

dansk kemi

Nummer 9 - September 2017 / 98. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

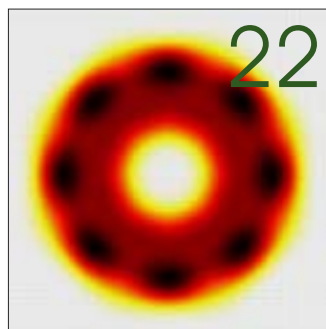
Fra Krøyer til krigsfly

Kunsten at lave
god mad i stor skala

Kan cassava
erstatte hvedemel?



INDHOLD



1 Forside:

Læs i dette nummer om hvordan en undersøgelse af P.S. Krøyers tubefarver førte til strukturløsningen af det korrosionsbeskyttende pigment zinkgult.

12 Fra Krøyer til krigsfly

Det kan umiddelbart virke overraskende, at den danske Skagensmaler P.S. Krøyer, som døde i 1909, har haft indflydelse på strukturløsningen af pigmentet zinkgult i 2017. Læs hvordan det gik til.

16 Cassava til delvis erstatning af hvedemel i hvidt hvedebrød

Dansk enzymteknologi kan give bedre bagekvalitet af hvedemel iblandet cassavamel.

18 Har du tillid til dine fødevarer?

Kemiske analyser er væsentlige for tillid til og gennemskuelighed af fødevarer, men hvordan kan metoder følge med udfordringerne?

22 Forskning i fødevarereproduktionsteknologi:

Fysiske principper bag kunsten at lave god mad i stor skala. Tilberedningen af faste fødevarer ved koge-, stege- og bageprocesser er et centralt trin i størstedelen af al madlavning, både i lille og stor skala.

26 Kemieksamen 10. juni 1967

Den 10. juni 1967 var en vigtig dag for skribenten, idet han var til mundtlig eksamen i kemi 1 i en tid præget af store undervisere.

28 Faststof-gas og væske-gas dispersioner: Røg og damp

Røgning har til formål at skabe mest mulig røg, uden at der kommer flammer. Derfor opblødes træflis i vand, før det kommer på grillkullene, og derfor bruges fint smuld til koldrygning. Læs mere om dette i køkkenkemisten.

TechMedia

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

Redaktion:

Katrine Meyn (ansvarshavende)
km@techmedia.dk
Lektor 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, dr. phil. Carl Th. Pedersen
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingeniørgruppen)
Professor, forskningschef Lars Wiebe
Lektor, civilingeniør, ph.d. Merete
Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foërsom
(Næstformand, Kemilærforeningen)
Konsulent Nikolai Stubbjær Nilsen
Procesindustrien
Seniorforsker, PhD.
Peter Have Rasmussen

Redaktionssekretær/ Leverandørregister:

Heidi Thode
ht@techmedia.dk

Annoncer:

Johnny Elmeskov
Tlf. 43 24 26 65
je@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

Trykt på miljøvenligt
papir med vegetabiliske
miljøfarver.

Abonnement:

Ændring/opsigelse sendes til:
abonnement@techmedia.dk
Bestil abonnement direkte på:
www.techmedia.dk

Oplag: 4.196

Online læsere: 1.075

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.

UK: Huson European Media -
Tel.: (+44) 1932-564999
USA, New York: Huson International Media
Tel.: +1 212 268 3344
USA, California: Huson International Media
Tel.: +1 408 879 6666
Germany: Huson International Media
Tel.: (+49) 89-9500-2778



Scan og hent Dansk Kemi's
medieinformation 2017 her!
Hent QR Scanner,
hvor du normalt henter apps.

FREMTIDENS FØDEVAREINDUSTRI

Nordeuropas største messe for fødevareteknologi

Book din stand
Kontakt
Susanne Hofmann
på shh@mch.dk eller
tlf. 9926 9926



FOODTECH

Processing & Packaging | 13. - 15. november 2018



Flere penge til (grund)forskning i 2018?

” Universiteterne skal ikke lave grundforskning, fordi det er nemt, men netop fordi det er svært

Der er desværre ingen tvivl om, at universiteterne de næste år vil stå i en situation, hvor de vil have ondt i økonomien. Derfor er indspark til den kommende finanslov for 2018 vigtig for universiteterne og de forskere, der arbejder på universiteterne. Der er nemlig ikke meget, der tyder på, at politikerne umiddelbart tænker på at øge midlerne til grundforskning.

Dansk Industri og CO-industri har udvist rettidig omhu og har juni 2017 udgivet et fælles udspil med deres forslag til øgede forskningsbevillinger. De ønsker et løft af de offentlige investeringer i forskning og innovation til 1,5% af BNP i 2025. Innovationsfonden skal tilbage på et niveau på mindst 2 mia. kr. og grundforskningsfondens årlige bevillingsniveau skal fordobles til 850 mio. kr. Desuden nævnes, at talentlaget i dansk forskning skal styrkes, bl.a. ved at ph.d.-satsningen i højere grad målrettes erhvervslivets behov, samt at mulighederne for at etablere delestillinger mellem universiteter og virksomheder i højere grad udnyttes.

Det er positivt, at industrien i Danmark på denne måde viser, hvor afgørende forskning og innovation er for Danmark. Desværre sigter udspillet langt hen ad vejen på at bruge de øgede bevillinger til anvendt forskning, udvikling og innovation. Dette er et problem for universiteterne og dermed for Danmarks fremtid, idet universiteterne primært (efter min mening) skal drive grundforskning.

Universitetsforskere og andre der udfører grundforskning, har et ansvar for at fortælle samfundet, at der er mange forskellige former for forskning, og at grundforskning er en meget vigtig ”pipeline” for nye ideer til anvendt forskning, udvikling og innovation. En meget omtalt ny metode som CRISPR er f.eks. ikke et resultat af anvendt forskning eller udvikling, men et resultat af grundforskning. Vigtigheden af grundforskning er også beskrevet i en rapport fra 2015 fra MIT ”The Future Postponed”. Grundforskning er afgørende for et lands fremtid, idet industrier, der driver anvendt forskning og innovation, har brug for ny viden fra grundforskning.

OECD har klare definitioner på de forskellige former for forskning, udvikling og innovation. Her er grundforskning beskrevet som eksperimentelt/teoretisk arbejde med det formål at opnå ny viden/forståelse uden en bestemt anvendelse i sigte. Innovation er ikke defineret som forskning og udvikling, men som resultatet af bevidste planer og aktiviteter rettet mod en forbedring af en virksomheds produkter, processer, etc.

Lad os håbe, at regeringen, sammen med universiteterne, vil arbejde for flere midler til grundforskning i den nye finanslov. Med en omskrivning af et citat fra præsident John F. Kennedy: Universiteterne skal ikke lave grundforskning, fordi det er nemt, men netop fordi det er svært.

Morten J. Bjerrum, mobj@chem.ku.dk

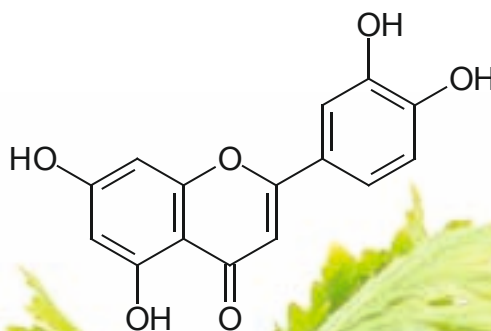
Nyt om ...

... Selleri mod brystcancer

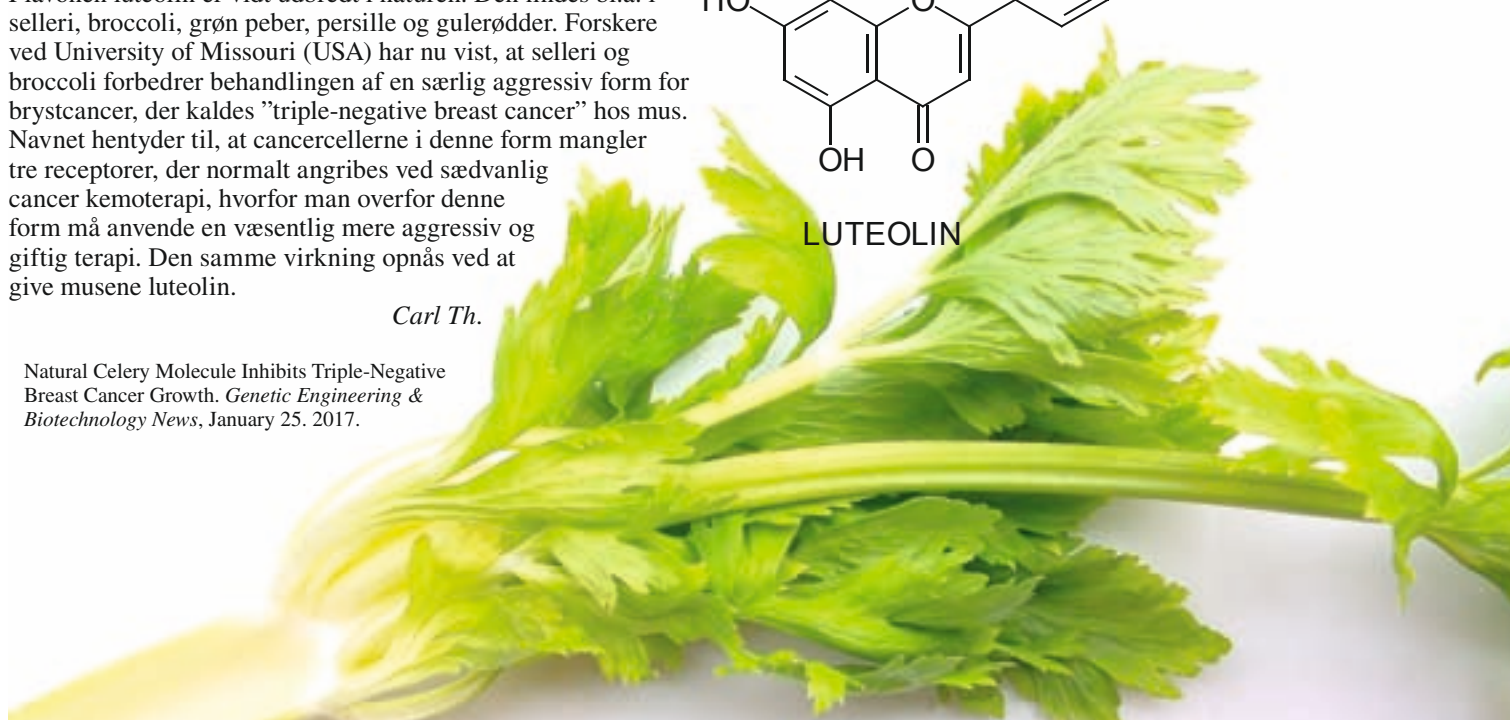
Flavonen luteolin er vidt udbredt i naturen. Den findes bl.a. i selleri, broccoli, grøn peber, persille og gulerødder. Forskere ved University of Missouri (USA) har nu vist, at selleri og broccoli forbedrer behandlingen af en særlig aggressiv form for brystcancer, der kaldes "triple-negative breast cancer" hos mus. Navnet hentyder til, at cancercellerne i denne form mangler tre receptorer, der normalt angribes ved sædvanlig cancer kemoterapi, hvorfor man overfor denne form må anvende en væsentlig mere aggressiv og giftig terapi. Den samme virkning opnås ved at give musene luteolin.

Carl Th.

Natural Celery Molecule Inhibits Triple-Negative Breast Cancer Growth. *Genetic Engineering & Biotechnology News*, January 25, 2017.



LUTEOLIN



Reach your target - and beyond!



COBIS A/S

Ole Maaløes Vej 3

DK - 2200 Copenhagen N

+45 70 70 29 80

info@cobis.dk | www.cobis.dk



**More than 92 companies
have already joined the
fastest growing biopark
in Scandinavia**

And we are honored to have them here in Copenhagen Bio Science Park, offering them our 12.000 m² of exceptional office and lab space, network & services etc.

So why not join the most vibrant life science community in Denmark and start your adventure. Give us a call today and learn more or check out www.cobis.dk for more information.

Fra "cook and look" til mekanistisk fødevarevidenskab

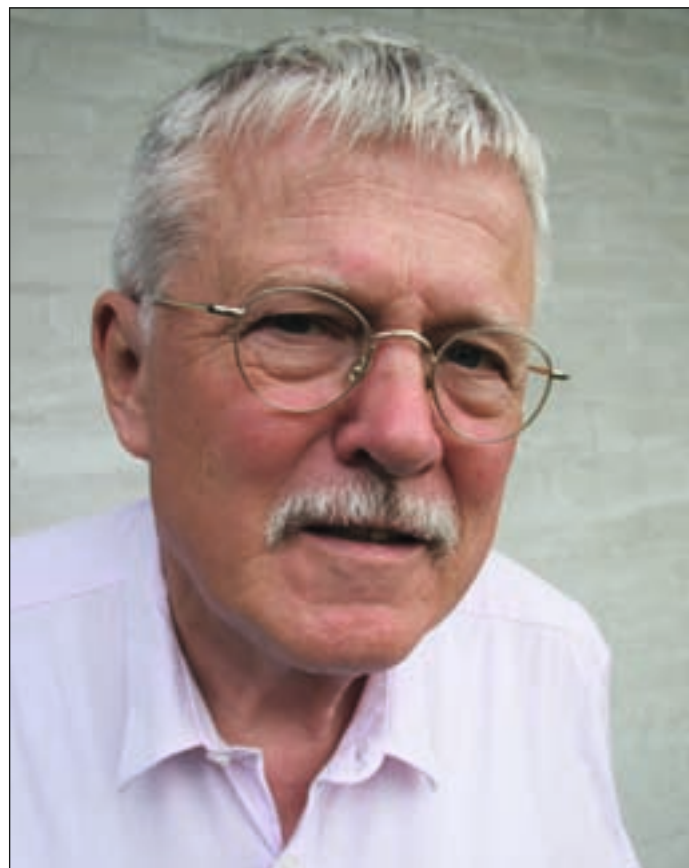
Professor i fødevarekemi Leif Skibsted har et stort ønske: Mere stabile ressourcer til finansiering af den langsigtede fødevarevidenskabelige forskning.

Leif Skibsteds forskning fordeler sig i dag på tre hovedområder:

- Mineraltilgængelighed af kalk, zink og jern via kosten.
- Carotenoiders vekselvirkning med andre antioxidanter, herunder hvordan polyphenoler kan beskytte og regenerere carotenoider i fødevarer og i mennesker. Det er carotenoider, der giver tomater, gulerødder og laks farve. Nogle carotenoider er forstadier til A-vitamin, og andre beskytter synet.
- Fødevarers lysfølsomhed. Lys forringer holdbarheden af mange fødevarer, det gælder f.eks. mejeriprodukter, kødprodukter og øl.

Han er Chair Professor ved Folkets Universitet i Beijing - en stilling, der netop er blevet forlænget med tre år.

Udover at beskæftige sig med forskningen er Leif Skibsted også en god formidler, og i 2007 trådte han ind i magasinet



Den største fødevarevidenskabelige udfordring er at skaffe mad nok til verdens befolkning, for i de kommende 50 år skal vi producere lige så mange fødevarer, som menneskeheden har produceret, siden vi forlod jæger- og samlerskabet, siger professor i fødevarekemi ved Institut for Fødevarevidenskab på Københavns Universitet, Leif Skibsted, som fyldte 70 år den 28. august 2017.

Samvirkes ekspertpanel for forbrugerspørgsmål, hvor han løbende besvarer spørgsmål fra læsere.

Leif Skibsted blev uddannet cand.pharm. i 1972 og lic.pharm. fra Danmarks Farmaceutiske Højskole i 1976.

Herefter tog karrieren form via forskerstillinger på Kemisk Institut på Landbohøjskolen og University of California.

I 1991 blev han leder af Center for Fødevareforskning på Landbohøjskolen, og i 1992 blev han udnævnt til professor i fødevarekemi ved Mejeri- og Levnedsmiddelinstituttet på Landbohøjskolen, nu Institut for Fødevarevidenskab på Københavns Universitet, hvor han stadig er ansat.

En af Leif Skibsteds store private interesser er botanik. Mange af hans ferier foregår derfor på steder, hvor man finder spændende planter, og om foråret er han f.eks. en fast gæst på Øland, hvor han tager på orkidévandring.

