. Rasmussen, *Sustainable Transportation in a future Renewable Danish Energy System.* 2018, SDU.
8. Goldmann, A., et al., *A Study on Electrofuels in Aviation.* Energies, 2018. 11(2): p. 392.
9. *Fuel costs - Production, distribution and infrastructure costs used in the Economic Analysis in Grøn Roadmap 2030*. EaEnergy Analysis.
10. Winther, A., et al., *Nordic GTL- a pre-feasibility study on sustainable aviation fuelfrom biogas, hydrogen and CO_2,* 2019.
11. https://energidataportal.dk/visualizations/solar-and-wind.
12. https://mst.dk/media/91745/faktaark_-_vaerdikaeder_for_halm.pdf.
13. Kärcher, B., *Formation and radiative forcing of contrail cirrus.* Nature Communications, 2018. 9(1): p. 1824.
14. Caiazzo, F., et al., *Impact of biofuels on contrail warming.* Environmental Research Letters, 2017. 12(11): p. 114013.
15. *Fact Sheet: The Growth in Greenhouse Gas Emissions from Commercial Aviation*. 2019, Environmental and Energy Study Institute (EESI).

NMR-symposium for Poul Erik Hansen

Fredag den 4. december afholdt Institut for Naturvidenskab og Miljø, Roskilde Universitet et eftermiddagsminiforskningssymposium i anledning af professor Poul Erik Hansens 75-års fødselsdag. Symposiet blev afholdt som et hybridmøde med lokale foredragsholdere samlet på RUC og de øvrige foredragsholdere og deltagere via Zoom.

Formen var delvis dikteret af coronasituationen, men den tillod til gengæld at have talere og deltagere fra hele verden. Institutleder Susanne Sørensen indledte mødet med at give en oversigt over PEH's lange virke på RUC. Programmet for mødet afspejlede PEH's mangesidede forskningsinteresser og virke med fokus på anvendelser af NMR.

Foruden de videnskabelige foredrag var der også et fjernindlæg fra Jørgen Skibsted, formand for Dansk Forening for Molekylspektrokopi, som opridsede fødselarens virke og betydning for Molekylspektroskopi og NMR i Danmark.

Som en af foredragsholderne bemærkede, var det ærgerligt, at mødeformen ikke tillod mere social kontakt, men til gengæld var det så muligt at have tilhørere fra Kina i øst til Californien i vest.

Søren Hvidt, RUC

Referencer

1. Enhanced Ca^{2+} influx in mechanically distorted erythrocytes: measurements with 19F nuclear magnetic resonance spectroscopy Kuchel, P.W.; Romanenko, K.; Shishmarev, D.; Galvosas, P. and Charles D. Cox C.D. Scientific rep.submitted.
2. Arresting consecutive steps of a photochromic reaction:Studies of β-thioxoketones combining laser photolysis with NMR detection. Waluk, J.; Pietrzak, M.; Dobkowski, J.; Gorski, A.; Gawinkowski, S.; Kijak, M.; Luboradzki, R. and Hansen, P.E. Chem.Phys.Phys.Chem. 16 (2014) 9128-9137.
3. Stable isotope resolved metabolomics classification of prostate cancer cells using hyperpolarized NMR data. Frahm, A.B.; Jensen, P.R; Ardenkjaer-Larsen, J.H.; Yigit, D. Lerche M.H., J. Magn. Reson. 316 (2020) 106750.
4. Certain carboxylic acid buffers can destabilize beta-cyclodextrin complexes by competitive interaction. Samuelsen, L.; Holm, R.; Schonbeck, C. Int.J.Pharma. 589 (2020) Article Number: 119774.
5. Stability of the oxidized form of $RuLL'(NCS)_2$ dyes in acetonitrile in the presence of water and pyridines - Why the Dye-sensitized solar cell electrolyte should be dry. Lund, T.; Hansen, P.E.; Josephsen, J.; Krake,J. and Mortensen, J. Solar Energy189 (2019) 235-243.
6. A method for validating the accuracy of NMR protein structures. Fowler, N.J.; Sljoka, A. and Williamson, M.P. Nature commun. December 2020. 11 (2020) 1-11.
7. RPA(D) and HRPA(D): calculation of carbon-carbon spin-spin coupling constants for saturated cycloalkanes. Moller, C.H.S.; Schnack-Petersen, A.K.; Sauer, S.P.A. Mol.Phys. 118 (2020) SI.
8. Preliminary study of mechanism of action of SN38 derivatives. Physicochemical data, evidence of interaction and alkylation of DNA octamer d(GCGATCGC)(2). Naumczuk, B.; Kawecki, R.; Bocian, W.; Bednarek, E.; Sitkowski, J. and Kozerski, L. Magn.Reson.Chem. **55** (2017) 128-136.
9. The Role of Electrostatics in the Mechanism of Cardiac Thin Filament Based Sensitizers. Cai, F.; Robertson, I. M.; Kampourakis, T; Klein, B.A. and Sykes, B.D. ACS. Chem. Biol. -15 (2020) 2289-2298.

Program:

"Mechanically induced cation transport in red cells: NMR studies".
Philip Kuchel, Emeritus Professor, University of Sydney, Australia

"Tautomerism and rotamerism in electronically excited states".
Jacek Waluk, Professor, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

"Metabolic Activities in Living Cells Studied with Signal Enhanced NMR".
Mathilde Hauge Lerche, Senior Researcher, DTU, Lyngby

"Influence of Buffers on the Stability of Cyclodextrin Complexes".
Lisa Samuelsen, Ph.d.-student, Roskilde University

"NMR and MS - a strong combination in dye sensitized solar cell dye degradation, ion-liquids and natural product research".
Torben Lund, Associate Professor, Roskilde University

"The importance of hydrogen bonds for NMR structures of proteins".
Mike Williamson, Professor, The University of Sheffield, England

"Calculations of NMR properties: New methods and recent successes".
Stephan P.A. Sauer, Professor, University of Copenhagen

NMR and MS in the drug development stage".
Lech Kozerski, Professor, National Medicines Institute, Warsaw, Poland

"The Development of Direct Cardiac Sarcomere Modulators".
Brian Sykes, Professor, University of Alberta, Canada

PK fortalte, hvordan mekanisk påvirkning af røde blodlegemer kan ændre disses metabolisme. Den mekaniske påvirkning skete i laboratoriet ved at have røde blodlegemer i geler og deformere disse. Han gav en meget informativ oversigt over de mange iontransportører i cellemembranen og forklarede energibaggrunden for blodlegemets bi-konkave form alt sammen undersøgt med NMR [1].