Han er også interesseret i madlavning, og som far til tre børn, der nu alle er omkring tredive, har han trænet den disciplin i årevis - og nu er der kommet børnebørn til. Leif Skibsted rejser snart til Brasilien for at påbegynde et nyt forskningsprojekt med University of São Paulo.

Et ønske for fødevarevidenskaben

Leif Skibsted, der er professor ved Institut for Fødevarevidenskab på Københavns Universitet, efterlyser en mere stabil finansiering af den fødevarevidenskabelige grundforskning, der er baggrunden for den succesfulde "danske model", som har betydet, at fødevareindustrien i dag kan trække på rigtig mange højtuddannede medarbejdere med en grundforståelse for de fødevarevidenskabelige mekanismer, der ligger bag produkterne, og som danner basis for den videre forskning og innovation, der foregår i branchen i dag.

Den danske model blev resultatet af en saltvandsindsprøjtning til den fødevarevidenskabelige forskning og videregående uddannelse via Det Fødevareteknologiske Forsknings- og Udviklingsprogram 1990-94 (FØTEK-programmet). Programmet fra første halvdel af 1990'erne blev indgangen til rigtig mange frugtbare samarbejder mellem fødevareindustrien og universiteterne.

Universitetsreformen fra 2006 fordelte fødevareforskningen på forskellige universiteter, herunder bl.a. Institut for Fødevarevidenskab ved Københavns Universitet.

- Jeg ønsker mig ikke tilbage til en tid med faste bevillinger, da der er gode aspekter ved, at man selv er ansvarlig for at skaffe midler og få ting til at ske, men der mangler trods alt mere stabile ressourcer til den langsigtede fødevarevidenskabelige forskning, som industrien ikke kan forventes at finansiere alene. Når jeg underviser studerende plejer jeg at lave en optælling af kursusdeltagerne, og når jeg kommer til nummer seks, siger jeg: "Det er så dig, der ikke får mad i aften". For allerede i dag får hver sjette person i verden ikke mad nok, og det kan vi simpelthen ikke være bekendt, siger Leif Skibsted.



Pige kigger interesseret i mikroskop ved sidste års Girls' Day in Science hos Hempel. Foto: Hempel.

Girls' Day in Science

Girls' Day in Science gav i slutningen af august omkring 1.400 piger fra hele landet håndgribelige erfaringer med, hvad det vil sige at arbejde med teknologi og naturvidenskab. Under besøg på virksomheder, science centre og uddannelsesinstitutioner mødte pigerne engagerede kvindelige medarbejdere, forskere og studerende.

- Forskning på området peger på, at især kvinder har behov for kvindelige rollemodeller, som de kan identificere sig med for at vælge en uddannelse inden for naturvidenskab og teknologi.

I år afholdt 20 virksomheder, syv science centre og tre uddannelsesinstitutioner arrangementer for pigerne. Ud over Microsoft, DONG Energy og Google åbnede blandt andre Hempel, Danish Crown, Orbicon samt Kamstrup dørene for pigerne.

Bag arrangementet står Jet-Net.dk, et landsdækkende skole-virksomhedsnetværk, som gennem forskellige samarbejdskoncepter søger at inspirere flere unge til at vælge en teknisk eller naturvidenskabelig uddannelse. Foruden de seks kernevirksomheder Danfoss, Grundfos, Novozymes, Coloplast, Microsoft og Haldor Topsøe tæller netværket mere end 75 virksomheder samt grundskoler og gymnasier. Jet-Net.dk drives af non-profit organisationen Naturvidenskabernes Hus. Jet-Net.dk er støttet af Novo Nordisk Fonden og Fremstillingsindustrien.

Kilde: Ritzau

Gram BioLine

Temperatur-stabilitet og ensartethed > ingen kolde vægge > ingen spildplads

Designet og produceret i Danmark

5
ÅRS GARANTI



BioPlus



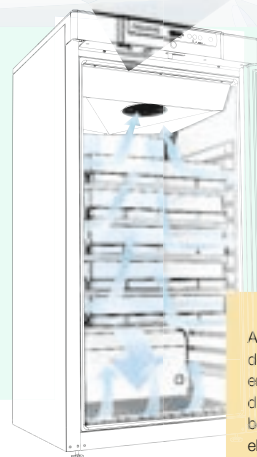
BioMidi



BioCompact II



BioCompact



Tvungen luftcirkulation i en BioCompact II med ABS skuffer.



Alle skabe er mærket med det gule ATEX skilt, som er det eneste europæiske direktiv (94/9/EF) for udstyr bestemt til anvendelse i eksplosionsfarlig atmosfære.

Vælg den bedste bio-opbevaringsløsning

Køl er ikke bare køl. Det er vigtigt i en branche hvor store mængder kostbare emner opbevares, at vælge et køl- eller fryseskab, som er beregnet til professionelt brug. Ved hjælp af tvungen luftcirkulation, som fordeler kulden jævnt i skabet opnår Gram BioLine skabe optimal temperaturstabilitet og ensartethed.



Se mere på www.gram-bioline.com

Gram Commercial A/S | Aage Grams Vej 1 | DK-6500 Vojens | Tlf. 7320 1300 | info@gram-bioline.com | www.gram-bioline.com



Biostorage you can depend on

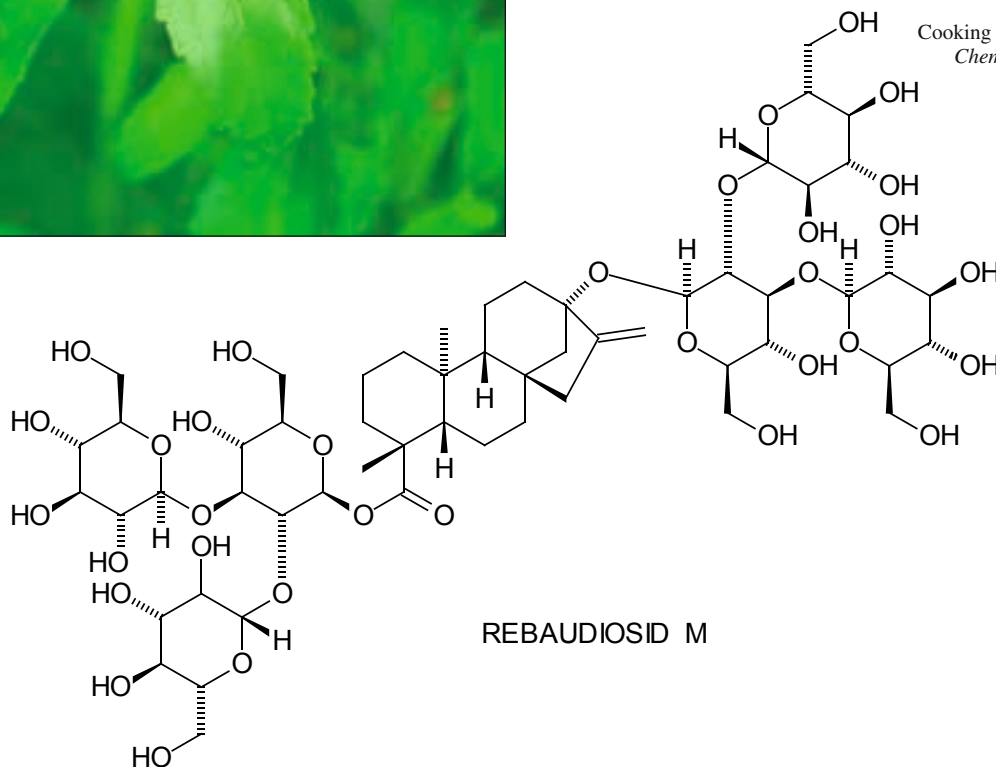
Nyt om ...

... Naturlige, kunstige sødestoffer



På grund af befolkningernes voksende overvægtsproblemer er der i dag stor interesse i ikke kalorierholdige sødestoffer. Man er endvidere stærkt interesseret i ikke syntetiske sødestoffer. Her har den sydamerikanske plante *Stevia rebaudiana* tiltrukket sig opmærksomhed. Den indeholder en række søde glucosider, som i dag anvendes som sødestoffer. De har imidlertid alle en bitter metalagtig bismag. Et af dem, rebaudiosid M, har imidlertid næsten ingen bismag. Problemet med kommerciel anvendelse af rebaudiosid M er imidlertid, at der kun forekommer ca. 0,01% i steviaplanten, hvilket umuliggør en kommerciel udnyttelse. Der er imidlertid nu udtaget et patent på en mikrobiologisk metode til at syntetisere den i 95% renhed i godt udbytte ud fra de mere udbredte glucosider som f.eks. steviosid, og fremstillet på den måde kan den stadig markedsføres som naturlig.

Carl Th.



Cooking up the ultimate sweetener,
Chemical & Engineering News
October 3, 2016. Side 12.

Succesfuldt UngeEvent 2017 i Aarhus

Grøn teknologi og verdens klimaudfordringer var på skemaet, da 1.800 gymnasieelever fra hele landet deltog i Engineer the futures UngeEvent2017 i Climate Planet i Aarhus i august. Her fik de mulighed for at prøve kræfter med verdens klimaudfordringer og komme helt tæt på de teknologiske løsninger, der skal til for at bekæmpe klodens klimaproblemer.

Formålet med eventet var at vise eleverne, hvad teknologi betyder for miljø og bæredygtighed og ad den vej få flere unge til at interessere sig for de naturvidenskabelige og tekniske uddannelser. Ifølge en prognose fra Engineer the future kommer Danmark til at mangle 13.500 ingeniører og naturvidenskabelige kandidater i 2025.



Engineer the futures UngeEvent2017 i Climate Planet.

Økologi



*Grundtræk af den moderne økologi
for universitetsstuderende*
ISBN-978-87-403-1759-3
1. udgave
153 sider
Bogen er gratis med
annoncer og kan købes
uden annoncer for 129 kr.

Hans Ulrik Riisgaards nye bog "Økologi" er en letlæst introduktion til de økologiske grundbegreber og virker som en opdateret udgave af hans tidligere Basisbog i Økologi, der blandt andet har været meget anvendt i gymnasiernes biologiundervisning. Bogen indeholder en god skematisk oversigt over faget økologi og dets grundbegreber, så man herfra let kan gå videre til fyldigere gennemgange. Der er mange instruktive illustrationer, som giver en hurtig forståelse af teksten. Bogen findes - helt i tidens ånd - som en e-bog, så den er let at have med på sin tablet, og den virker godt her. Bogen indeholder også en gennemgang af vigtige grundstoffer (C, N, S og P) samt vands kredsløb, hvilket kunne gøre det interessant for kemikere.

Når man for helhedsforståelsens skyld som forfatter ind-

drager flere nærliggende fagområder, så vil det egentlige emne, man ønsker at formidle, stå klarest mht. præcision i både sprog og fagtermer. Det fremgår klart af kapitlerne om artsdiversitet og økosystemerne i have, søer og skove.

Drejer det sig om kemi, anvender forfatteren desværre forældet sprogbrug og trivialnavne og ofte angives forklaringer i parentes med ord fra "radiodoktoren" og tilsvarende (f.eks. er kulhydrater på side 15 forklaret med sukkerstoffer i stedet for at anvende fagtermerne carbohydrater eller saccharider, som bruges i gymnasiets lærebøger). Da det siges at være en lærebog for universitetsstuderende og for ældre elever i gymnasiet, kan det nemt virke som en dobbelt opgave for læserne ikke kun at skulle tilegne sig den økologiske og biologiske del, men også at skulle forholde sig til et for dem helt nyt - forældet og til tider forkert - kemisk formel- og fagsprog. Det vil være vanskeligt for dem at relatere det til noget kemi, de tidligere har lært i deres skoleforløb. Alt andet lige, ville jeg til mine egne elever anbefale den engelske udgave, som kemisk set ligger meget tættere på gængs kemisk fagsprog i det danske gymnasium. Jeg håber for bogens anvendelighed, at forfatteren får kemien ført up to date i de kommende oplag eller udgaver. Det skulle være let, når der er tale om en e-bog, og sker det ikke, kan man frygte, at kemikere og biologer i mindre og mindre grad vil kunne tale fagligt sammen om de samme emner.

M. Berthelsen, Lektor
(Odense Katedralskole, tidligere Tornbjerg
Gymnasium og Kemisk Institut, SDU)
Underviser i kemi og tidligere biokemi på gymnasiet
og i miljøkemi på SDU

LÆSERBREV

Et indspark i debatten om brændeovne

Diskussionen om partikler og røggasser fra brændeovne i de danske hjem når uanede højder i disse tider. Brændeovnen skal afgiftsbelægges eller helst forbydes, da de fører til tidlige dødsfald: "Omkring 550 mennesker dør for tidligt hvert år i Danmark af partikelforurening fra brændeovne, viser nye beregninger" [1].

Tallet 550 fremkommer ud fra en EVA-model - et modelsystem, som skulle kunne foretage en integreret opgørelse af de helbredsrelaterede eksterne omkostninger ved luftforureningen baseret på den regionale atmosfæriske model Danske Euler-ske Hemisfæriske Model (DEHM): "PM₂₅ og PM₁₀ i DEHM-modellen består af summen af de følgende stoffer: primært emitteret mineralsk støv, sod (eller BC - black carbon) - både som "fresh" (friske) og "aged" (ældede), organisk kulstof (OC) og de sekundære uorganiske partikler i form af sulfat-, nitrat- og ammoniumforbindelser, H₂SO₄, NO₃⁻, NH₄NO₃, NH₄HSO₄ og (NH₄)₂SO₄). DEHM inkluderer også kemisk omdannelse af 67 stoffer i atmosfæren". Her blander man ikke bare pærer og bananer; det er nærmere æbler og brosten. Mineralsk støv kan f.eks. være Na- og K-salte, mens sod indeholder PAH'er.

Jeg giver ikke meget for rapporten, dels fordi den er utroværdig i kemisk-toksikologisk henseende, og dels fordi den er utroværdig i statistisk henseende. Partikler fra brændeovne ligner det, vi får på vores røgvarer, når vi ryger i en røgovn. Lignin og andre forbindelser pyrolyseres til polyphenoler med træ som råstof, og disse forbindelser har en helt anden toksikologi end den kræftfremkaldende PAH-sod fra diesel- og benzin-forbrænding.

Vi har været eksponeret for brænderøg, siden vi lærte at tæmme ilden for mere end 100.000 år siden, mens røg fra olie og kul først er kommet for alvor med damplokomotivet og bilen for ≈170 år siden. Mon ikke sapiens har udviklet en vis robusthed over for brænderøg gennem naturlig selektion?

Jeg tror heller ikke på, at man på troværdig vis kan faktoral-skille røg fra brændeovne fra den almindelige partikelforurening fra bildæk, vejstøv og anden trafik- og med en troværdig statistisk model, der giver tallet, at ud af i alt 52.824 døde i 2016 skulle ≈ 550 (1%) være tidlige dødsfald pga. brændeovne. (Hvad er den nedre statistiske grænse for dette tal? 0 dødsfald?). Det er i mine øjne ikke andet end behændig talgymnastik i en deterministisk model lavet med et forudbestemt politisk formål: At en gruppe velmenende mennesker med en rapport i hånden kan få lov til at detailregulere andre menneskers adfærd, her på brændeovnsområdet. Se [2,3] for flere tal, der næppe levner plads til 550 brændeovns-emissions-dødsfald. Derfor vil jeg med sindsro tænde op i min grill og røgovn for at dække temaet "røg og damp" - i køkkenet vel at mærke.

Jens Folke, jens.folke@lean6sigma.eu

Kilder

1. Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 182. 2016 <http://dce2.au.dk/pub/SR182.pdf>.
2. Sundhedsstyrelsen. Dødsårsagsregisteret, 2015.
3. Sundhedsstyrelsen. Sygdomsbyrden i Danmark, 2016.

Undskyld, men må kemi ikke godt være sjovt?

På lederpladsen i dette magasin bliver der ganske ofte udtrykt bekymring for kemiens status i samfundet. Bekymring for kemiens plads i undervisningssystemerne og ikke mindst bekymring for de unges svigtende interesse for naturvidenskab.

Også i andre medier kommer disse bekymringer til udtryk. Således kom prorektor på Aarhus Universitet Berit Eika i Jyllands Posten den 15. juni med et opråb om, at vi skal fange de unges interesse for de naturvidenskabelige fag på et meget tidligt tidspunkt i deres liv. Hun fremhæver, at det i denne sammenhæng ikke er nok at tale til hjernen - man bliver nødt til også at tale til hjertet, hvis man skal have fat de unge. Intet kunne være mere rigtigt. Desværre gives der i debatindlægget ikke nogle anvisninger på, hvordan man taler til de unges hjerte. Jeg er også bange for, at hun ikke rigtig har politikerne med sig i dette synspunkt.