JW viste blandt andet, hvordan laserlys ledt ned i NMR-apparatet kan benyttes i struktur- og mekanismeopklaring af photokemiske reaktioner [2].

MHL's bidrag viste, hvordan dynamic nuclear polarization NMR kan bruges i prostatacancerforskning [3].

LS' foredrag klarlagde det underlige i, at polære buffere påvirker bindingen af upolære stoffer i cyclodextriner [4].

TL viste blandt andet, hvordan vand skader virkningen af farvestofsolceller af DSSC-type [5].

MW demonstrerede, hvordan nye programmer kan benyttes til at bestemme kvaliteten af proteinstrukturer bestemt ved hjælp af NMR og pointerede vigtigheden af at kunne bestemme hydrogenbindinger [6].

SPAS gav en oversigt over smarte funktionaler til at beregne NMR-parametre på en god, men mindre tidskrævende måde [7].

LK fortalte om ny udvikling af nye og mindre giftige topoisomerase 1 hæmmere til kræftbehandling [8].

BS viste, hvordan et langt livs forskning i muskelproteiner ved hjælp af NMR kan føre til forståelse af virkningen af medikamenter i behandling af hjertesygdomme og dermed til bedre behandling [9].

Dansk NMR-spektroskopi har mistet en af sine pionerer

Af Malene Ringkjøbing Jensen, Institut for Struktur Biologi, Grenoble, Frankrig og D. Flemming Hansen, University College London, London, Storbritannien

Med ph.d., dr.scient., docent emeritus Jens Jørgen Leds død den 19. oktober 2020 har dansk kernemagnetisk resonansspektroskopi (NMR) mistet en af sine pionerer og Københavns Universitet en af sine mest dedikerede undervisere gennem tiden. Jens Jørgen Leds eftermæle, hans opdagelser og hans entusiasme for videnskab vil uden tvivl præge dansk og international forskning i biokemi, kemi og NMR-spektroskopi i mange år fremover.

Uddannelse

Jens Jørgen blev uddannet som civilingeniør i kemi i 1963 fra Danmarks Tekniske Højskole. Efter to års militærtjeneste (løjtnant af reserven) blev han licentiatstuderende og fik derefter sin ph.d.-grad i mikrobølgespektroskopi i 1968 under vejledning af professor Børge Bak, Københavns Universitet. Efterfølgende blev Jens Jørgen ansat som lektor ved Københavns Universitet, Kemisk Afdeling med NMR-spektroskopi som hovedfelt. I 1971 flyttede Jens Jørgen til Salt Lake City i USA i to år for at arbejde som seniorforsker i professor David M. Grants gruppe ved universitet i Utah. Det var her, han blev interesseret i paramagnetiske metalkomplekser - et forskningsfelt som kom til at præge det meste af hans lange og succesfulde forskningskarriere.

Paramagnetiske metalkomplekser

Jens Jørgens interesse for paramagnetiske metalkomplekser ledte blandt andet til udviklingen af detaljerede metoder til at analysere ^{13}C NMR-relaksationshastigheder og deres temperaturafhængigheder. Således publicerede

Jens Jørgen Led (Euromar-konferencen i 2004).
21. april 1938 - 19. oktober 2020.

han to artikler i det førende, internationale tidsskrift *Journal of American Chemical Society*, hvor han beskrev strukturen og ligevægtsdynamikken af aminosyren histidins komplekser med både nikkel (Ni^{2+}) og mangan (Mn^{2+}) ved hjælp af paramagnetisk NMR, figur 1A [1,2]. Disse to artikler, sammen med syv andre artikler, dannede senere grundlaget for Jens Jørgens doktorafhandling (dr.scient.), som han blev tildelt i februar 1988 ved Københavns Universitet.