Ser man på uddannelsesstedernes hjemmesider, forsøger man over en kam at appellere til unge menneskers ønske om prestige og personlig anerkendelse. Substansen i de forskellige naturvidenskabelige fag synes mindre vigtig. Man lokker med, at den studerende kan komme til at gøre en betydelig forskel i samfundet, enten ved eksempelvis at redde verden fra miljøkatastrofer eller ved at opfinde revolutionerende lægemidler.

Politikerne må mere eller mindre nødtvungent anerkende nødvendigheden af kemisk viden på allerhøjeste niveau, hvis ikke vi skal sakke agterud i både den tekniske og lægemiddelfaglige udvikling.

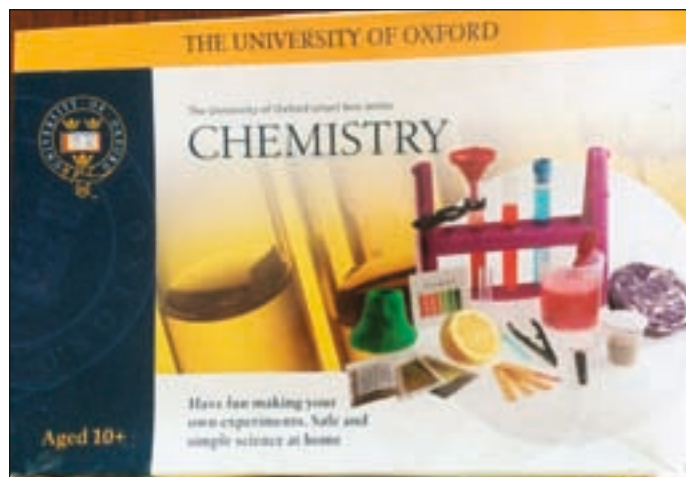
Det står alle kemikere lysende klart, at opfattelsen af kemi hos den almindelige forbruger i vid udstrækning er negativ, og at denne holdning ofte hjælpes godt på vej af journalister.

” Man kan frygte, at dette, det mest sanselige af de naturvidenskabelige fag, går hen og bliver et knastørt fag. Blot at ”læse kemi” er lige så absurd som at ”læse til kok”

Det synes som om, at det eneste der kan retfærdiggøre en interesse for kemi i vore dage, er ønsket om at bruge den kemiske viden til noget absolut samfundsnyttigt.

Men er det så det, der taler til unge menneskers hjerte? Utvivlsomt i nogle tilfælde.

Uvist af hvilken grund talte kemi til mit hjerte - nærmest fra før jeg kunne læse. Straks legetøjskatalogerne udkom op til jul - og vi taler her om de tidlige 60'ere - blev jeg draget af de farvestrålende æsker, hvor en lille vandkæmmet dreng sidder



og kigger på kolber og reagensglas med farvede væsker i. Et af disse såkaldte kemisæt stod øverst på min ønskeseddel.

Om der allerede dengang herskede en lille smule kemiforskrækkelse hos forældre, ved jeg ikke - men der kom i hvert fald ikke til at ligge kemisæt under juletræet hjemme hos mig.

Min interesse for kemi blev imidlertid så eftertrykkeligt vakt til live igen, da faget ”naturlære” kom på skoleskemaet i 5-6. klasse. Nogle spektakulære forsøg gjorde udslaget.

Jeg sprang kemisættene over, og gik direkte til at etablere et kemilaboratorium i kælderen og indkøbte professionelt udstyr og kemikalier hos ”H. Struers Kemiske laboratorium”, hvor man kunne komme ganske langt på et almindeligt lomme pengebudget.

En veritabel eventyrrejse ind i kemiens verden lå foran mig. Nysgerrigheden, og det at kunne arbejde på egen hånd, var dybt fascinerende. Og der var dengang gode hobbybøger om kemi. Paul Bergsøes ”Kemi på en anden måde” solgte i over 25.000 eksemplarer alene her i landet. På egen hånd kunne man få indblik i, hvordan hverdagens kemi hang sammen. Lige i den alder, hvor man vil have svar på alt. Jeg mindes knap nok større glæder i livet. Og disse glæder står endog endnu tydeligere her på mine ældre dage, hvor en sådan opdagelsesrejse ikke synes at være nutidens unge forundt.

Jeg havde på den tid ikke den vageste forestilling om at skulle gøre en forskel, endsize redde verden på nogen som helst måde. Kemi var dybt fascinerende i sig selv. Alle disse mærkelige substanser og deres forvandlinger. Hvad behøver man mere?

I dag er samfundet gennemsyret (undskyld udtrykket) af kemiforskrækkelse, hvilket også har præget undervisningen i faget. Skoleelever må nærmest ikke komme i berøring med selv harmløse kemikalier. Man kan frygte at dette, det mest sanselige af de naturvidenskabelige fag, går hen og bliver et knastørt fag. Blot at ”læse kemi” er lige så absurd som at ”læse til kok”. Du må selv have fingrene i suppen (okay, kokken skal nok helst have fingrene op af suppen...) Og dog ønsker mange, at kemiske

eksperimenter slet ikke skal finde sted i undervisningen andet end som virtuelle demonstrationer på en computer. Men selvfølgelig - det er også langt mere sikkert at kigge på sex på nettet end selv at dyrke det.

Men undskyld, må kemi ikke bare være sjovt? Adskillige store kemikere, der alle udmærker sig ved at have bevaret "den lille kemiker" i deres sjæl, vedgår uden blusel, at de allerede i deres tidligste ungdom blev draget af kemiens magi og dens mere spektakulære udtryk. Kemi har som allerede antydnet et vist slægtskab med sex. Det er spændende, nogle gange farligt og i hvert fald frækt. Det er de uartige sider af kemien, der ofte tiltrækker sig opmærksomhed. Grimme lugte og eksplosioner. At kemien også byder på ufattelig skønhed, kan de fleste kemikere skrive under på.

Jeg skal ærligt indrømme, at i min optik, har kemi en enestående værdi uafhængigt af dens eventuelle nytteværdi.

Men i vore dage skal man - i hvert fald som menigmand - gå stille med dørene, hvis man interesserer sig for kemi i praksis. Skulle man komme til at tilkendegive en sådan interesse, er omgivelsernes første tanke, at man nok vil lave enten bomber eller narko. Et åbenlyst tegn på den stadigt stigende uvidenhed om kemi blandt flertallet.

Som kemiker må man have et ambivalent forhold til den prisbelønnede TV-serie "Breaking Bad", hvor kemi måske for første gang i filmens historie bliver taget seriøst i modsætning til det sædvanlige pjat-kemi med de trivielle tørre-dampende

kolber. TV-serien havde oven i købet en kemiprofessor tilknyttet staben. Men seriens kriminelle omdrejningspunkt har næppe gjort amatørkemien nogen tjeneste, men blot understreget en udbredt fordom.

Mellem 1930 og 1970 fandtes der efter sigende i USA et kemiset i enhver hustand, hvor der var et barn. Disse mini-laboratorier for børn og unge forsvandt engang i 80'erne pga. producenterne frygt for sagsanlæg ved forkert anvendelse af udstyr og kemikalier. Tilbage findes kun en bleg og stort set kemikaliefri udgave, hvor det eneste sjove er tegningerne uden på kassen. Den nysgerrige og videbegærlige dreng eller pige er afløst af "den skøre professor". Og det "farligste" indhold man finder i kassen, er formodentlig lidt natron og citronsyre.

Oliver Sacks - forfatter til bl.a. "Uncle Tungsten. Memories of a chemical Boyhood" har udtalt:

"Hvis ikke kemiset får en eller anden form for renæssance, vil en særlig del af barndommen være definitivt forbi".

For nogle år siden lancerede Nottingham University YouTube-kanalen "The Periodic table of Videos". Her demonstrerer professionelle kemikere bl.a. grundstoffernes fantastiske egenskaber. Kanalen har over en million abonnenter. Og alligevel er der hos nogle, bekymrede miner. Man frygter, at seerne skal forsøge at gentage de viste eksperimenter på egen hånd.

Mon ikke dette er en overflødig bekymring i betragtning af hvor utilgængeligt kemiudstyr og især kemikalier er blevet for privatpersoner i vore dage.

Cand. pharm. Peter Holm

GERSTEL

Agilent Technologies

Leco
Delivering the Right Results

Alpha
M.O.S.
Mini-Optoelectronic System

MARKES
International

OxAnalytical
a xylem brand

komplette og fuldt automatiserede

GC-og GCMS-løsninger tilpasset dine behov

- Med de stærkeste spillere på markedet.
- Fra simpel GC-FID...
- ...til avanceret sample-prep-GCxGC-TOFMS.

Totalløsninger til laboratoriet:

- Instrumentsalg og -service
- Metodeudvikling og rådgivning
- Undervisning/træning/kurser
- Analyser

Kontakt: Jens Glastrup/Tore Vulpus

MSCi

Fra Krøyer til krigsfly

Hvordan en undersøgelse af P.S. Krøyers tubefarver førte til strukturløsningen af det korrosionsbeskyttende pigment zinkgult.

Af Marie Bitsch Christiansen¹, Kim Pilkjær Simonsen², Mikkel Agerbæk Sørensen³, Morten Gotthold Vinum³ og Jesper Bendix³

¹ Konserveringscentret i Vejle

² Konservatorskolen, Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler for Arkitektur, Design og Konservering

³ Kemisk Institut, Københavns Universitet

Det kan umiddelbart virke overraskende, at den danske Skagensmaler P.S. Krøyer, som døde i 1909, har haft indflydelse på strukturløsningen af pigmentet zinkgult i 2017. Ikke desto mindre var det opdagelsen af det sjældne pigment cadmiumchromat i tubefarven "Citron Cadmium" i Krøyers malerskrin, som førte til bestemmelsen af strukturen af zinkgult. Zinkgult har været anvendt som kunstnerfarve siden slutningen af 1800-tallet og ses eksempelvis brugt i George Seurats pointillistiske hovedværk *En søndag eftermiddag på øen La Grande Jatte* (1884-86). Den helt store udbredelse fik pigmentet dog først i 1930'erne, hvor det blev

benyttet som korrosionsbeskyttende pigment. Særligt under 2. verdenskrig toppede brugen af zinkgult i forbindelse med produktion og korrosionsbeskyttelse af krigsmateriel så som skibe og fly [1]. Dette taget i betragtning kan det undre, at strukturen af zinkgult ikke har været kendt, og at pigmentet hidtil kun har været beskrevet som et komplekst kalium zinkchromat salt med den empiriske formel $4\text{ZnCrO}_4 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Løsningen af strukturen af zinkgult har også givet en forklaring på, hvorfor malerier indeholdende zinkgult er særligt udsatte for farveændring af den gule chromatfarve til en kedelig brungrøn nuance [2-4].

Der er umiddelbart langt fra 2. verdenskrig og korrosionsbeskyttelse til de festglade dage i kunstnerkolonien i Skagen, hvor Krøyer malede sine mest berømte billeder og næppe havde i tankerne, at hans brug af farver langt senere skulle føre til strukturbestemmelsen af zinkgult.

P.S. Krøyers malerier

P.S. Krøyer (1851-1909) var allerede i

sin samtid en af Danmarks betydeligste og mest velbeslåede kunstnere. Hans særlige talent for især portrætmaleriet resulterede i monumentale bestillingsarbejder af samfundets spidser som f.eks. *Fra Københavns Børs* (1895), *Et møde i Videnskabernes Selskab* (1897) og *Indstriens Mænd* (1904). Indtægten fra disse bestillingsarbejder og venskab med tobaksfabrikanten Heinrich Hirschsprung, der blev Krøyers mæcen, gav kunstneren en stor økonomisk frihed og mulighed for at foretage lange studierejser i Europa. Via sine rejser holdt Krøyer sig ajour med den internationale kunsts scene og lod sig inspirere af tidens strømninger for derigennem at udvikle sin egen velkendte stil. I dag er Krøyer givetvis mest kendt for sine berømte Skagensmalerier som *Hip hip hurra!* (1888), *Sommeraften på Skagen Sønderstrand* (1893) og *Sankt Hansblus på Skagen strand* (1906) samt de mange genremalerier med motiver fra fiskerlivet [5-7].

Et intensivt kunstnerliv

Også på det personlige plan vakte Krøyers liv opsigt. Krøyer var en levemand og kosmopolit, gift med en af tidens smukkeste kvinder, Marie Krøyer (née Triepcke), i besiddelse af en nyopført pragtvilla på Østerbro i København (Bergensgade nr. 10) og ikke mindst en helt central figur i den skandinaviske kunstnerkoloni, der opstod i Skagen i 1880'erne. Her førte Krøyer, sammen med andre af datidens store kunstnere som Michael og Anna Ancher, Holger Drachmann og Laurits Tuxen, en næsten bohemeagtig tilværelse, hvor arbejde og fest gik hånd i hånd.

P.S. Krøyers liv endte dog ulykkeligt, og han døde i en alder af kun 58 år i 1909 efter flere års sygdomsforløb med skiftende maniske og depressive perioder og gentagne indlæggelser på sindssygehospitalet i Middelfart. Dertil kom diagnosticering med syfilis, intensiv kviksvølv-behandling med følgende forgiftning og synsnedsettelse og ikke mindst bruddet med Marie, der i 1902 forlod Krøyer til fordel for den svenske komponist Hugo Alfvén [5-7].



Figur 1. P.S. Krøyers malerskrin. Den Hirschsprungske Samling.

Undersøgelse af farveprøver

I dag er mange af P.S. Krøyers værker samlet på Skagens Museum og Den Hirschsprungske Samling i København, hvor også Krøyers malerskrin er udstillet. Malerskrinet indeholder ikke mindre end 32 velbevarede tubefarver, 95 pensler, en malerspattel og en akvarelæske, figur 1 [5].

I forbindelse med en undersøgelse af Krøyers materialebrug gav Den Hirschsprungske Samling tilladelse til at udtage prøver fra tubefarverne i Krøyers malerskrin. Disse farveprøver blev herefter undersøgt vha. Raman, SEM-EDS, ATR-FTIR og HPLC for at bestemme pigmenter, bindemidler, additiver og eventuelle organiske farvestoffer. Undersøgelserne viste, at de fleste af tubefarverne indeholdt tidstypiske pigmenter, herunder flere syntetisk fremstillede uorganiske forbindelser som cadmiumgult (CdS), chromgult (PbCrO_4), viridian ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cobaltblåt ($\text{CoAl}_2\text{O}_4 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) og zinkhvidt (ZnO), samt klassiske pigmenter som hæmatit (Fe_2O_3) og elfenbensort (carbon + calciumphosphat fra afbrænding af elfenben). Flere af farverne fandtes i forskellige nuancer opnået ved tilsætning af fyldstof som baryt (BaSO_4) eller farvelakker fra krap og cochenille.

En samtidig undersøgelse af farvesnit udtaget fra et udvalg af Krøyers malerier viste god overensstemmelse med disse resultater. Især så der ud til at være en tæt forbindelse mellem de identificerede pigmenter i tubefarverne og i maleriet *Ved kaminilden. Portræt af Holger Drachmann med rød fez* (1903-07), figur 2. I maleriet blev der yderligere fundet vermilion (HgS), mønje (Pb_3O_4) og chromorange ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO}$) i farvelagene samt blyhvidt ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$) i grunderingen over lærredet [5].

Handelsnavne og holdbarhed

Størstedelen af tuberne i Krøyers malerskrin er fra den danske farveproducent Wilhelm Pacht, hvis farver blev forhandlet af Stellings Farvehandel og Fabrik, som blev grundlagt i København i 1860. Forretningen lå på hjørnet af Gammel Torv og Skindergade, mens firmaets fabrik og lager lå på Nytorv. På tubefarverne står handelsnavnene på etiketterne i de fleste tilfælde anført på både dansk og fransk. Størstedelen af navnene er for perioden typiske handelsnavne så som "Mørk Cadmiumgult (Jaune de cadmium foncé)", "Ekstra høi Cobaltblaat (B. de cobalt vivace surfine)", "Lys Chromgrønt (Vert de chrome clair)", "Elfenbensort (Noir d'ivoire)" og "Snehvidt (Blanc de neige)". På flere af etiketterne er der yderligere angivet, om farven er langsomt eller hurtigt tørrende og på visse også, om farven er holdbar [2,5].

Ved en undersøgelse i arkiverne på det Kongelige Bibliotek blev der fundet priskuranter fra Stelling fra perioden 1888-1904. Af disse fremgår det, at tubefarverne fra Wilhelm Pacht har været kategoriseret efter farvens holdbarhed som enten "Godt holdbare Farver" (H), "Absolut holdbare Farver" (HH) eller "Usikre Farver" (intet bogstav). Denne opdeling vidner om, at holdbarheden af de forskellige farver allerede i slutningen af 1800-tallet var en diskussion blandt kunstmalerere og farvefabrikanter og -forhandlere. Det er dog interessant, at priskuranten fra 1904 angiver "Chromgult" (blychromat) som en usikker farve, mens både "Citron Cadmium" (cadmiumchromat) og "Zinkgult" (zinkchromat) angives som godt holdbare farver [2,5].

Et overraskende resultat

Undersøgelsen af Krøyers tubefarve med "Citron Cadmium (J. de cadmium citron)" viste sig at føre til et overraskende resultat. Det var umiddelbart ud fra handelsnavnet forventet, at tuben ville indeholde cadmiumgult (CdS). Raman-spektret var dog mere sammenfaldende med spektret for zinkgult med



Figur 2. P.S. Krøyer. Ved kaminilden. Portræt af Holger Drachmann med rød fez, 1903-07. Skagens Kunstmuseer. Foto: Kunstkonserveringen, AROS.

en mindre forskydning af frekvenserne, og EDS-målingen viste alene K, Cd, Cr og O, mens hverken Zn eller S var til stede. Dette udelukkede, at pigmentet kunne være cadmiumgult eller zinkgult, og resultatet pegede i stedet i retning af cadmiumchromat. Cadmiumchromat-pigmenter er dog sparsomt beskrevet i litteraturen. Inden for konservering er et basisk cadmiumchromat med formelen $\text{CdCrO}_4 \cdot \text{Cd(OH)}_2$ beskrevet som dyrt og sjældent [1], og der er endnu ikke fundet malerier indeholdende dette pigment. I korrosionslit-



Nyhed: Interchim® Spe 6.25ws
Compact Solid Phase Extraction Workstation
 Spe 6.25ws kan ses hos os på LabDays, stand 55



Information om Interchims® nye Spe 6.25ws:
www.md-scientific.dk

temperaturen er andre forbindelser som f.eks. $K_2CrO_4 \cdot 3CdCrO_4 \cdot Cd(OH)_2 \cdot 2H_2O$ angivet [8].

Ved fældning i laboratoriet af cadmiumchromat ud fra støkiometriske opløsninger af cadmiumnitrat og kaliumchromat fremkom et salt, hvis Raman-, IR- og EDS-spektrum samt PXRD-mønster var fuldstændig identisk med analyserne af pigmentet i tubefarven. Det lykkedes også at fremstille krystal-

ler til enkelt-krystal strukturanalyse, som bestemte strukturen af cadmiumchromat til at være $KCd_2(CrO_4)_2(H_3O_2)$. Strukturen tilhører gruppen natrochalcit, som udmærker sig ved at indeholde den brodannende $\mu-H_3O_2^-$ -enhed siddende i *trans*-position mellem de divalente metalioner. Afstanden imellem de to oxygenatomer i enheden er 2.457(3) Å, hvilket giver en af de korteste hydrogenbindinger, som kendes [2,3].

Ustabil chromatpigment

I modsætning til det fremstillede pigment som havde en klar citrongul farve, havde pigmentet fra tubefarven en brungrønlig tone allerede ved udtagelsen af prøven. I relation hertil kan det nævnes, at farveprøven fra tuben "Lys chromgult", som indeholder pigmentet chromgult ($PbCrO_4$), havde bevaret sin klare gule farve i tuben.

For at undersøge om redoxkemi var involveret i den observerede farveforskel blev der efterfølgende målt Elektron Paramagnetisk Resonans (EPR) spektroskopi på det isolerede cadmiumchromatpigment fra tubefarven. EPR-spektroskopi identificerer med stor følsomhed forbindelser med uparrede elektroner, og disse målinger viste tydeligt tilstedeværelsen af både Cr(V) og Cr(III). Denne reduktion, som er foregået i mørke, viser, at cadmiumchromat er et yderst ustabil chromatpigment mht. reduktion, hvilket kan skyldes både opløseligheden (ca. 3 g/L) og tilstedeværelsen af hydroxidioner i natrochalcit-strukturen [2].

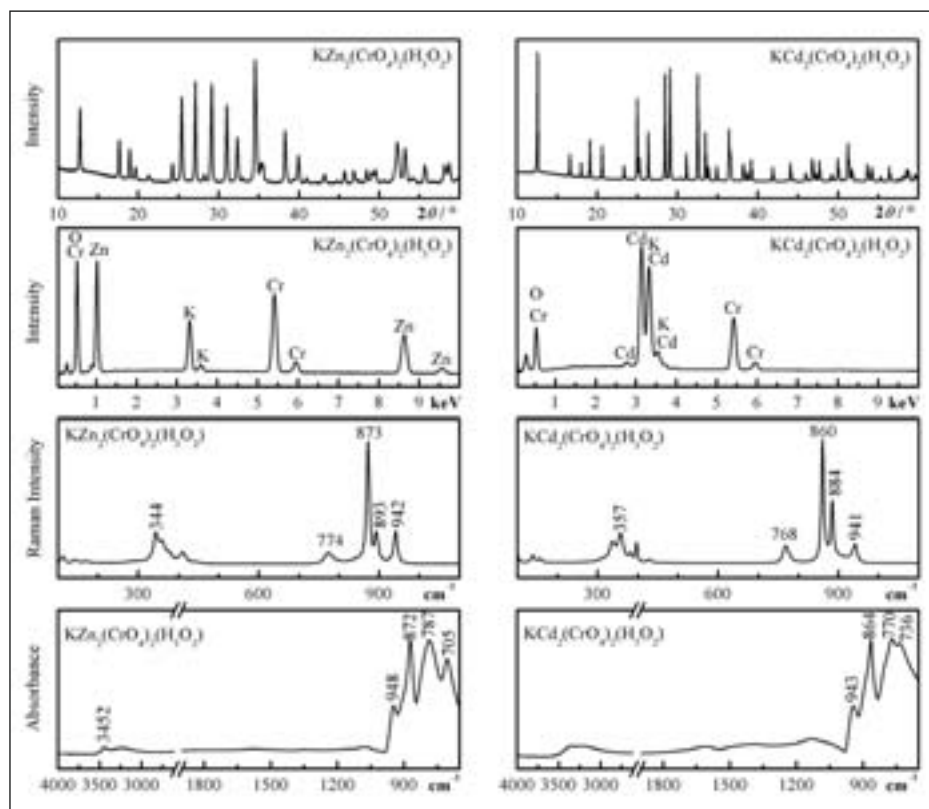
Analog til cadmiumchromat?

Da pigmentet zinkgult med den empiriske formel $4ZnCrO_4 \cdot K_2O \cdot 3H_2O$ kan omskrives til $KZn_2(CrO_4)_2(H_3O_2)$, blev det besluttet at undersøge, om strukturen var analog til cadmiumchromat. Sammenligning af PXRD-mønstrene gav dog ikke umiddelbart tegn på isomorf, hvorimod EDS, Raman og IR indikerede meget analoge forbindelser, figur 3.

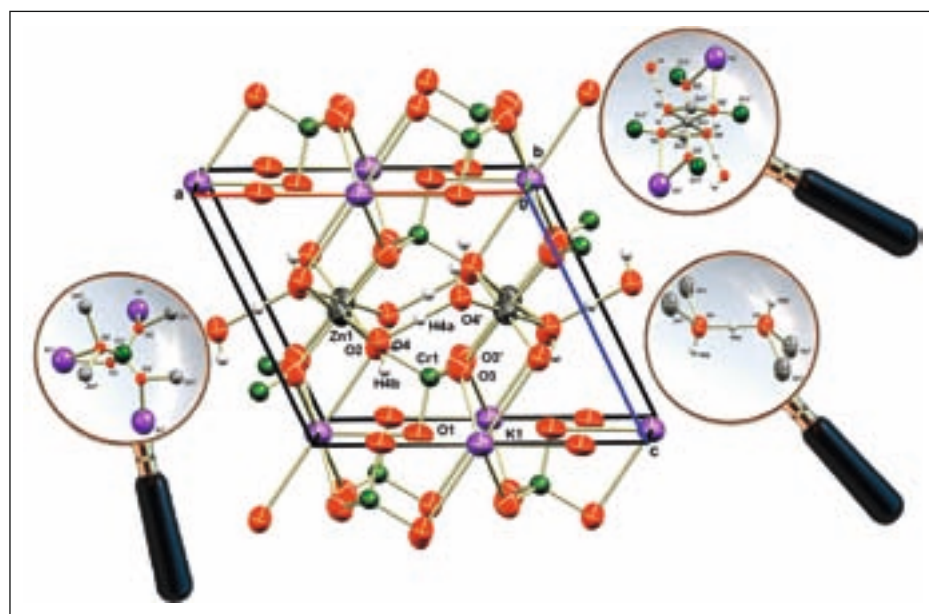
Zinkgult blev også fældet i laboratoriet analogt til cadmiumchromat og sammenlignet med industrielt fremstillet zinkgult. Analyse viste, at produkterne var identiske. Fremstilling af krystaller, der er egnede til enkelt-krystalstrukturbestemmelse, er ikke trivielt for zinkgult. Det er da også påfaldende, at strukturen ikke var kendt for en forbindelse med mere end 130 års historie som pigment og mere end 80 års teknisk anvendelse. I sidste ende lykkedes det dog at fremstille egnede krystaller, og enkelt-krystal-strukturanalyse fastslog, at zinkgult var isostrukturelt med cadmiumchromat [3]. Pakningstegning og koordinationsmiljøerne omkring Zn^{2+} , chromationen og $H_3O_2^-$ -enheden er vist i figur 4.

Bindinger, elektrontæthed og opløselighed

Bindingsafstanden mellem de to oxygenatomer i $\mu-H_3O_2^-$ enheden er dog længere i zink-forbindelsen, 2.568(3) Å, hvilket gør, at hydrogenbindingen kun kan beskrives som moderat stærk



Figur 3. PXRD-mønster, EDS-, Raman- og IR-spektrum af zink- og cadmiumchromat.



Figur 4. Krystalstruktur af Zinkgult, $KZn_2(CrO_4)_2(H_3O_2)$, med fremhævelse af den brodannende $H_3O_2^-$ -enhed samt omgivelserne omkring zink(II)ionen og chromationen.

sammenlignet med cadmium-analogen. En bedre beskrivelse af strukturen af zinkgult er derfor $\text{KZn}_2(\text{CrO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})(\text{OH})$.

Elektron-densitetsberegning af både symmetrisk og usymmetrisk splitning af det brodannende H-atom i $\mu\text{-H}_2\text{O}_2$ -enheden gav dog ingen ændring i strukturmodellens overensstemmelse med diffraktionsdata [3]. Elektrontæthedsstudier af Co- og Ni-analoge forbindelser af natrochalcit suppleret med neutron diffraktionsstudier har dog vist, at H_3O_2^- -enheden bedst beskrives som af to særskilte H_2O - og OH^- -grupper med en stærk hydrogenbinding [9,10].

Den ret store forskel på pulver-røntgendiffraktogrammerne for zink- og cadmiumforbindelserne, som indledningsvist gjorde det vanskeligt at fastslå, at de to pigmenter er isostrukturelle, skyldes dels en ret stor forskel på enhedscelledimensionerne, og dels at denne forskel er forskellig i cellens tre retninger. Som forventet har zinkgult et mindre cellevolumen end cadmiumchromat. Forskellen skyldes den mindre radius af zink(II), men kommer især til udtryk i den krystallografiske *b*-akse, som er væsentlig kortere end i cadmium-analogen, Zn: $b = 6.3608(4)$ Å og Cd: $b = 6.8236(4)$ Å. Desuden bidrager den forholdsvis store forskel i elektrontæthed mellem Zn og Cd også til at komplicere sammenligningen mellem pulverdiffraktogrammerne.

Ligesom cadmiumchromat er zinkgult også forholdsvis letopløselig i vand (ca. 2 g/L). Det er sandsynligvis både opløseligheden og tilstedeværelsen af hydroxidioner i natrochalcitstrukturen, som gør, at zinkgult og cadmiumchromat er særligt ustabile chromatpigmenter. Eksempelvis er farveændringen af den gule farve (zinkgult) i Seurats *En søndag eftermiddag på øen La Grande Jatte* beskrevet allerede i 1892 kun otte år efter værkets færdiggørelse [4].

Eksperimentelle specialer er vigtige for udviklingen

Undersøgelsen af Krøyers malerskrin afslørede således ikke bare et sjældent pigment, men medførte også, at strukturen af zinkgult blev opklaret. Strukturoptakningen synes også at kunne forklare, hvorfor zinkgult er særligt ustabil mht. reduktion af Cr(VI) til Cr(III).

Cadmiumchromat mangler endnu at blive fundet i ældre malerier. Dette kan skyldes, at kunstnerne var klar over dets manglende holdbarhed, eller at cadmiumchromat var dobbelt så dyrt som andre chromatpigmenter, og at pigmentet følgelig har været meget lidt udbredt. En anden mulighed er imidlertid, at konservatorer endnu ikke har ledt specifikt efter cadmiumchromat. Dette vil muligvis ske, nu da pigmentets eksistens er blevet afklaret. Et oplagt sted at starte med at lede efter cadmiumchromat ville være hos Edvard Munch og J.F. Willumsen, som også benyttede sig af tubefarver fra Vilhelm Pacht [2,5].

Sluttelig viser undersøgelsen af Krøyers malerskrin også, at de store eksperimentelle specialer (60 ECTS) bør bevares. Som vist giver disse både mulighed for nye opdagelser og for, at de studerende får forskningsbaseret undervisning og bliver fortrolige med de faglige discipliners dybde og bredde.

Referencer

1. H. Kühn, M. Curran, Chrome yellow and other chromate pigments, in: R.L. Feller (Ed.) Artists' pigments. A handbook of their history and characteristics. Vol. 1, Archetype Publications, London, 1986, pp. 187-217.
2. M.B. Christiansen, M.A. Sørensen, J. Sanyova, J. Bendix, K.P. Simonsen, Characterisation of the rare cadmium chromate pigment in a 19th century tube colour by Raman, FTIR, X-ray and EPR, Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc., 175 (2017) 208-214.
3. K.P. Simonsen, M.B. Christiansen, M.G. Vinum, J. Sanyova, J. Bendix, Single crystal X-ray structure of the artists' pigment zinc yellow, J. Mol. Struct., 1141 (2017) 322-327.

4. L. Zanella, F. Casadio, K.A. Gray, R. Warta, Q. Ma, J.-F. Gaillard, The darkening of zinc yellow: XANES speciation of chromium in artist's paints after light and chemical exposures, J. Anal. At. Spectrom., 26 (2011) 1090-1097.
5. M.B. Christiansen, The artists' materials and painting technique of P. S. Krøyer. An investigation of the artist's paintings and tube colours. (Master's thesis, in Danish), The Royal Danish Academy of Fine Arts, School of Conservation, Copenhagen, 2016.
6. M. Saabye, Krøyer: An International Perspective, The Hirschsprung Collection & Art Museums of Skagen, Copenhagen, 2011.
7. B. Scavenius, Krøyer and the Artists' Colony at Skagen, National Gallery of Ireland, Copenhagen, 1999.
8. H.G. Cole, L.F. le Brocq, The chemistry of some complex zinc and cadmium chrome pigments, J. Appl. Chem., 5 (1955) 149-170.
9. R. Krickl, M. Wildner, Crystal chemistry of synthetic Co- and Ni-analogues of natrochalcite – the shortest known hydrogen bonds among mineral-type compounds Part I: Single-crystal X-ray structures, Eur. J. Mineral., 19 (2007) 805-816.
10. R. Krickl, M. Wildner, Crystal chemistry of synthetic Co- and Ni-analogues of natrochalcite – the shortest known hydrogen bonds among mineral-type compounds. Part II: Spectroscopic studies, Eur. J. Mineral., 21 (2009) 65-78.

E-mail:

Marie Bitsch Christiansen: mbc@konsv.dk

Kim Pilkjær Simonsen: kps@kadk.dk

Mikkel Agerbæk Sørensen: mikkel.agerbaek@chem.ku.dk

Morten Gotthold Vinum: morten.vinum@chem.ku.dk

Jesper Bendix: bendix@kiku.dk



RheoSense
Simply Precise



Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov
Telefon 8621 2866
Telefax 8621 2301
E-mail: sales@biolab.dk

Cassava til delvis erstatning af hvedemel i hvidt hvedebrød

Dansk enzymteknologi kan give bedre bagekvalitet af hvedemel iblandet cassavamel.