Tidlig interesse for proteiner

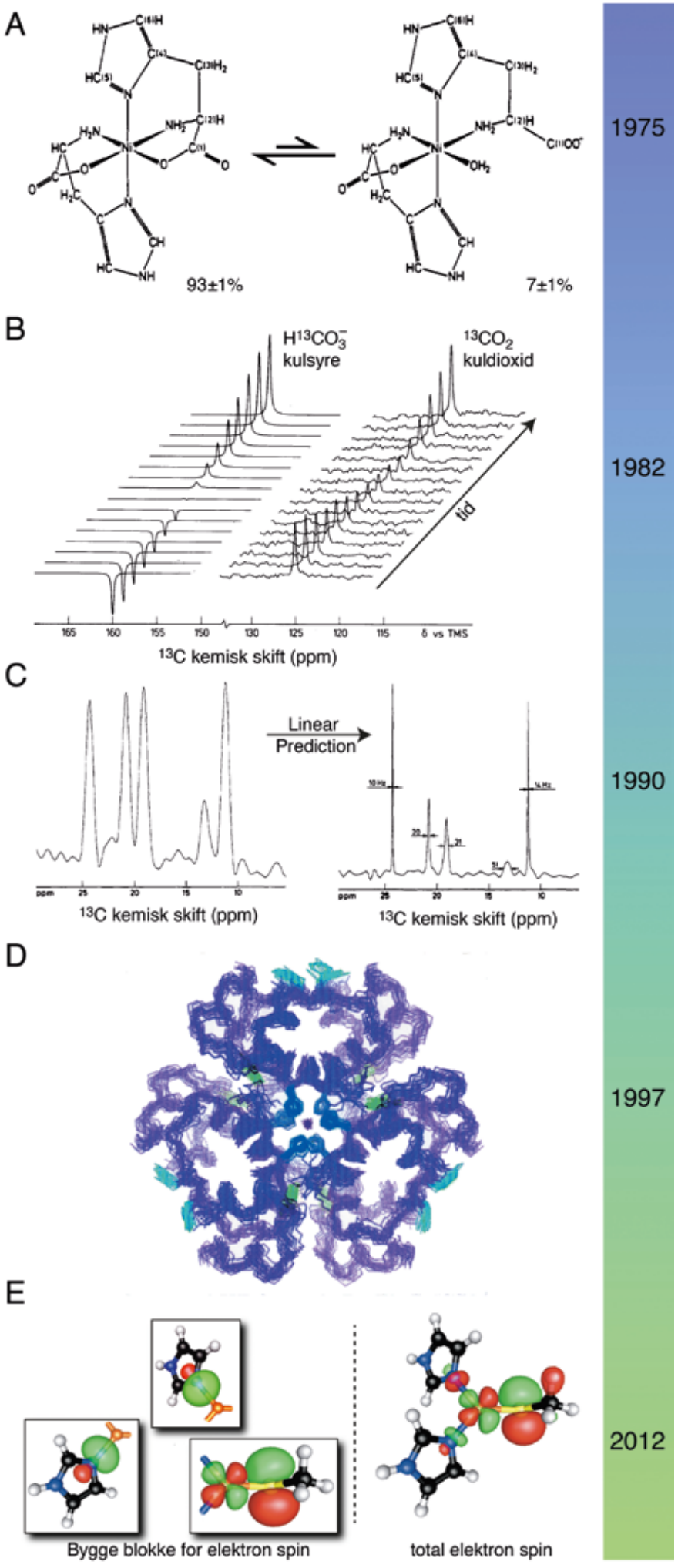
I starten af 80'erne begyndte Jens Jørgen at interessere sig for proteiner, og han skrev i den forbindelse sin første artikel i Dansk Kemi omhandlende brugen af NMR-spektroskopi til at bestemme proteiners struktur og funktion [3]. Hans interesse for proteiner startede med enzymet kulsyreanhydrase, hvis funktion er at omdanne kuldioxid til kulsyre. Jens Jørgen kunne på elegant vis bestemme aktiviteten af Mn^{2+}-formen af enzymet ved at kvantificere overførelsen af ^{13}C magnetisering fra kuldioxid til kulsyre og *vice versa,* figur 1B [4]. På det tidspunkt var det endnu ikke muligt at udtrykke og oprense proteiner rekombinant fra for eksempel *E. coli*-bakterier, og kulsyreanhydrasen blev derfor oprenset direkte fra røde blodlegemer på Københavns Amtssygehus.

Udvikling af Linear Prediction (LP) metoden

Jens Jørgen lavede også helt exceptionelle bidrag til analysen af NMR-spektre, hvor han blandt andet var med til at udvikle Linear Prediction (LP) metoden, figur 1C [5]. Det var specielt ideen om at bestemme frekvenser og linjebredder fra LP-koefficienterne, der her var banebrydende. Efter frekvenser og linjebredder er bestemt for NMR-signalerne i et spektrum kan intensiteter og faser nemt blive bestemt med en mindste kvadraters analyse. Linear Prediction-metoden finder i dag sin brede anvendelse i NMR-spektroskopi, blandt andet til at øge opløsningen af komplicerede NMR-spektre, til at minimere trunkeringsartefakter, samt som et værktøj til at udvikle kunstig intelligens.

Et frugtbart samarbejde med Nordisk Gentofte

I 1986 etablerede Jens Jørgen protein NMR-gruppen på Kemisk Institut ved Københavns Universitet. Det blev startskuddet til et yderst frugtbart samarbejde med Nordisk Gentofte (senere Novo Nordisk), der samtidig støttede erhvervelsen af et 500 MHz NMR-spektrometer økonomisk. Med installationen af dette spektrometer blev det muligt for Jens Jørgens gruppe at optage multidimensionale NMR-spektre af proteiner og dermed studere deres struktur, dynamik og funktion med atomar opløsning. Over en længere årrække studerede han blandt andet insulin, hvilket kulminerede med bestemmelsen



Figur 1. Oversigt over Jens Jørgen Leds vigtigste forskningsbidrag.

(A) Udvikling af paramagnetisk NMR til at bestemme strukturen og ligevægtsdynamikken af histidins kompleks med Ni^{2+}. Populationerne af de to komplekser er angivet.

(B) Overførelse af ^{13}C magnetisering mellem kuldioxid og kulsyre til bestemmelse af aktiviteten af enzymet kulsyreanhydrase.

(C) Udvikling af Linear Prediction til at opnå høj opløsning i den indirekte dimension af et 2D ^{13}C-^{1}H NMR-spektrum af B9(Asp) insulin.

(D) Bestemmelse af NMR-strukturen af den phenol-stabiliserede R_6 hexamer form af insulin.

(E) Udvikling af byggeblokke for det uparrede Cu^{2+}-elektron spin i proteinet plastocyanin til at bestemme præcise paramagnetiske relaksationshastigheder.

af NMR-strukturen af den phenol-stabiliserede R_6 hexamer form af insulin, figur 1D [6] og med dynamiske studier af interessante varianter af insulin med øget biologisk aktivitet [7,8].

Forskning i plastocyanin

I midten af 90'erne etablerede Jens Jørgen et samarbejde med professor Jens Ulstrup på Danmarks Tekniske Universitet med det formål at karakterisere kobber-proteinet plastocyanin på atomart niveau. Plastocyanin er et redoxprotein (Cu^{2+}/Cu^{+}) i fotosyntesen, hvis funktion er at overføre elektroner fra cytokrom f til fotosystem II. Jens Jørgens gruppe leverede i det følgende årti flere helt banebrydende forskningsresultater med bestemmelsen af strukturen og dynamikken af *Anabaena variabilis* plastocyanin [9-11] og udviklingen af følsomme NMR-metoder til at bestemme relaksationshastigheden af den uparrede Cu^{2+}-elektron [12,13] samt hastigheden for udvekslingen af elektroner mellem to plastocyanin-molekyler [14,15]. Sidst, men ikke mindst, bestemte han strukturen af Cu^{2+}-sitet i plastocyanin [16], der inkluderede en detaljeret beskrivelse af den uparrede elektrons fordeling på Cu^{2+}-ionen og de nærmeste metalbundne aminosyrer, figur 1E [17,18].