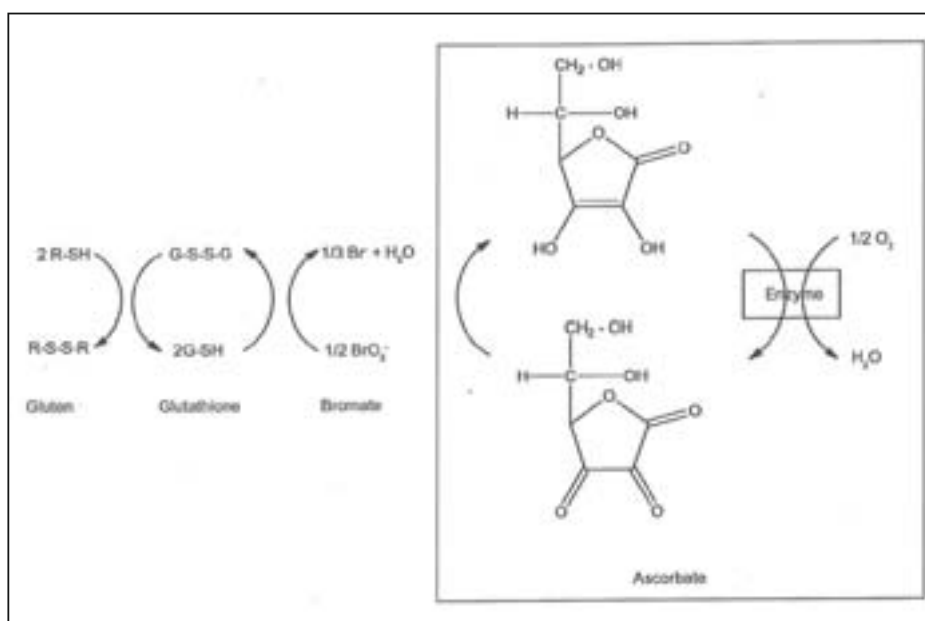
Af Ulla Kidmose, lektor ved Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet og Leif Skibsted, professor i fødevarekemi ved Institut for Fødevarevidenskab, Københavns Universitet

For at brødføde verden skal vi i de næste 50 år producere lige så mange fødevarer, som menneskeheden har produceret, siden vi forlod jæger- og samlerstadiet. Denne fremskrivning bygger på den stadig stigende befolkning. I dag er vi syv milliarder, vi forventes at være 10 milliarder mennesker i år 2050, og jordens befolkningstal synes ikke at stagnere.

Den vestlige civilisations udvikling har været afhængig af hvede. Den hvede, vi kender, er dog ikke en wild plante. Brødhvede er hexaploid ($2n=42$), durumhvede er tetraploid ($2n=28$), mens den vilde form har $2n=14$. De forventede globale temperaturstigninger vil van-



Figur 1. Osteboller bagt i Faxe Ladeplads ud fra brasiliansk cassava-bageblanding, æg og vand, bemærk "Não contém Glúten".



Figur 2. Gluten-netværk i hvedebrød skyldes oxidation af thiol i gluten til svovl-svovlbinder. Denne oxidation, der formidles af glutathion, kan fremmes af bromat. I dag anvendes i stedet ascorbinsyre, der oxideres til dehydro-ascorbat af luftens ilt, der så erstatter bromat som oxidator.

skelligøre dyrkning af hvede i mange egne, hvor der i dag dyrkes højtydende hvedesorter.

I en ikke fjern fremtid vil der blive mangel på brødhvede. Brasilien, der ellers er noget af et spisekammer, importerer i dag brødhvede. Der bliver behov for alternative stivelsesafgrøder til brød i lande med store befolkninger.

Institutter under Videnskabernes Akademi i Kina undersøger kartofler som en sådan stivelseskilde, og forskellige banansorter og cassava er også oplagte muligheder.

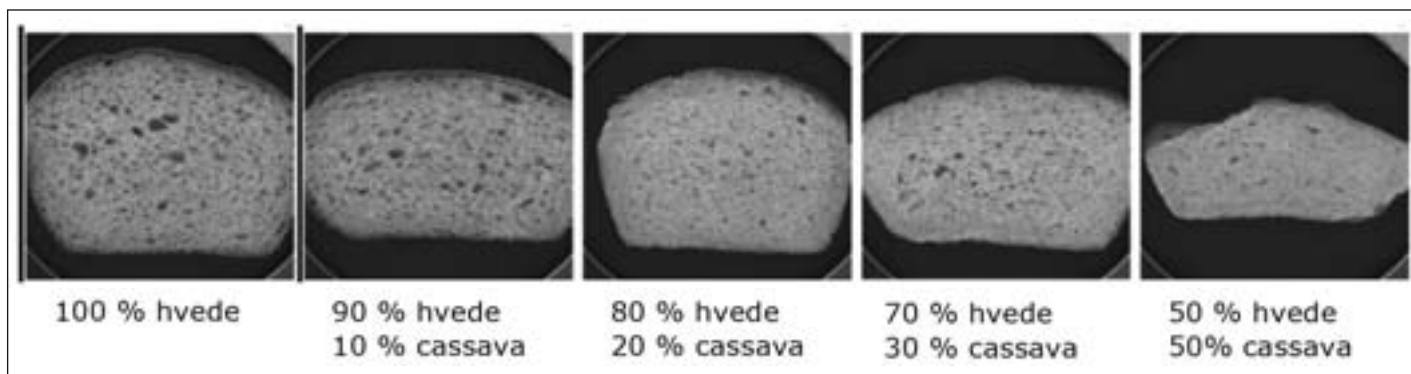
Cassava

Cassava er en robust afgrøde, da stivelsen, der oplagres i knolde under jorden, er beskyttet mod tropernes omskiftelige vejrlig. Cassavas jordknolde er rige på

stivelse, men indeholder kun lidt protein og intet gluten i modsætning til hvede. Cassavamel har derfor meget dårligere bageegenskaber end hvedemel.

Et traditionelt brasiliansk hjemmebak er Pão de Queijo, osteboller, der bages af fermenteret cassavamel og ost og med tilsætning af æg, se figur 1. Det er æg og ost, der gør, at bollerne ikke kollapse efter bagning, men bevarer en delikat luftig struktur. Proteinerne fra æg tilføjer krummen den struktur, oxideret gluten giver hvedebrød, se figur 2.

Cassavamel har et oplagt potentiale til brødfremstilling og blandinger af hvedemel og cassavamel har ofte været undersøgt for deres bageegenskaber. I figur 3 ses brød bagt af hvedemel med stigende erstatning af hvedemel med cassavamel. Brødvolumen og krum-



Figur 3. Tilsætning af mere end 30% cassava til hvedemel giver brød med formindsket volumen.

mens struktur er tydeligvis et problem for stigende erstatning med cassava.

Som en del af et dansk-brasiliansk samarbejde inden for fødevareforskning støttet af Det Strategiske Forskningsråd og af Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo 2012-2015, undersøgte, om tilsætning af plantefibre og anvendelse af enzymer kunne forbedre kvaliteten af brød bagt med blandinger af hvede og cassava.

Sensorisk kvalitet af hvedebrød med cassavamel

Forskellige varianter af cassava fra Brasilien blev undersøgt, herunder den "søde" Polvito Doce og den "syrlige" Polvito Azedo, der er fermenteret og giver en mere løs dejstruktur. En sensorisk analyse ved brug af et trænet smagspanel viste stor følsomhed for smagen af brødernes krumme i forhold til de anvendte typer og blandinger af cassava. Ved at sammenholde de sensoriske data med måling af tekstur viste det sig også, at 30% cassava nok er den øvre grænse i praksis for substitution i hvedebrød. Fibre fra frøskaller af loppefrø (*Psyllium*) forbedrede krummens struktur, men gjorde brødene hårdere.

Enzymer hjælper

Glukose oxidase havde ingen effekt på kvaliteten af hvedebrød bagt med 30% af den fermenterede Azedo cassava. Det var nok heller ikke forventet. Forskellige amylaser derimod forbedrede brødets struktur, dog blev brød bagt med det blandede mel aldrig helt så godt som det traditionelle hvedebrød vurderet ud fra sensorisk bedømmelse. Hydrolyse af polysaccharid med xylanaser forbedrede også brødets struktur og tekstur. Dejen blev dog mere klistret, men blev nemmere at bearbejde ved at mindske tilsætningen af vand til 58%, men det var til gengæld for lidt til at sikre dannelse af et elastisk og smidigt gluten-/stivelsesnetværk.

En lipase øgede brødvolumen, da dejen bedre kunne tilbageholde kuldioxid under bagningen. En laccase, der oxiderer polyphenoler, gjorde det bagte brød blødere.

En foreløbig konklusion blev, at øget tilsætning af vand på op til 70%, men endelig ikke mere, og anvendelse af en xylanase gav større brødvolumen, blødere brød og en mere ensartet brødstruktur i de blandede cassava-/hvedebrød.

De mange mulige kombinationer gør det stadig muligt at optimere opskrifterne. Måske kan samtidig anvendelse af hydrolytiske og oxidative enzymer give nye muligheder?

Men hvordan virker enzymerne?

De hydrolytiske amylaser og xylanaser blev fundet mest lovende til at give bedre kvalitet af cassava-/hvede-melblandingerne. Omhyggelig fraktionering af proteiner ekstraheret fra hvede pegede på, at et globulært protein aktiverer amylaser og øger

enzymaktiviteten med op til en faktor fire. Et tilsvarende protein blev ikke fundet i cassava. Den øgede aktivitet af xylanaser kunne derimod tilordnes en varme-resistent komponent fra hvede, altså ikke et protein. Denne komponent blev ikke identificeret under projektet - der var vist slået et for stort brød op.

Tilstedeværelsen af en varmebestandig komponent i hvede, der aktiverer xylanaser, synes at være en vigtig opdagelse med et stort perspektiv for brøindustrien og for anvendelse af alternative stivelsesafgrøder til brød.

Glutenfrit brød

Brøindustrien ser store markedsmuligheder i glutenfrit brød. Udover egentlige gluten-allergikere synes flere og flere at foretrække glutenreduceret eller glutenfrit brød. Cassava er et oplagt alternativ til hvede, og enzymer hjælper effektivt på vej.

Novozymes takkes for de mange enzymer, vi fik afprøvet.

E-mail:

Leif Horsfelt Skibsted: ls@food.ku.dk

Referencer

Sidsel Jensen, Leif H. Skibsted, Ulla Kidmose, Anette K. Thybo: Addition of cassava flours in bread-making: Sensory and textural evaluation. *LWT - Food Sci Tech* 60 (2015): 292-299.

Luca Serventi, Leif H. Skibsted, Ulla Kidmose: Individual and combined effects of water addition with xylanases and laccase on the loaf quality of composite wheat-cassava bread. *Eur Food Res Technol* 242 (2016): 1663-1672.

Luca Serventi, Sidsel, Jensen, Leif H. Skibsted, Ulla Kidmose: Addition of enzymes to improve sensory quality of composite wheat-cassava bread. *Eur Food Res Technol* 242 (2016): 1245-1252.

Cristian De Gobba, Karsten Olsen, Leif H. Skibsted: Components of wheat flour as activator of commercial enzymes for bread improvement. *Eur Food Res Technol* 242 (2016): 1647-1654.



Solutions in Milling & Sieving

The revolution in ultra-fine grinding: The new E_{max} achieves finer and faster grinding results than any other ball mill!





part of VERDER
Kvinderupvej 30 · 3550 Slangerup · Tlf: 4738 1014 · www.retsch.dk



Har du tillid til dine fødevarer?

Kemiske analyser er væsentlige for tillid til og gennemskuelighed af fødevarer, men hvordan kan metoder følge med udfordringerne?

Af Jørn Smedsgaard, DTU Fødevareinstituttet

Tillid og gennemskuelighed er afgørende for dit og mit valg af fødevarer. Vi har først og fremmest en forventning om, at vores fødevarer er sikre, vi accepterer ikke ukendte risici fra kosten, og så skal produkterne være det, de giver sig ud for. Det betyder ikke, at kosten nødvendigvis skal være sund, men at den opfylder vores behov. Det kan f.eks. være sund ernæring, eller at den tilfredsstiller behov som f.eks. oplevelse, smag, autenticitet, bæredygtighed og andre kvalitetsparametre. Hele beslutningsprocessen er baseret på vores tillid til fødevarerne, og at vi kan gennemskue dem i forhold til vores aktuelle behov og ønsker. Beslutningspyramiden hviler på et fundament af detaljerede data om fødevarerne og deres sundhedseffekter, der tilsammen giver os mulighed for at vurdere de forskellige fødevarer.

Indhold og effekter af kemiske stoffer udgør en meget stor og

kompleks del af de data, der har betydning for kvaliteten. De omfatter alt fra ernæring, sensorisk oplevelse til en række langsigtede risici.

Her vil jeg lige tillade mig en afgrænsning: Jeg fokuserer i denne diskussion udelukkende på kemiske data, specielt på sporindhold af



Gruppe	Område	Eksempler
Godkendte og anvendte stoffer	Funktionelle stoffer i fødevarereproduktionen	Tilsætningsstoffer Pesticider Veterinære lægemidler Diverse hjælpepestoffer
Procesforureninger	Fra opvarmning Afsmitning fra procesudstyr og emballage Reaktionsprodukter	Acrylamid, furaner, etc. BPA, ftalater, fluorerede stoffer Oxiderede lipider
Miljøforureninger	Industriforureninger Naturlige forureninger	Dioxiner, tungmetaller, PCB, ... Bakteriociner, mykotoksiner, algetoksiner
Naturlige	Naturstoffer og naturligt forekommende	Plantetoksiner, arsen (fra jord og vand)
Bevidst	Svindel	Melamin, sukker, farver, aroma, ... Bevidst forkert anvendelse af godkendte stoffer (alle typer)

uønskede lavmolekylære stoffer. Næringsstoffer, mikrobiologi, bæredygtighed og produktionsforhold er på tilsvarende vis væsentlige for vores tillid, men det må være en anden historie.

I Danmark bygger vores høje tillid til fødevarer på en effektiv offentlig regulering og et risikobaseret kontrolsystem, der sammen med ansvarsbevidste fødevarereproducenter sikrer kontrol og dokumentation igennem hele produktionskæden. Selvfølgelig sker der fejl og også bevidste overtrædelser af reglerne, men meget sjældnere end i mange af de lande vi sammenligner os med. Dette samspil betyder, at danske fødevarer også internationalt nyder stor tillid.

De uønskede kemiske stoffer i fødevarer

Når det kommer til bestemmelse af indholdet af uønskede kemiske stoffer i fødevarerne, er udfordringerne store og stigende: Der kan findes enormt mange uønskede stoffer, og de findes i meget forskellige koncentrationer (fra ppm til mindre end ppb). Kilder til disse stoffer er både naturen selv, produktionen og menneskelig aktivitet - se eksempler i tabellen. Specielt kan svindel med fødevarer føre til et uforudsigeligt indhold af uønskede stoffer.

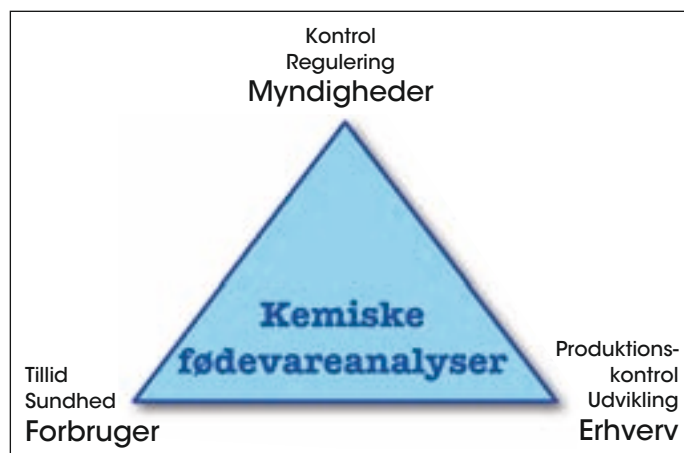
Heldigvis er kun få af stofferne akut skadelige i de niveauer, hvori de findes, men mange af dem har betydelige uønskede effekter ved længere tids indtag. Dertil kan der være mange andre kilder til de uønskede stoffer end fødevarerne, der medvirker til den samlede risiko.

Kemiske analyser og monitorering af fødevarer er et afgørende redskab til at sikre tillid til fødevarer og vores fødevarereproduktion - hvad findes hvor og hvor meget? Producenterne kan sikre tilliden igennem datadokumenteret produktionskontrol og ved produktudvikling. Og myndighederne kan sikre tillid med uafhængig kontrol af produktion, fødevarer og befolkningssundhed.

Den analytiske udfordring

Følsomme og nøjagtige kemiske analyser er generelt tids- og ressourcekrævende, især når mange forskellige stoffer skal bestemmes kvantitativt på lavt niveau. For at løse denne store analytiske opgave er metoder som massespektrometri i dag vidt udbredt til sporanalyser af fødevarer. For at lette arbejdet har man udviklet multimetoder, hvor mange stoffer søges inkluderet i en metode. Det gælder bl.a. for pesticider, hvor mange hundrede forbindelser bestemmes samtidig.

Fælles for de specifikke kvantitative metoder er, at de kun



kan bruges til at bestemme de stoffer, hvortil de er udviklet, idet hvert stof skal valideres med en autentisk standard, der også skal inkluderes for kvantificering. I takt med at stadig flere stoffer anvendes, og flere stoffer giver anledning til bekymring, lægges der et betydeligt pres for at få mere effektive metoder. Samtidig udfordrer svindel den klassiske tilgang, da metoderne jo kun finder det, der analyseres for.

Pipetteservice

Akkrediteret kalibrering
Reparation • Vedligeholdelse

Gilson Center of Excellence • Certificerede teknikere • 20 års erfaring
• Alle førende fabrikater • Elektroniske certifikater • Serviceaftaler

Biolab A/S,
Sindalsvej 29, DK-8240 Risskov,
Tlf: 8621 2866 Fax: 8621 2301
E-mail: pipetteservice@biolab.dk
www.biolab.dk

Cal. Reg. Nr. 482



Figur 1. Eksempler på analytiske systemer rettet mod forbrugerne: et NIR-spektrofotometer fra Tellspec (3) (<http://tellspec.com/en/>), der netop har slået sig ned i Aarhus, en glutensensor fra Nima (1) (<https://nimasensor.com>) eller måske en FoodSniffer (4) (<http://www.myfoodsniffer.com>), der kan afgøre, om kødet er frisk, måske en H₂-smartphone med NIR-spektrometer fra et samarbejde mellem Consumer Physics og Changhong (2) (<https://www.phone.consumerphysics.com>).

To tendenser præger den analytiske udvikling:

- udvikling af effektive, billige og robuste specifikke metoder til de kendte problemer og
- udvikling af generiske screeningsmetoder, der inkluderer så mange stoffer som muligt i en analyse.

Et fælles mål er at opnå flere data med mindre indsats, og udviklingen drives af den teknologiske udvikling inden for dataanalyse, computere, sensorer og instrumenter.

Specifikke metoder og smarte løsninger

I dag kan de fleste større instrumentleverandører levere komplette validerede løsninger til de "klassiske" parametre, f.eks. pesticider, rester af veterinære lægemidler og klassiske miljøforureninger. Metoderne er ofte baseret på massespektrometri og bliver leveret med alle standarder, validerede metoder osv. Ud over de klassiske analysemetoder kommer der stadig flere specifikke instrumenter, der ofte kun kan bestemme få parametre, men kan gøre det on-site, meget hurtigt, måske håndholdt og med stor specificitet.

Disse systemer er ofte baseret på nyudviklet mikroanalytisk

teknologi og sensorer. En interessant sidegren af denne udvikling er analytiske systemer rettet mod forbrugere, hvor nogle eksempler er vist på figur 1. Disse systemer vil gøre det muligt for forbrugeren at lave egne analyser af fødevarer, så de kan føle sig trygge ved deres indkøb.

Disse forbrugeranalyser kan føre til interessante udfordringer og muligheder i erhvervet og hos myndighederne.

Generiske screeningsmetoder

Nøjagtig massespektrometri, specielt time-of-flight MS (tof-MS), er de sidste godt 10 år blevet et effektivt redskab i fødevarermonitorering, hvor kemiske screeningsmetoder bruges til at monitorere en bred række af stoffer. Disse screeningsmetoder har et kæmpe potentiale til både at kortlægge uventede forekomster af stoffer, opdage uventede risici og afsløre svindel, ligesom de er blevet værdifulde ved produkt- og procesudvikling og i at forstå helbredseffekter. Desværre er brug af screeningsmetoder ikke helt så simpel - mindst fire udfordringer skal håndteres:

Screeningsmetoder kræver som udgangspunkt **ekstraktion** af alle relevante stoffer fra en prøve. Den populære QuEChERS ekstraktion er et eksempel på en meget anvendt generel metode, der dog ikke dækker alle stofgrupper eller giver tilstrækkelig følsomhed. Det er derfor nødvendigt at udvikle et beslutnings-træ, der foreslår generelle ekstraktionsmetoder for alle stoffer i en prøvematrix i stedet for udvikling af metoder til specifikke stoffer i mange prøvematrixer.

Identifikation af stoffer fundet i en screeningsanalyse er en særlig udfordring, der kræver betydelig indsigt i problemet, kemi og adgang til gode databaser. Dette hjælpes dog på vej af størst mulig massenøjagtighed i analysen.

Metoder baseret på massespektrometri, især LC-MS, **optimeres** til bedst mulige signal for udvalgte stoffer. Ved screeningsanalyser er udfordringen jo netop, at man ikke præcis ved, hvad der skal optimeres for. Derfor har Pieke [1] foreslået en alternativ strategi, hvor der laves en vægtet optimering baseret på udvalgte modelforbindelser. Ideen er at se på både store og små signaler og at maksimere små på bekostning af store.

Kvantificering kræver autentiske standarder inkluderet i analyserne. Ved screeningsanalyser vil det ikke være muligt at inkludere alle tænkelige standarder, ofte er de slet ikke tilgængelige, og der kan dukke helt uventede stoffer op. Derfor er det nødvendigt at finde alternative metoder til at estimere koncentrationen. Et eksempel fra vores laboratorium er estimering af mængden af pyrrolizidinalkaloider i honning. Der kendes mere end 600 af disse udbredte plantealkaloider, men kun få er tilgængelige som standarder. En løsning er som standard at anvende kendte pyrrolizidinalkaloider, der eluerer tæt på de ukendte. Det giver tilstrækkelige nøjagtige resultater til en risikovurdering. Metoden kræver dog, at der er en lighed i kemisk struktur (Wang, Tingting *et al* - manuskript er under forberedelse).

Disse udfordringer er et af temaerne i projektet "Kemiske analyse- og screeningsmetoder til fødevarerovervågning", der er en del af Fødevareforlig 3, finansieret af Miljø og Fødevareministeriet. Projektets mission kan kort beskrives som "Flere kemiske monitoreringsdata med mindre indsats", drevet af et behov for mere detaljerede kemiske data, der kan sikre tillid og gennemsikkelighed til fødevarers sikkerhed og kvalitet.

E-mail:

Jørn Smedsgaard: smeds@dtu.dk

Reference

1. "A framework to estimate concentrations of potentially unknown substances by semi-quantification in liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry". Pieke, E.N.; Granby, K.; Trier, X.; Smedsgaard, J.; *Analytica Chimica Acta* (ISSN: 0003-2670) (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2017.03.054>), vol: 975, pages: 30-41, 2017.

EFSA opdaterer vurdering af listeria-risiko



Flere års stigning i antallet af registrerede listeriainfektioner i Europa har fået den Europæiske Fødevaresikker-

hedsautoritet, EFSA, til at udarbejde en opdateret videnskabelig vurdering af sundhedsrisikoen ved listeriabakterier

i spiseklare fødevarer. Vurderingen efterlyser nye måder at indsamle sammenlignelige data om bakterien på tværs af Europa og anbefaler større viden i hele fødevarekæden om den risiko, forurenede fødevarer udgør for sårbare forbrugere. Baggrunden er, at de nyeste tal viser, at godt 2.200 europæere fik en listeriainfektion i 2015, hvoraf 270 er døde, hvilket er det største antal registrerede dødsfald på grund af bakterien nogensinde.

Ifølge vurderingen er risikoen for at blive syg størst hos personer over 65 år: Næsten halvdelen af alle infektioner forventes at ramme den aldersgruppe. Rapporten påviser også betydningen af opbevaringstemperatur og -tid. EFSA anslår, at ca. 37% af listeriainfektionerne skyldes vækst af bakterien, efter forbruget har indkøbt varen.

I Danmark har der fra 2008-2015 været 496 bekræftede listeriatilfælde.

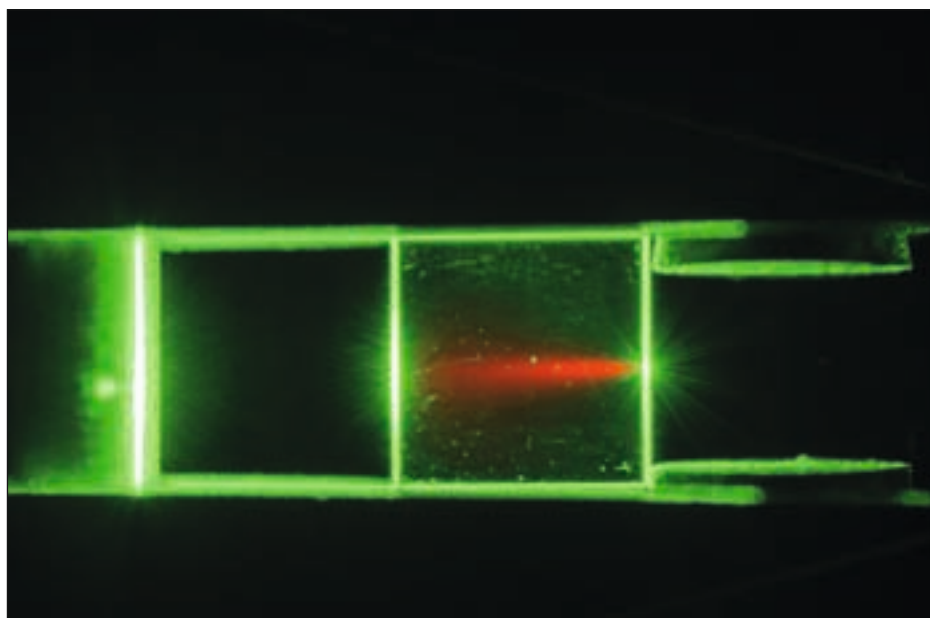
Kilde: DTU Fødevareinstituttets website

Diamanter skal klarlægge signaler i hjernen

Ny kvanteteknologi gør det muligt at måle meget finere og mindre magnetiske signaler i det menneskelige væv, end man tidligere har kunnet. Forklaringen ligger i en lille diamant-sensor - en kunstigt fremstillet diamant med en indbygget defekt, som gør det muligt at udnytte et af grundelementerne i kvantefysikken: superpositioner. Superposition betyder, at en partikel kan være i to forskellige tilstande samtidig, f.eks. at en elektrons spin kan vende både op og ned på én gang. Dermed kan opnås målinger på atomart niveau i menneskeligt væv med en hidtil uset præcision.

- Særligt i forhold til hjernens signaler vil det være væsentligt at få indsigt i, hvad der sker undervejs i signalets bevægelse fra et sted til et andet. Når vi har den viden, vil det også være muligt at udvikle medikamenter, der enten kan stimulere eller blokere signalerne i hjernen og dermed bidrage til at dæmpe eller helt fjerne symptomerne ved hjernerelaterede sygdomme som Alzheimer, siger lektor Alexander Huck, DTU Fysik.

- Der et stykke vej endnu, før vi kan offentliggøre de første resultater af målinger i hjernen. Men allerede i løbet af de næste par år vil vi være i stand til at bruge teknikken i kræftbehandlingen. Diamantsensorer er i stand til at skelne



Fotografer: Jonas Neergaard-Nielsen og Sepehr Ahmadi fra laboratoriet, hvor belysningen af en diamant med grønt laserlys fluorescerer rødt lys.

de enkelte celler og dermed konstatere, om alle kræftceller i et behandlet område er slået ihjel, eller om der fortsat er levende kræftceller tilbage, der kan sprede sig til resten af kroppen. Det bliver det første kæmpe skridt med den nye diamantsensor-teknik, og når vi kommer lidt længere, vil den også få en afgørende

betydning for indsatsen mod sygdomme i hjernen som eksempelvis Alzheimer, siger Alexander Huck.

Forskningsprogrammet er finansieret af Innovationsfonden og bliver koordineret af professor Ulrik Lund Andersen, DTU Fysik.

Kilde: DTU Fysik

Forskning i fødevareproduktionsteknologi:

Fysiske principper bag kunsten at lave god mad i stor skala

Tilberedningen af faste fødevarer ved koge-, stege- og bageprocesser er et centralt trin i størstedelen af al madlavning, både i lille og stor skala. En mekanistisk forståelse af de fysiske og kemiske processer, som følger af opvarmningen, er grundlaget for at kunne lave realistiske, prædiktive matematiske modeller af disse processer. Sådanne modeller kan lette meget af arbejdet ved opskalering til industriproduktion.

Af Jens Adler-Nissen og Aberham Hailu Feyissa, Forskergruppen for Fødevareproduktionsteknologi, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet

Forskningen i fødevareproduktionsteknologi ved DTU har helt overordnet det formål at forstå og videreudvikle de videnskabelige principper, som ligger til grund for forarbejdning af fødevarer i industriel skala. Allerede denne brede formulering antyder, at *skalering* af processerne er et centralt emne. Fødevareindustrien, herunder catering-industrien, har brug for pålideligt og driftsøkonomisk forsvarligt at kunne opskalere forarbejdningen af *nyudviklede produkter* fra forsøgskøkken-skala til industri-skala og stadig opnå den ønskede kvalitet og sikkerhed. En gennemgående udfordring er her, at skaleringens effekt på produktkvalitet, produktsikkerhed og produktivitet kun i et vist omfang kan prædikerer gennem matematisk modellering, og der er derfor et betydeligt element af heuristik forbundet med opskaleringen og optimeringen af en ny produktionsproces i fødevareindustrien.

Termiske processer er centrale i madlavning

Ovenstående abstrakte formulering vil vi konkretisere med eksempler fra vores forskning i *termisk processering* af faste fødevarer. Det dækker i korthed over koge-, stege- og bageprocesser, som er centrale processer i størstedelen af al madlavning, hvad enten den foregår i husholdningen, i storkøkkener eller i industriel skala. I den klassiske udformning af disse processer transporteres varmen henover grænsefladen mellem omgivelserne og den faste fødevare og fordeles derefter gennem ledning til det indre af fødevaren. Varmeroverførslen kan her ske ved tre forskellige fysiske principper: Ved *kontaktledning*, som f.eks. stegning på pande, ved *konvektion*, som f.eks. kogning i vand eller stegning og bagning i en konvektionsovn og ved *stråling*, som når man griller kød. I senere tid er de klassiske varmeoverførselsprocesser blevet suppleret med

forskellige *volumetriske opvarmningsprincipper*, hvor energien afsættes inde i fødevaren og her omdannes til varme, således at opvarmningen ikke begrænses af ledningen gennem produktet. Mikrobølgeopvarmning er et velkendt eksempel fra husholdningen, men også andre former for volumetrisk opvarmning af faste fødevarer er ved at vinde indpas i industrien. Her arbejder vi i den fødevareproduktionsteknologiske forskergruppe med *ohmsk opvarmning* af faste fødevarer, hvor opvarmningen sker ved at lade en vekselstrøm passere gennem produktet [1].

Den termiske processering medfører en lang række kemiske og fysisk-kemiske ændringer i fødevaren, hvor især denaturering af proteiner, forklistring af stivelse, blødgøring af plantecellevægge og bruningsreaktioner som Maillard-reaktioner og karamellisering, har afgørende betydning for et gastronomisk tilfredsstillende resultat. Det er velkendt for læsere af *Dansk Kemi* med de traditionsrige essays om køkkenkemi, og det vil i øvrigt være uoverkommeligt at henvise til faglitteraturen her. Opvarmningen af den faste fødevare inducerer også vigtige transportprocesser, hvor især transporten af vand i flydende form og/eller på dampform er central (i brødbagning er også transporten af CO₂ vigtig). Tillige medfører opvarmningen en hel eller delvis inaktivering af tilstedeværende mikroorganismer, hvilket er ønskværdigt og i mange tilfælde også et hovedformål med termisk processering.