En eminent formidler

Udover hans prominente forskningskarriere kommer man ikke udenom at nævne Jens Jørgens fantastiske bidrag til undervisningen på Kemisk Institut inden for fagene biofysisk kemi og NMR-spektroskopi. Hans forelæsninger og øvelseskurser var meget værdsatte af ▶

de studerende på alle niveauer, specielt på grund af hans store entusiasme og dedikation til de enkelte fag. Han formåede at forklare selv de mest komplicerede NMR-koncepter på et niveau, der var forståeligt for alle, og han tiltrak samtidig et stort antal studerende til sin forskningsgruppe.

En stor inspiration

Jens Jørgen var en international anerkendt forsker og var samtidig en fremtrædende aktør i udviklingen af dansk NMR-spektroskopi. Han var for eksempel i en lang periode formand for "Instrument Center for NMR Spectroscopy of Biological Macromolecules". Han trak sig tilbage i 2008 fra Københavns Universitet, men han fortsatte med at være tilknyttet som docent emeritus.

Jens Jørgen har støttet, vejledt og hjulpet mange studerende inden for NMR-spektroskopien igennem de sidste fem årtier. For os, der har haft Jens Jørgen som mentor eller vejleder, vil hans entusiasme for både forskning og undervisning forblive en stor inspiration, og vi har i særdeleshed nydt godt af hans støtte og venskab.

E-mail:
Malene Ringkjøbing Jensen:
malene.ringkjobing-jensen@ibs.fr

Referencer

1. Led, J.J.; Grant, D.M. Carbon-13 Relaxation in Paramagnetic Complexes of Amino Acids. Structural and Dynamical Information on a Manganese(II) Complex of Histidine. *J. Am. Chem. Soc.* **1975**, *97*, 6962-6970.
2. Led, J.J.; Grant, D.M. Carbon-13 Relaxation in Paramagnetic Complexes of Amino Acids. Structural and Dynamical Information on Nickel(II) Complexes of Histidine. *J. Am. Chem. Soc.* **1977**, *99*, 5845-5858.
3. Led, J.J. Kernemagnetisk Resonans Spektroskopiske Studier af Proteiners Struktur og Funktion. *Dansk Kemi* **1983**, *64*, 74-78.
4. Led, J.J.; Neesgaard, E.; Johansen, J.T. Carbon Dioxide Hydration Activity and Metal--Substrate Distances of Manganese (II) Human Carbonic Anhydrase B Determined by 13C Magnetization--Transfer NMR. *FEBS Lett.* **1982**, *147*, 74-80.
5. Led, J.J.; Gesmar, H. Linear Prediction Enhancement of 2D Heteronuclear Correlated Spectra of Proteins. *J. Biomol. NMR* **1991**, *1*, 237-246.
6. Chang, X.; Jorgensen, A.M.; Bardrum, P.; Led, J.J. Solution Structures of the R6 Human Insulin Hexamer, *Biochemistry* **1997**, *36*, 9409-9422.
7. Jørgensen, A.M.; Olsen, H.B.; Balschmidt, P.; Led, J.J. Solution Structure of the Superactive Monomeric Des-[Phe(B25)] Human Insulin Mutant: Elucidation of the Structural Basis for the Monomerization of Des-[Phe(B25)] Insulin and the Dimerization of Native Insulin. *J. Mol. Biol.* **1996**, *257*, 684-699.
8. Keller, D.; Clausen, R.; Josefsen, K.; Led, J.J. Flexibility and Bioactivity of Insulin: An NMR Investigation of the Solution Structure and Folding of an Unusually Flexible Human Insulin Mutant with Increased Biological Activity. *Biochemistry* **2001**, *40*, 10732-10740.
9. Badsberg, U.; Jørgensen, A.M.M.; Gesmar, H.; Led, J.J.; Hammerstad, J. M.; Jespersen, L.-L.; Ulstrup, J. Solution Structure of Reduced Plastocyanin from the Blue-Green Alga Anabaena Variabilis, *Biochemistry* **1996**, *35*, 7021-7031.
10. Ma, L.; Hass, M.A.S.; Vierick, N.; Kristensen, S.M.; Ulstrup, J.; Led, J.J. Backbone Dynamics of Reduced Plastocyanin from the Cyanobacterium Anabaena Variabilis: Regions Involved in Electron Transfer Have Enhanced Mobility. *Biochemistry* **2003**, *42*, 320-330.
11. Ma, L.; Jørgensen, A.M.M.; Sørensen, G.O.; Ulstrup, J.; Led, J.J. Elucidation of the Paramagnetic R1 Relaxation of Heteronuclei and Protons in Cu(II) Plastocyanin from Anabaena Variabilis. *J. Am. Chem. Soc.* **2000**, *122*, 9473-9485.
12. Ma, L.; Led, J.J. Determination by High Field NMR Spectroscopy of the Longitudinal Electron Relaxation Rate in Cu(II) Plastocyanin from Anabaena Variabilis. *J. Am. Chem. Soc.* **2000**, *122*, 7823-7824.
13. Jensen, M.R.; Led, J.J. Determination of the Electron Relaxation Rates in Paramagnetic Metal Complexes: Applicability of Available NMR Methods. *J. Magn. Reson.* **2004**, *167*, 169-177.
14. Ma, L.; Philipp, E.; Led, J.J. Determination of the Electron Self-Exchange Rates of Blue Copper Proteins by Super-WEFT NMR Spectroscopy. *J. Biomol. NMR* **2001**, *19*, 199-208.
15. Jensen, M.R.; Hansen, D.F.; Led, J.J. A General Method for Determining the Electron Self-Exchange Rates of Blue Copper Proteins by Longitudinal NMR Relaxation. *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, *124*, 4093-4096.
16. Hansen, D.F.; Led, J.J. Determination of the Geometric Structure of the Metal Site in a Blue Copper Protein by Paramagnetic NMR. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **2006**, *103*, 1738-1743.
17. Hansen, D.F.; Led, J.J. Mapping the Electronic Structure of the Blue Copper Site in Plastocyanin by NMR Relaxation. *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, *126*, 1247-1252.
18. Hansen, D.F.; Westler, W.M.; Kunze, M.B.A.; Markley, J.L.; Weinhold, F.; Led, J.J. Accurate Structure and Dynamics of the Metal-Site of Paramagnetic Metalloproteins from NMR Parameters Using Natural Bond Orbitals. *J. Am. Chem. Soc.* **2012**, *134*, 4670-4682.