Vores forskning i termisk processering af faste fødevarer sigter på en sammenfattende *mekanistisk forståelse* af den rent fysiske opvarmningsproces og dens kobling med vand- og gas-transporten og de nævnte ledsagende kemiske og fysisk-kemiske ændringer. En dækkende mekanistisk forståelse er grundlaget for at kunne lave en troværdig *prædiktiv modellering* af processen med henblik på blandt andet at kunne foretage en pålidelig ekstrapolation fra lille til stor skala. En sådan model kan imidlertid ikke opstilles på teoretisk grundlag alene - der skal *kontrollerede eksperimenter* til for at bestemme forskellige parameterværdier i modellen og for i øvrigt at validere model-

lens gyldighed. Disse eksperimenter bør ikke bare foretages på forenkede fødevaremodeller, men også på de rigtige fødevarer for at fange kompleksiteten i den mekanistiske forståelse.

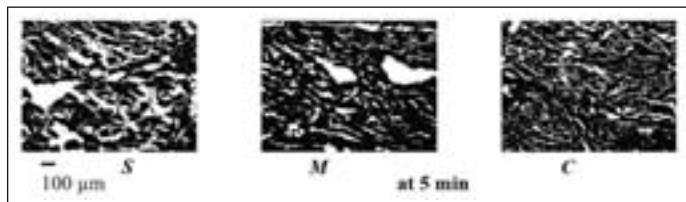
Mekanistisk forståelse og fysisk modellering

Tilberedning af hele kødstykker i en ovn illustrerer på glimrende vis de ret komplekse mekanismer, som gør sig gældende ved en tilsyneladende simpel proces: Et stykke kød med kendte termo-fysiske egenskaber og kendte dimensioner anbringes i et ovnkammer med cirkulerende luft. Lufttemperaturen antages at være konstant = T_f [°C], og varmeovergangstallet mellem luft og kød er eksperimentelt bestemt til h [W/(m²·K)]. Hvis kødet var kemisk upåvirket af temperaturstigningen, ville temperaturen T som funktion af tiden t i de tre dimensioner (x, y, z) i kødet da kunne beskrives udtømmende ved en partiel differenttialligning af Fourier-typen [2]:

$$\frac{\partial T(x,y,z)}{\partial t} = \frac{k}{c_p \cdot \rho} \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

hvor k er kødets termiske ledningsevne, [W/(m·K)], c_p er kødets varmekapacitet [J/(kg·K)] og ρ er kødets densitet [kg/m³].

De forskellige kemiske og fysisk-kemiske ændringer i kødet som følger af den stigende temperatur i kødets indre, får imidlertid hurtigt indflydelse, så ligning (1) er kun gældende i det allertidligste forløb af processen. Denatureringen af muskelproteinerne og bindevævet får kødstykket til at trække sig sammen, og samtidig ændres dets mekaniske (visko-elastiske) egenskaber. Elasticitetskoefficienten stiger med en faktor ca. 7, så kødet bliver stivere [3], og det er faktisk det, man udnytter, når man trykker på en bøf under stegningen for at mærke, om den er tilpas stegt. Sammentrækningen bevirker, at der dannes porer og kanaler i de ydre og mest denaturerede dele af kødet, som vist på figur 1. Sammentrækningen og den øgede stivhed skaber også et betydeligt mekanisk overtryk i kødet, og det medfører en trykdrivet transport af vandet i kødet, ligesom når

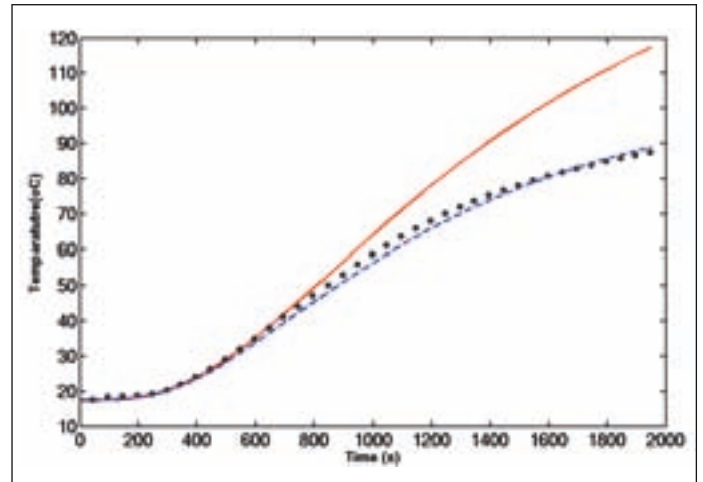


Figur 1. Mikrostruktur af kød efter fem min. stegning ved 175°C [3]. S: nær overfladen, M: halvvejs fra centrum, C: centrum.

man trykker en våd svamp sammen [3]. Da rå kød stort set er impermeabelt over for vand, så er vandet nødt til at bevæge sig ud mod overfladen, hvor permeabiliteten er højere på grund af poredannelsen. Her forlader det kødet som dryp, der helt eller delvist fordamper [3].

Vandtransporten i det indre af kødet kan udtrykkes som en differenttialligning, hvori der indgår en række kødspecifikke, temperaturafhængige parametre: vandbindingsevnen, C [-], elasticitetsmodul, E [N/m²] og vandpermeabiliteten, K [m²] [3]. Værdier for disse parametre har vi hentet fra litteraturen. Da vandet bevæger sig fra den kolde midte til de varmere ydre dele, bidrager vandtransporten også med et ekstra led i (1). Løsningen af disse to koblede differenttialligninger kan ikke gøres analytisk, men må gøres numerisk, hvor vi i forskningsgruppen har valgt det vidt udbredte program COMSOL Multiphysics.

Denne mekanistiske beskrivelse af stegeprocessen kan man måske nok nikke genkendende til, men faktisk har den ikke



Figur 2. Temperaturforløb (centrum) under stegning af kød ved 175°C [4, p. 85]. Den røde kurve viser temperaturen (beregnet), hvis der ingen fordampning var; den blå kurve, når vandtransporten medregnes i modellen. De blå cirkler viser de målte temperaturer. Kødstykket har dimensionerne 40 x 40 x 54 mm.

før været formuleret i alle disse detaljer i den videnskabelige litteratur, og de tidligere prædiktive modeller har haft begrænset gyldighed. Et bemærkelsesværdigt resultat af vores arbejde er påvisningen af, hvor stor betydning vandtransporten har for temperaturfordelingen i kødet under stegningen og dermed for det gastronomiske resultat, se figur 2. Arbejdet har yderligere ført til et samarbejdsprojekt med en af verdens førende producenter af konvektionsovne til storkøkkenbrug.

Særlige eksperimentelle platforme

Det at udføre kontrollerede eksperimenter er ikke altid en simpel opgave, når det gælder termisk processering af faste fødevarer. Forsøgene skal nemlig udføres under betingelser, som realistisk afspejler procesbetingelserne i den industrielle proces - ellers kan man ikke opnå den ønskede kvalitet. Der er tale om et ofte udfordrende arbejde med at designe og konstruere en sådan eksperimentel platform, hvor man kan få adgang til både at kunne variere procesbetingelserne reproducerbart og foretage de relevante målinger på produktet, inklusive fotografering og billedanalyse. Det kan illustreres med det forsknings-samarbejde, som gruppen har haft med en af verdens førende producenter af tunnelovne, Haas-Meincke A/S. Det eksplicitte formål var at opnå en bedre fysisk forståelse af bageprocesser i kontinuerlige tunnelovne.

En industriel tunnelovn kan have en længde fra 20 til 100 m, og den er opdelt i zoner med hver sin styring af lufthastighed og -temperatur. Luften blæses ind gennem fordelersplader ovenover og nedenunder bagebåndet, og luften forlader ovnkammeret gennem siderne. Samtidig bevæger bagebåndet med produktet sig gennem ovnen med en jævn og kontrollerbar hastighed. Det er oplagt, at det er eksperimentelt overordentlig vanskeligt at måle på produkterne under passagen gennem ovnen, og reelt er en sådan ovn en black box.

Vi besluttede derfor i fællesskab med Haas-Meincke A/S at bygge en pilot plant-ovn, som skulle genskabe procesbetingelserne i den kontinuerlige ovn samtidig med, at vi visuelt kunne overvåge produktet og foretage kontinuerlige målinger af produkttemperatur og vægttab. For at genskabe den relative bevægelse mellem luftindblæsning og bagebånd lod vi fordelerspladerne bevæge sig frem og tilbage, mens produktet stod stille på en plade, som hvilede på en præcisionsvægt nedenunder ovnkammeret, se figur 3, side 4. Vi kunne gennem målinger og numerisk simulation (CFD, computational fluid dynamics)

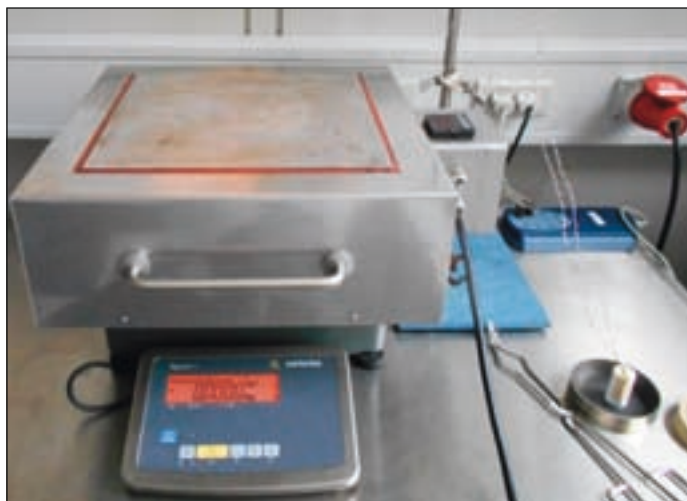


Figur 3. Pilot plant bageovn som simulerer en industriel tunnelovn (eget foto). Hulppladerne til luftfordeling kan skimtes gennem ruden. Bagepladen hviler på vægten nedenunder ovnen.

konstatere, at pilot plant-ovnen kunne genskabe det luftflow og de lokale varmeovergangstal, som hersker i en industriovn, og at bagningen var ensartet på tværs af pladen [5]. Pilot plant-ovnen blev valideret over for tunnelovnen ved sammenlignede bageforsøg, som viste, at man opnåede samme farve og vægttab ved de samme bagebetingelser (lufttemperatur og bagetid) [5].

Kontaktbagning

Den fødevareteknologiske forskningsgruppe på DTU har gennem årene opbygget adskillige andre sådanne eksperimentelle platforme. Et eksempel er en platform til undersøgelse af kontaktstegning og kontaktbagning, figur 4. Her er det en



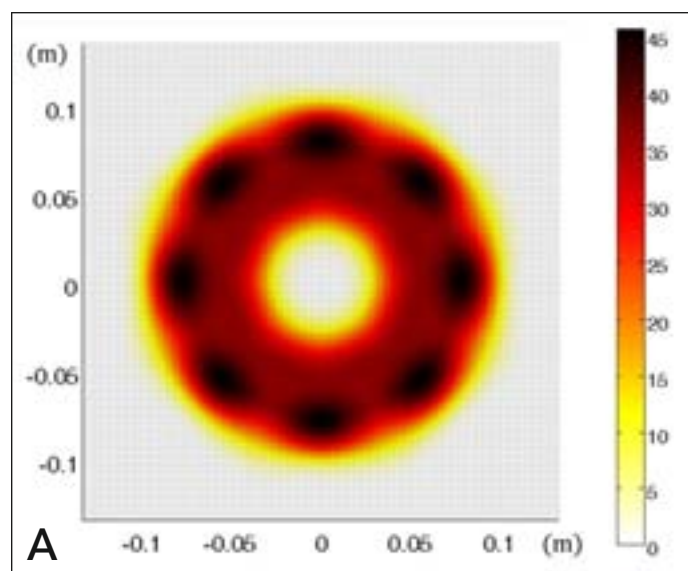
Figur 4. Eksperimentel platform (egen konstruktion) til undersøgelse af kontaktstegning og kontaktbagning (eget foto).

udfordring at kontrollere varmekraften og kontakttemperaturen under processen, idet den indledende kontakt mellem hede-fladen og det kolde kød eller den kolde dej skaber en lokal, kraftig nedkøling og dermed et ukontrollabelt fald i kontakt-temperaturen under processen. Det er et velkendt fænomen fra køkkenet, når man steger bøffer. Det har vi modvirket ved at tilføre varmen gennem en massiv blok af aluminium, som giver høj varmekapacitet og meget lav ledningsmodstand i kontakt-området. Ligesom i pilot plant-ovnen kan vi kontinuerligt følge fordampningstab under processen.

Stegeplatformen har været benyttet i flere forskellige forskningsprojekter, blandt andet til test af nye typer rengøringsvenlige overfladebelægninger [6]. Som testprodukt anvender industrien generelt pandekager, idet bagning af pandekager kan standardiseres og vurderes gennem farvemålinger og adhæsion til stegefladen. Den pandekagemodel, som vi udviklede, har i anden sammenhæng givet en god mekanistisk forståelse af kontaktbagning generelt, hvilket også dækker andre meget store produkter, som fladbrød, pitabrød og chapati [7,8]. Denne viden har vi på det seneste kunne udnytte i et samarbejdsprojekt med en forskergruppe i elektrofysik på Universitetet i Zaragoza, som blandt andet arbejder med modellering af induktionsopvarmning.

Induktionsopvarmning - en udfordrende proces

Induktionskomfurer giver en meget hurtig opvarmning, men i modsætning til hvad de fleste formodentlig forestiller sig, er opvarmningen af en pande på et induktionskomfur ikke særlig jævn, se figur 5A. Fabrikkerne af induktionskomfurer er nødt til at optimere designet af induktionsspolerne ved hjælp af gentagne bageforsøg, og her bruger man faktisk pandekager som model og trænede kokke til at udføre forsøgene. Det er et tidskrævende



Figur 5. Modellering af induktionsopvarmning [9].
A: Simulering af temperaturfordelingen ved induktionsopvarmning af en tør pande.
B: Simulering af farvedannelsen ved bagning af en pandekage på A.

arbejde, og der er et stort behov for at kunne foretage vejledende modelsimuleringer af sådanne forsøg. Den spanske forskergruppe kunne modellere selve induktionsopvarmningen af en tør pande uden produkt, men det afspejler ikke realistisk resultatet af et egentligt bageforsøg. Vi kobledes så vores mekanistiske forståelse og modellering af kontaktbagning med deres modelleringskompetence, og vores spanske gæsteforsker udførte også forsøg på stegeplatformen for at kunne opbygge en empirisk model, som prædikerede farvedannelsen som funktion af tid og temperatur [9]. Figur 5B viser resultatet af en sådan prædiktions, og det er tydeligt, at pandekagen bliver lysere i centrum i overensstemmelse med den ujævne temperaturfordeling vist i figur 5A.

Arbejdet er illustrativt for, hvordan vores forskning i termisk processering typisk hviler på:

- 1) en mekanistisk forståelse,
- 2) numerisk modellering af varme- og massetransport,
- 3) opbygningen af en pålidelig eksperimentel platform, og
- 4) kombination med en kinetisk model til at relatere kvalitetsparametre (her farve) med resultatet af den numeriske modellering.

Man er simpelthen nødt til i gruppen at beherske fysik, teknik og fødevarevidenskab, og det er ikke mindst den sidste disciplin, der berettiger gruppens placering på DTU Fødevareinstituttet.