Villum Kann Rasmussens Årslegat til klimaforskning

Professor Jens-Christian Svenning, Aarhus Universitet og professor Ib Chorkendorff, DTU, modtager begge Villum Kann Rasmussens Årslegat til Teknisk og Naturvidenskabelig Forskning.

Der uddeles to årslegater i år i anledning af, at Villum Fonden fejrer sit 50 års-jubilæum.

Fælles for de to modtagere af årslegaterne er, at de begge har fokus på at løse nogle af verdens store klimaudfordringer.

Professor Ib Chorkendorff forsker i katalysatorer, som kan hjælpe verden til en fossilfri energiforsyning. Han modtager Villum Kann Rasmussens Årslegat på 5 millioner kroner.

Professor Jens-Christian Svenning forsker i biodiversitet og økosystemers dynamik for at afdække, hvilke faktorer der former, truer og sikrer jordens biologiske mangfoldighed. Han modtager Villum Kann Rasmussens Årslegat på 5 millioner kroner.

KM

Oleogustus - det omdiskuterede fedtsmagsløg

Af Jens Folke, lean6sigma.eu

Videnskabelig forskning har godtgjort, at vi kan smage fedt på i hvert fald fem måder:

1. Den fede mundfølelse af for eksempel en god olivenolie eller en kokosolie, som udgøres af triglycerider.
2. Korte, hydrolyserede fedtsyrer smager surt/sødt og ikke ret godt i større mængder - smørsyre findes i harsk smør, men også i modnet parmesan.
3. En bitterlignende smag af mere langkædede frie fedtsyrer (oleogustus-smagsløget).
4. Harsket fedt fra peroxidation af fedtsyrer, specielt de umættede.
5. Smørsmag forbindes med små mængder butan-dion, 2,3-pentadion og 3-hydroxybutanon.

Det er således uomtvisteligt, at oleogustus-smagssansen har sit eget G-protein-koblede smagsløg, der stimuleres af langkædede frie fedtsyrer (pkt. 3). I sin rene form er oleogustus-smagen ikke rar (måske en advarsel om sundhedsfarlig, fordærvet mad?). Det viser blandt andet forskning fra RD Mattes, se DK 2015(1/2).

Mattes udstyrede forsøgspersoner med næseklemmer, så duftstoffer ikke kunne forstyrre smagningen. Han lod disse forsøgspersoner smage seks prøver: Fem med de velkendte grundsmage og én med frie fedtsyrer [1,2]. Det viste sig, at de kortkædede fedtsyrer smagte nærmest surt, og at mellem- og langkædede fedtsyrer smagte mere i retning af bittert - men med sin helt særlige, distinkte smag. I dette forsøg blev oleogustus-sansen altså stimuleret alene, så det giver forventeligt ingen madglæde, ligesom ren glutaminat, eller rene bitterstoffer heller ikke gør det.

Så dette forsøg udelukker ikke, at oleogustus-stimulus i samspil med for eksempel umami kan give en dybde i maden, der giver madglæde. Tænk blot på et fedtmarmoreret oksehøjreb, der har hængt og modnet i 5-6 uger, således at proteiner og ATP er nedbrudt til frit glutaminat og frie nucleotider (DK 2020(7)). Fedtet vil da også modnes på samme måde som i lardo, den langtidsmodnede, italienske specialitet lavet af rygspæk fra grise. Lardo i bedste kvalitet modner dog over mange måneder, ikke uger, og her er der indiskutabelt tale om eksistensen af frie fedtsyrer i det færdige produkt [3]. Det ses for eksempel ved, at lardo begynder at smelte ved betydelig lavere temperaturer end det umodnede spæk, og det bekræftes af kemiske analyser i den italienske rapport, der ligger til grund for ref. [3]. Derfor må lardo antages at stimulere oleogustus-smagsløget på en behagelig måde i samspil med triglycerider og korte fedtsyrer.

Den komplekse smag af specielt lardo og foie gras er nok blandt de bedste indicier på eksistensen af en kompleks og

behagelig oleogustus-smag, fordi de beviseligt ikke indeholder glutaminat. Foie gras indeholder en blanding af triglycerider og frie fedtsyrer [4,5] og ifølge kokken, K. Styrbæk, ingen umami-triggere (personlig kommunikation).

Fedtsyrer er normalt bundet med esterbindinger til glycerol. Men under modningen af for eksempel lardo over lang tid, hydrolyseres esterbindingerne til frie fedtsyrer, og smeltepunktet for spækket sænkes - det er blevet til lardo.

Det er meget vigtigt under modningen at holde miljøet iltfrit, så man undgår den frie radikal-reaktion, der harsker fedtet. I Italien modnes lardo i marmorkar, og der er grund til at antage, at calciumioner fra marmoren har en beskyttende virkning mod harskning af spækket, mens det modner.

Den gode oleogustus-smag opleves i sammenhæng med umami, sukker og bitterstoffer; og i nogen grad også med den søde smagssans, altså de G-protein-koblede smagsløg, som blev behandlet i DK 2020 (5,6,7,8). Det giver ikke mindst evolutionsmæssig mening, da sukker og bitterstoffer er koblet til kulhydrater og planteføde, umami til protein og oleogustus til fedt, altså vores tre hovednæringskilder. Hele vores stofskifte er reguleret af sådanne G-koblede proteiner.

Potentielle kilder til oleogustus er for eksempel:
- Parmesan o.a. modnede oste
- Parmaskinke (fedtlaget)
- Foie gras
- Lardo
- Cremefraiche (38%)
- Krogmodnet, fedtmarmoreret kød

Spørgsmålet om, hvorvidt oleogustus-smagsløget blot er et evolutionsmæssigt advarselssystem for fordærvet mad, eller om oleogustus skal opfattes som et sjette smagsløgs-kompleks, mener jeg, kan besvares med et ja til begge dele. Hvis de seks grundsmagssanser stimuleres enkeltvist, giver det ikke "god smag", men tjener som en advarsel. Det gælder i særdeleshed smagsløg for syre-, salt- og bitter-, men også umami- og sukker-smagsløg kan blive overstimuleret.

Der er således ingen tvivl om, at vi har advarselssystemer for giftig og fordærvet mad: Modning og fermentering af kød, fisk og grøntsager er godt - forrådnelse er livsfarligt. Derfor er det ikke et argument i sig selv, at en oleogustus-stimulans isoleret giver en dårlig, fordærvet smagsoplevelse. Det er samspillet mellem grundsmagene, der giver madglæden. I stedet for smagshjulet med de fem grundsmage skal smagssekskanten derfor introduceres i kokkeverdenen [6] (se DK 2020(02)). I DK 2020(3) gav jeg en opskrift på den oleogustus-rige Sauce Blanquette. Det er den syrnede cremefraiche (38%), der er ophav til oleogustus-smagen. Den behagelige oleogustus-stimulans kræver ofte lang tilberedningstid - måneder og år, for eksempel oste, der tillige stimulerer umami med hjælp fra kokumi (DK 2020(8)).

Tak til min kusines mand, lektor Paulo Sibani (SDU), for gennemlæsning og personlig kommunikation omkring den italienske rapport om lardo [3].

Facebook: Køkkenkemisten

Referencer
1. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26142421.
2. http://www.smagforlivet.dk/artikler/fed-smag-velkommen-til-den-sjette-grundsmag.
3. https://om.ciheam.org/om/pdf/a76/00800575.pdf.
4. G. Nistor, E. Nistor, V. Bampidis & V Christodoulou: Weight and Composition of The Foie Gras https://www.researchgate.net/publication/328791966_Weight_and_composition_of_the_foie_gras.
5. X. Fernandez, V. Lazzarotto, M.D. Bernadet, H. Manse: Comparison of the composition and sensory characteristics of goose fatty liver obtained by overfeeding and spontaneous fattening. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31162617/.
6. https://www.foodandwine.com/news/11-recipes-featuring-official-sixth-taste-oleogustus-aka-fat.

Her kommer en opskrift fra Anders Pølsemager Pedersen, Foreningen Dit eget hjemmepølsemageri:

Lardo

Lardo er det, vi i Danmark kalder tykt mellemkam-spæk. Det er næsten umuligt at opdrive det tykke, danske spæk, som skal til for at få den helt rigtige smag frem; men en god økologisk frilandsgris er et godt bud.

Ingredienser:

1 kg spæk
500 g nitritsalt
1 spsk. sorte peberkorn ristet på panden og letknust i morter
6 fed hvidløg, finthakket
4 g tørret rosmarin

Fremgangsmåde:

1. Bland salt og øvrige ingredienser.
2. Hæld blandingen i en beholder.
3. Vend spækket rundt så alle sider bliver dækket.
4. Fordel blandingen over spækket og dæk det med et lufttæt låg. Nu står det på denne måde et koldt og mørkt sted i ca. ½ år. Når det halve år er gået, børstes saltet af, skindet skæres af, og det kan nu vakuumpakkes og opbevares i køleskab.

I Italien bruger man lardo på mange måder. Skåret i helt små tern ristet på panden til supper eller på pizzaer, eller slicet i tynde skiver på ristet brød med et par blade basilikum og et par dråber fin jomfruolivenolie. Det kan også skæres i små tern og mikses ind i gryderetter eller sammen med æg og parmesanost. Mulighederne er mange.

Jeg forsøgte at indkøbe lidt italiensk lardo til denne artikel, men fandt kun en blok på omtrent 2 kg, så det blev ved tanken.

Nyt innovativt system til aseptisk prøveudtagning

Det er særdeles vigtigt, at mikrobiologiske prøver udtages under strengt aseptiske forhold.

Af Klaus Hansen,
levnedsmiddelingeniør
og fødevarejournalist

Med et nyt prøveudtagningssystem fra Fooddes sikres det, at de udtagne prøver til mikrobiologi er udtaget aseptisk - med andre ord at prøven er helt fri for kontaminering forårsaget af skadelige bakterier, vira eller andre mikroorganismer, der kan forekomme under prøveudtagningen. Derved garanteres prøvens validitet og integritet, hvilket giver sikre og pålidelige analyseresultater, der har en reel værdi.

Hvert septum er forsynet med separate prøveudtagningskanaler

Prøveudtagningen foregår via en sanitær port, og porten kan monteres hvor som helst i processen, for eksempel i en rørføring eller en tank. Den sanitære port i prøveudtagningssystemet er forsynet med et sterilt septum af silikone, der indeholder 7 eller 12 separate prøvekanaler, hvorigennem prøven udtages aseptisk.

Traditionelle og gængse septa er *ikke* forsynet med separate prøveudtagningskanaler, og derfor vil der altid være en risiko for, at prøven - eller eventuelt selve produktet i rørsystemet - kontamineres med gamle produktrester, der sidder tilbage i septummet fra en tidligere prøveudtagning.

Her udføres en aseptisk og kontinuerlig prøveudtagning via en membranpumpe, der over længere tid "suger" prøven ud gennem den sanitære port.

Det kan imidlertid ikke ske i det nye system, hvor prøven som ovenfor nævnt altid udtages gennem en frisk og ubrudt (dvs. steril) prøvekanal.

Typiske medier er flydende eller halvflydende produkter som for eksempel mælk, øl, æg, vin, juice, yoghurt, tykmælk, skyr og lignende.

Med dette prøveudtagningssystem kan man få et sandt og ægte billede af antallet af bakterier, gær og skimmel i sine råvarer, færdigvarer eller halvfabrikata.

Den sanitære port kan monteres hvor som helst

Hvor i processen skal man så anbringe sin port og indgang til fødevaren? Det afhænger af formålet med den mikrobiologiske analyse. Ønsker man for eksempel oplysninger om råvarens mikrobiologiske status, så kan man anbringe prøveudtagningsporten i den tank, hvor råvarerne opbevares.

Det er også muligt at udføre proceskontrol. Eksempelvis er det muligt at verificere, om pasteuriseringen er forløbet lige efter bogen eller ej. Mange virksomheder stoler blindt på deres pasteuriseringsapparat og er sikre på, at pasteuriseringen forløber, som den skal. Men selv et pasteuriseringsanlæg kan svigte, og derfor er det vigtigt at verificere pasteuriseringsprocessen med faste mellemrum som et led i GMP. Det gøres ved at udtage en aseptisk og mikrobiologisk prøve - via en sanitær port - umiddelbart efter, at pasteuriseringen har fundet sted. Forhøjede kimtal vil her afsløre en pasteuriseringsproces ude af kontrol - hvorefter pasteuriseringsanlægget bør kigges efter i sømmene og tjekkes for eventuelle fejl og mangler.

Her-og-nu-prøver

I de fleste tilfælde anvendes prøveudtagningssystemet til "her-og-nu-prøver". Det

Her udtages en "her-og-nu-prøve". Prøven udtages strengt aseptisk via en sanitær port, der er forsynet med et sterilt septum indeholdende 7 eller 12 individuelle kanaler. Gennem en af disse kanaler udtages prøven med en steril kanyle og overføres til prøvebeholderen. Der anvendes naturligvis en ny og ubrugt prøveudtagningskanal ved hver prøveudtagning. Dermed sikres det, at hverken prøven eller mediet, dvs. fødevaren i procesanlægget, forurenes under prøveudtagning.

tager meget kort tid, og efter prøveudtagningen har fundet sted, afleveres prøven til eget laboratorie eller evt. videresendes til et eksternt laboratorie.

Fooddes kan levere alle de remedier, der skal bruges til prøvetagningen, for eksempel sterile prøveudtagningskanyler og -beholdere.

Til udtagningen af prøverne bruges almindeligvis en "single sampler", der er en steril beholder af hård plast, hvor der er monteret en steril kanyle til udtagning af prøver. Single sampleren kan udtage prøver med en størrelse på op til 60 ml og er forsynet med et selvlukkende dæksel.

Hvis der skal udtages større prøvemængder, kan der anvendes sterile prøveudtagningsposer i størrelser fra 250 ml og helt op til 7 liter.

Kontinuerlig prøveudtagning

Ved hjælp af en peristaltisk pumpe er det muligt at udtage prøver over et længere tidsrum. Det giver mere repræsentative prøver, da der her ikke er tale om en her-og-nu-prøve, der kun tegner et øjebliksbillede af den mikrobiologiske status.

Ved kontinuerlig prøveudtagning kobles en peristaltisk pumpe til prøveudtagningsporten, og herefter indstilles den peristaltiske pumpe til løbende at udtage prøver af mediet/fødevaren, samtidig med at processen finder sted. Prøven ledes fra den peristaltiske pumpe og over i en steril prøveudtagningspose, der efter prøveudtagningen afleveres til de relevante mikrobiologiske analyser.

Lad os antage, at der laves en kontinuerlig prøveudtagning efter et pasteuriseringsanlæg, og det tager en time at pasteurisere en batch. I løbet af denne time vil den peristaltiske pumpe kontinuerligt opsamle prøver fra batchen. Det betyder, at resultaterne fra den mikrobiologiske analyse er repræsentative for hele batchen og ikke bare et øjebliksbillede af batchen i det ene minut, hvor prøven blev taget, hvilket jo er tilfældet i en her-og-nu-prøve.

Bred anvendelse i industrien

Patrick Fisher fra Fooddes siger:

- Systemet kan anvendes bredt i industrien, for eksempel ser vi et stort potentiale hos mejerier, bryggerier, juicefabrikanter, læskedriksfabrikker osv.

Prøveudtagningssystemet kan også anvendes i medicinal- og biotekindustrien.

Yderligere information:
Fooddes
Patrick Fisher
Tlf. 28 55 27 06
E-mail: pmf@fooddes.dk

Se systemet i funktion på video

På YouTube findes en video, der giver et godt overblik over, hvordan prøveudtagningssystemet fungerer i praksis. Gå ind på YouTube og søg på "Qualitru Sampling Systems, Needle Insertion Training Guide" og se videoen.

Foto: Busch Vacuum Solutions.

Cobra Plus skruevakuumpumpe: klar til Industri 4.0.

Intelligent vakuumteknologi minimerer energiforbruget

Busch Vacuum Solutions præsenterer Cobra NX 0950 A Plus, den anden vakuumpumpe i Plus-serien.
Det er en tør, oliefri vakuumpumpe, der kan køre ved en konstant hastighed eller med trykregulering, hvilket gør den usædvanligt energieffektiv. Pumpen kan derfor meget præcist holde den ønskede pumpehastighed ved en bestemt hastighed. Den kan også indstilles til at holde det nødvendige vakuumniveau, uanset hvordan procesforholdene ændres.

Cobra Plus kan anvendes i en bred vifte af applikationer, hvor der kræves tør vakuumteknologi. Med dens uafhængige og efterspørgselsstyrede system, genereres vakuum både pålideligt og effektivt.

På grund af frekvensstyringen dækker vakuumpumpen et pumpehastighedsområde fra 200 til 950 m^3/timen og kan nå et ultimativt tryk på 0,01 mbar.

Alle driftsdata registreres og gemmes. Disse data kan tilgås direkte på skærmen på pumpen eller overføres via en Modbus TCP/IP-klient/serverprotokol. Som et resultat kan vakuumpumpen også fjernstyres fra en pc. Dette gør vakuumpumpen fuldt klargjort til Industri 4.0.

Cobra Plus er designet til at blive brugt i to tilstande. Via skærmen på pumpen kan brugerne vælge mellem "Konstant hastighed" eller "Trykregulerings"-tilstand. Den mest egnede driftstilstand afhænger af applikationstypen. Hvis for eksempel en proces kræver konstant pumpehastighed, kan denne indstilles ved hjælp af driftstilstanden "Konstant hastighed" og ændres når som helst.

Hvis man modsat ønsker at opretholde et specifikt ultimativt tryk, vil man bruge driftstilstanden "trykregulering". Der defineres et specifikt tryk, som pumpen opretholder, uanset hvordan pumpehastigheden ændres.
Det betyder, at denne driftstilstand altid bruges, hvis der er behov for konstant ultimat tryk eller et konstant vakuumniveau. Når det krævede vakuumniveau er på plads, fortsætter pumpen med at køre med en minimumshastighed på 20 Hz, hvilket gør det muligt at reagere på et pludseligt behov for øget pumpehastighed ved at øge rotationshastigheden. I tilfælde af længere pauser kan vakuumpumpen også tænde og slukke automatisk takket være Ecomode-indstilling. Begge driftsformer gør, at Cobra Plus kan tilpasses perfekt til processen, hvilket resulterer i høj effektivitet, da kun den strøm, der faktisk er nødvendig, forbruges.

Vakuumpumpen er baseret på skruevakuumteknologi fra Busch. Det væskefri driftsprincip gør det muligt at undgå at bruge olie eller andre driftsvæsker, når der genereres vakuum. Dette gør det særligt velegnet til applikationer, der kræver, at det pumpede medium ikke kontamineres af driftsvæsker, eller dem, der kræver renrumsforhold.

Yderligere information:
Busch Vakuumteknik A/S
Ralf M. Andersen
Tlf. 28 68 97 08
E-mail: Ralf.andersen@busch.dk

SSC17 - 17th Scandinavian Symposium on Chemometrics

Denmark is the host of the 17th Scandinavian Symposium on Chemometrics (SSC17) held in the Nordic countries.

The symposium will, of course, have a strong scientific focus and the programme will include contributed lectures, poster presentations and a vendor exhibition. The symposium invites speakers from adjacent scientific areas as well as young scientists to present their research.

The meeting is an ideal forum for networking and various activities will be arranged to facilitate this.

6-9 September 2021 in Aalborg, Denmark

Read more:
https://ida.dk/arrangementer-og-kurser/arrangementer/dsk-2020-334528.

It is possible to attend the event online instead of in Aalborg.

Read more:
https://ida.dk/arrangementer-og-kurser/arrangementer/ssc17-17th-scandinavian-symposium-on-chemometrics-online-339117.

Stationære batterier til lagring af sol- og vindelektricitet

Deltag i et spændende foredrag om udvikling af nye, billige, vandige batterier til lagring af strøm fra vindmøller og solceller og hør om, hvordan vi blandt andet kan løse nogle af vores miljøudfordringer.

Solveig Kjældgaard vil fortælle om, hvordan vi blandt andet kan løse nogle af vores miljøudfordringer ved at anvende stationære batterier til lagring af sol- og vindelektricitet med nye billige materialer med lav miljøpåvirkning.

19. maj 2021 i København

Læs mere:
https://ida.dk/arrangementer-og-kurser/arrangementer/stationaere-batterier-til-lagring-af-sol-og-vindelektricitet-338629.

Ingeniørforeningen, IDA | Kalvebod Brygge 31-33 | 1780 København V | Tlf.: 33 18 46 34, Anne Dalgaard | website: ida.dk | e-mail: ada@ida.dk

Afsender: TechMedia A/S, Naverland 35, DK-2600 Glostrup

TA Instruments

Taking **MATERIAL CHARACTERIZATION** to a **NEW LEVEL**

Training courses and lunch seminars in thermal, rheology and microcalorimetry:

- Sign up and increase your application knowledge
- Balanced content between theory and practical hints (including Q&A session)
- Participation is free (courses and seminars - not the two conferences mentioned at the bottom of the table)

Be up-to-date with the latest news and join these fine on-line training courses and seminars:

	When	Description
Thermal Analysis	March 30-31st & June 8th	Differential Scanning Calorimetry (Short & Long Courses)
	March 9th & June 9th	Modulated Differential Scanning Calorimetry (MDSC) (Short & Long Courses)
	March 23rd & June 22th (Full Day)	Thermogravimetric Analysis (TGA) Course
	May 19th (Full Day)	Simultaneous Differential Scanning Calorimetry & Thermogravimetric Analysis (SDT) Course
	April 28th (Full Day)	Sorption Analysis (SA) Course
	March 24th & June 23rd (Full Days)	Dynamic Mechanical Analysis (DMA) Course
	May 18th (Full Day)	Thermomechanical Analysis (TMA) Course
	March 11th	Lunch Seminar: Easy reporting and batch processing in Trios
	April 22nd	Lunch Seminar: Hyphenated DSC techniques (Photocalorimetry, Raman, NIR, Camera)
	May 27th	Lunch Seminar: Specific heat capacity measurements (Cp) by DSC and MDSC
	June 30th	Lunch Seminar: Measurement of the glass transition: A comparison of different techniques
Rheology	April 6th & June 8th	Rheology Module 1: Basic Intro Course
	April 7th & June 9th	Rheology Module 2: Geometry Choice Course
	April 13th & June 15th	Rheology Module 3: Flow & Viscosity Course
	April 14th & June 16th	Rheology Module 4: Step Transient Course
	April 20th & June 22th	Rheology Module 5: Oscillation Amplitude Course
	April 21st & June 23rd	Rheology Module 6: Oscillation Frequency Course
	April 27th & June 29th	Rheology Module 7: Oscillation Time Course
	April 28th & June 30th	Rheology Module 8: Oscillation Temperature Course
	March 10th	Lunch Seminar: A rheological approach to coatings
	March 24th	Lunch Seminar: A rheological approach to polymers
	July 7th	Lunch Seminar: Linear DMA mode for rotational rheometers
	July 22nd	Lunch Seminar: A rheological approach to food
Micro-calorimetry	June 1st / March 2nd & May 25th	TAM IV Basic Course / Solution Calorimetry Course
	June 3rd	TAM AIR Course
	March 4th & June 15th / March 9th & June 8th	TAM RH Course / TAM ITC Course
	March 11th & June 10th / March 16th & May 27th	Affinity ITC Course / NANO DSC Course
	April 13-15th	Annual European Rheology Conference (AERC) 2021. The conference is co-organized by the NRS and ESR and takes place in the virtual space
	August 18-20th	Nordic Rheology Conference & Nordic Polymer Days 2021 (jointly). With special theme: Sustainable Chemistry and Materials. Alto University, Espoo (depending on the situation).

**For additional course and seminar details (and registration): www.tainstruments.com/europe-north-training-schedule*

For additional information please email:
sweden@tainstruments.com, denmark@tainstruments.com,
norway@tainstruments.com or finland@tainstruments.com.
By telephone: +46 (0)8 555 521 or +45 46 57 41 00.

Waters™ | TA Instruments