E-mail:

Aberham Hailu Feyissa: abhfe@food.dtu.dk

Referencer

1. Pedersen, S.J., Feyissa, A.H., Brøknær Kavli, S.T., & Frosch, S. (2016). An investigation on the application of ohmic heating of cold water shrimp and brine mixtures. *Journal of Food Engineering* **179**: 28-35.
2. Mills, A.F. (1995). *Heat and Mass Transfer*, Chicago: Irwin, pp. 123-173.
3. Feyissa, A.H., Gerneay, K., Adler-Nissen, J. (2013). 3D modelling of coupled mass and heat transfer of a convection-oven roasting process. *Meat Science* **93**: 810-820.
4. Feyissa, A.H. (2011). *Robust Modelling of Heat and Mass Transfer in Processing of Solid Foods*. Ph.d.-afhandling, DTU Fødevareinstituttet. [http://orbit.dtu.dk/en/publications/robust-modelling-of-heat-and-mass-transfer-in-processing-of-solid-foods\(60d891d1-2e8a-4904-81e4-393c3b1e8f16\).html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/robust-modelling-of-heat-and-mass-transfer-in-processing-of-solid-foods(60d891d1-2e8a-4904-81e4-393c3b1e8f16).html).
5. Stenby, M., Risum, J., Adler-Nissen, J. (2013). Design and Construction of a Batch Oven for Investigation of Industrial Continuous Baking Processes. *Journal of Food Process Engineering* **36**: 500-509.
6. Ashokkumar, S., Adler-Nissen, J. (2011). Evaluating non-stick properties of different surface materials for contact frying. *Journal of Food Engineering* **105**: 228-235.
7. Feyissa, A.H., Gerneay, K., Adler-Nissen, J. (2011). Modelling of coupled heat and mass transfer during a contact baking process. *Journal of Food Engineering* **106**: 228-235.
8. Feyissa, A.H., Gerneay, K., Adler-Nissen, J. (2012). Uncertainty and sensitivity analysis: Mathematical model of coupled heat and mass transfer during a contact baking process. *Journal of Food Engineering* **109**: 281-290.
9. Sanz-Serrano, F., Sagues, C., Feyissa, A.H., Adler-Nissen, J., Llorente, S. (2016). Modeling of pancake frying with non-uniform heating source applied to domestic cookers. *Journal of Food Engineering* **195**: 114-127.

Ny viden om menneskets oprindelse

I en gammel mine i Marokko er fossiler og stenredskaber siden starten af 1960'erne blevet fundet i udgravningen Jebel Irhoud, der ligger cirka 100 km vest for Marrakesh. Fundene viste sig at være levn fra *Homo sapiens* og blev dengang vurderet til at have omkring 160.000 år på bagen, hvilket passede ind i den hidtidige teori om menneskets oprindelse i det østlige Afrika for ca. 200.000 år siden.

I 2004 genoptog forskere fra Max Planck Instituttet de arkæologiske udgravninger i Marokko og fandt flere fossile levn. Fundene er sensationelle, fordi de afslører den hidtil ældste datering af *Homo sapiens* på intet mindre end 300.000 år. Også fossilerne fra tresserne har fået omskrevet deres historie og er efter nye analyser vurderet til at være 350.000-280.000 år gamle - altså en fordobling af den hidtil anslåede alder. Vi er som art med ét blevet 100.000 år ældre, og Marokkos geografiske koordinater udfordrer forestillingen om Østafrika som stedet, hvor mennesket er opstået og udvandret fra.

Den nye viden er opnået med en Risø TL/OSL-reader udviklet på DTU (TL: Thermoluminescence og OSL: Optically Stimulated Luminescence). Readeren måler materialers lysudsendelse. Når man kender et materiales luminescenssignal, er det muligt at beregne, hvornår f.eks.



en flintøkse blev begravet. Luminescens-datering er velegnet til kortlægning af menneskets udvikling, da metoden kan anvendes til aldersbestemmelse af op til ca. 500.000 år. Til sammenligning kan eksempelvis kulstof 14-datering kun anvendes ca. 50.000 år tilbage i tiden.

Den første Risø TL/OSL-reader

blev fremstillet i 1982, og indtil 2017 har DTU Nutech eksporteret over 400 instrumenter. Det årlige salg ligger på omkring 20 instrumenter, og Risø TL/OSL-readeren står i laboratorier i mere end 40 lande.

Kilde: www.dtu.dk

Kemieksamen 10. juni 1967

10. juni i år kunne vores regentpar fejre guldbrillup. De blev gift 10. juni 1967, en dato, der også er vigtig for mig, idet jeg var til mundtlig eksamen i kemi 1. Det var en tid præget af store undervisere.

Af Børge Riis Larsen, lektor emer., ph.d.

I september 1965 startede jeg på fysik-kemi-studiet på Københavns Universitet. Det første år læste jeg efter studieplanen matematik og fysik. I fysik forelæste Jens Martin Knudsen, som senere blev kendt som *Marsmanden* på grund af sin store interesse for planeten Mars - og senere fik han et stykke af denne planet opkaldt efter sig. Lærebogen var skrevet af Richard P. Feynman, som netop dette år fik nobelprisen i fysik, og han var i øvrigt med til at udvikle atombomben. Instruktør ved regneøvelserne i fysik var bl.a. musikeren og forfatteren Peter Bastian. I matematik var én af forelæserne den tyskfødte dr.phil. Werner Fenchel, som, da jødeforfølgelserne i Tyskland begyndte at spidse til, flygtede til Danmark i 1933.

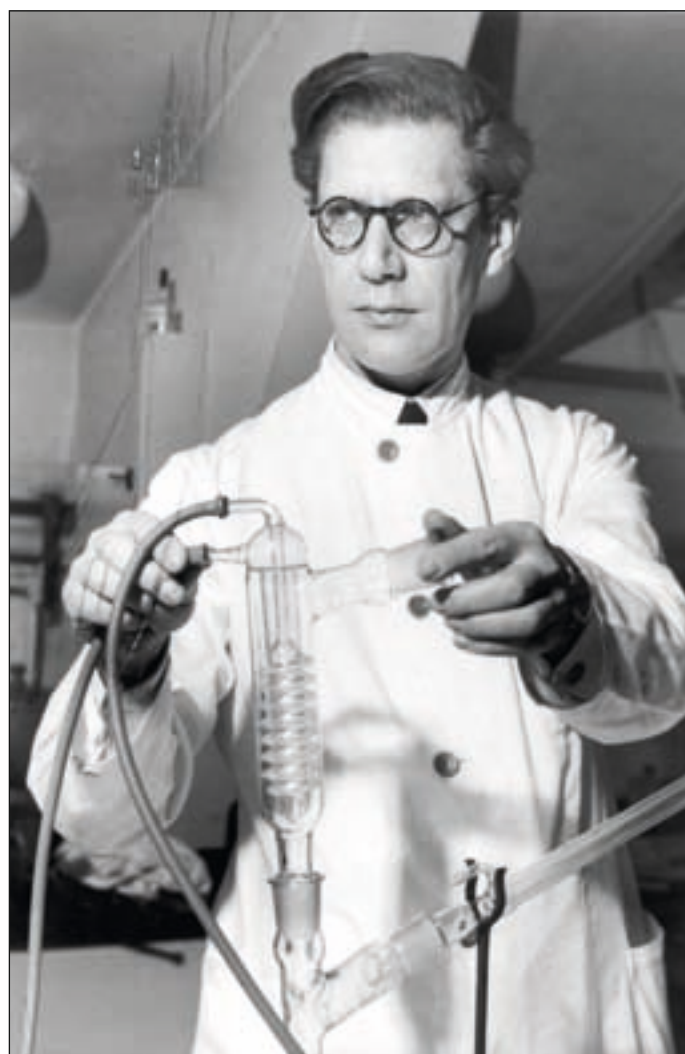
Ph i stedet for f

Efter veloverstået eksamen i disse fag og filosofikum, som blev afskaffet få år senere, begyndte jeg på kemien i september 1966.

Første kemifag var kemi 1. Det var et omfattende kursus. Der var hver uge tre timers forelæsninger, som blev varetaget af lektorerne Niels Groving (almen og uorganisk kemi) og Ole Buchardt (organisk kemi). De var begge mag.scient.er i kemi - Buchardt senere dr.phil. og professor. Lærebøgerne var skrevet af professor K.A. Jensen: *Almen kemi 1-3* på i alt godt 1.300 sider, som dækkede den fysiske, uorganiske og organiske kemi. Dejlige bøger synes jeg, og jeg havde allerede i sommerferien anskaffet dem og var begyndt at læse heri. En af Jensens kæpheste var nomenklatur. Der var nogen, der mente, at han var i færd med at afskaffe bogstavet *f* i det danske sprog. På den tid var det langt fra alle, der som ham eksempelvis ville skrive phosphor og phenolphthalein i stedet for fosfor og fenolfthalein. I dag er der vel meget få, der ikke følger Jensens nomenklaturforslag, som jo for mange år siden har slået igennem i gymnasielærebøgerne.

En lille forskrækkelse

Udover laborieøvelser om eftermiddagen var der eksaminatorier i faget. Det var en slags klasseundervisning, hvor man var delt op i mindre hold - også tre timer hver uge. Der blev fra gang til gang meddelt, hvad næste eksaminatorietime skulle omhandle, og det var så meningen, at de studerende skulle forberede stoffet og kunne diskutere det samt regne opgaver. Det blev pointeret for os, at der ikke var tale om, at underviseren blot skulle gennemgå stoffet og de studerende nyde "gratis opgaveregning". På mit hold var underviseren den norske Nils



K.A. Jensen (1908-92) var en af de helt store danske kemikere i 1900-tallet. Ud over at forfatte tre lærebøger, som var med til at præge flere generationer af danske kemikere og læger, interesserede han sig for nomenklatur, koordinationsforbindelser og svovlforbindelser. Dette lille essays forfatter har hilst på K.A. Jensen en enkelt gang. Det var i forbindelse med Zeise-symposiet på H.C. Ørsted Institutet i 1989, hvor han kom op og roste foredraget om naturvidenskab i den højere skole på Zeises tid. Fotoet fra 1943 viser K.A. Jensen i Universitetets kemiske laboratorium, som lå på Østervoldgade 5 indtil 1962. Det er fra bogen *Aspekter af dansk kemi i det 20. og 21. århundrede*.

Moe, som havde stillingsbetegnelsen amanuensis og havde en doktorgrad fra Sorbonne: dr. d'univ. Allerede i den første eksaminatorietime fik vi en lille forskrækkelse. Moe kikkede på de fremmødte 26 deltagere og sagde: "Ja, for et år siden startede også 26 på holdet - og der var fire(!), der bestod eksamen. Lad os se, hvem de fire bliver i år". Kurset startede lidt hårdt, idet vi fik besked på at starte midt inde i en af K.A. Jensens bøger om fældningsreaktioner.

Moe fik nu ret i sin forudsigelse. Vi var faktisk kun fire fra holdet, der bestod eksamen i sommeren 1967; men det skal dertil siges, at der var tre omgængere, som bestod kurset til vintereksamen i januar 1967, og desuden var holdet, da vi startede efter juleferien, skrumpet ind til det halve.

Den skriftlige eksamen

Eksamen bestod af to dele, udover at man skulle have gennemført laboratoriekurset tilfredsstillende. Der var først en skriftlig prøve af fire timers varighed, som nogen tid senere blev efterfulgt af en mundtlig prøve på 30 minutter, og de to forelæsere eksaminerede i hver deres område.

Op til den skriftlige prøve forberedte vi os grundigt på at løse opgaverne fra tidligere år. De fleste opgaver var ikke så svære, og vi gjorde en ære i at løse et eksamenssæt på under en time. Nu tilhørte jeg en af de årgange, som blev kaldt store, og der var mange studerede. Så vores skriftlige prøve synes jeg ikke var let. Opgavesættet var en del større end de tidligere års. Tidligere bestod et eksamenssæt af fire opgaver, men i maj 1967 var der hele 10! Og de fleste opgaver havde flere bispørgsmål. Den første var eksempelvis seks redoxprocesser, der skulle afstemmes. Jeg har stadig sættet, og da jeg i sin tid så det, var jeg klar over, at jeg måtte løse det om kap med tiden og måske undlade at løse en enkelt opgave eller to.

Mundtlig eksamen

Men jeg kom stort set igennem dem alle - og så oprandt den store dag: Datoen for den mundtlige prøve var lørdag den 10. juni, hvor vores nuværende regentpar skulle giftes. Eksamen startede kl. 13.00 (!). Den mundtlige eksamen startede traditionelt med, at én af eksaminatorerne rejste sig op og meddelte, at der var flere, der havde klaret den skriftlige prøve så dårligt, at de ikke ville kunne bestå eksamen selv med en fin præstation til den mundtlige prøve - men de havde under alle omstændigheder lov til at lade sig eksaminere. Det har vel været sådan, at man til den første kemiprøve kun ville have, at studerende, der havde gode kemiske kundskaber, gik videre i kemistudiet. Især den ene af eksaminatorerne - Groving - synes jeg, var ret skrap i sine formulerede eksamensspørgsmål og eksaminationer. Han kunne finde på at spørge om få sider i lærebøgerne. Eksempelvis fik en studerende spørgsmålet *svovlsyrer*, som der stod et par sider om. Han kunne selvfølgelig fortælle om H_2SO_4 og enkelte andre uorganiske syrer, der indeholder svovl, men ikke alle fra lærebogen.

Groving kørte motorcykel og var dagen før kommet til skade. Der hang en seddel på instituttets opslagstavle med en lille notits om, at han ikke kunne deltage i dagens eksamination og ville blive erstattet af professor Jannik Bjerrum fra det uorganisk-kemiske laboratorium I. Det var noget af en lettelse for mig, og jeg gik med frisk mod til prøven. Mit trukne spørgsmål hos ham var en del bredere end Grovings, og jeg kom igennem hele prøven med en rimelig karakter efter Ørsteds karakter-skala, som på det tidspunkt var ved at blive afløst af 13-skalaen på Universitetet.

Vi blev eksamineret fem personer i rap, før vi fik vores karakter. En trist ting var dog, at der ikke var andre af de fem, jeg blev eksamineret med, der bestod. Måske havde de ikke klaret

den skriftlige prøve i tilstrækkelig grad? Men vi var altså, som Moe havde nævnt, kun fire fra hans eksaminatoriehold, der bestod sommereksamen. Jeg kørte glad hjem. Gaderne var stort set tomme, idet folk så royalt bryllup i TV.

Samme aften og nat havde Skovshoved Roklub, som jeg var medlem af, arrangeret *nattergaletur*, hvor vi roede hele aftenen og natten i et forrygende godt sommervejr. En god måde at fejre min kemieksamen på.

Litteratur

Jensen, K.A.: *Almen Kemi I+II* (1965).

Jensen, K.A.: *Grundrids af den organiske kemi. Almen Kemi III* (1964).

Jensen, K.A.: *Kemi* p. 427-579 i Mogens Pihl: Det matematisk-naturvidenskabelige Fakultet. 1. del bd. XII i: Københavns Universitet 1479-1979 (1983).

Kjølse, Hans H.: *Fra Skidenstræde til H.C. Ørsted Institutet* (1965).

Riis Larsen, B.: *Naturvidenskab i den højere skole på Zeises tid* p. 23-31. I:

William Christopher Zeise - en dansk kemiker. Red. af T. Morsing (1990).

Pedersen, Carl Th.: *K.A. Jensen - et fyrtårn i dansk kemi*. p. 175-182 i: B.

Riis Larsen et al. (red.): *Aspekter af dansk kemi i det 20. og 21. århundrede* (2012).

E-mail:

Børge Riis Larsen: b.riis.larsen@gmail.com

Kemiker, dr.phil. Carl Th. Pedersen, var, før han blev ansat ved universitetet i Odense i 1972, kollega med K.A. Jensen, Nils Moe, Ole Buchardt og Niels Groving på Kem. Lab. II på H.C. Ørsted Institutet. Han giver følgende karakteristik af de tre:

Nils Moe var elektrokemiker; men der havde aldrig før været elektrokemi på laboratoriet. K.A. var jo meget åben overfor noget nyt og har formentlig ment, at der var nogle muligheder i elektrokemien. Moe lavede polarografi i ikke-vandigt miljø. Han var i en periode den mest citerede elektrokemiker i verden på grund af en metode til at fremstille vandfrit rent dimethylformamid, som brugtes af elektrokemikere som opløsningsmiddel.

Ole Buchardt og jeg begyndte sammen i 1954, han i biokemi, men han tog speciale i organisk kemi. Han rejste efter eksamen til USA, hvor han lavede fotokemi, hvad han fortsatte med efter sin hjemkomst. Senere orienterede han sig mod den biologiske kemi og introducerede PNA, peptide nucleic acid, "en DNA", hvor rygraden består af aminosyrer. Man ventede sig meget af PNA; men det blev aldrig den store succes, da man ikke kunne få det ind i cellerne.

Han fik som den første på laboratoriet lov at publicere uden K.A.'s navn på publikationen. Han havde et særligt friskrog overfor K.A., som vi andre aldrig ville have ovovet. K.A. havde kontor på 5. sal, og vi spiste frokost i biblioteket på 4. sal. K.A. havde altid en cigar med til frokost. En dag spurgte Buchardt ham: "Giver De ikke en cigar?", hvortil K.A. svarede: "Jeg har kun én". Hertil svarede Buchardt: "Men De har vel nogle flere ovenpå?", hvorefter K.A. gik op og hentede en cigar til Buchardt. Når K.A. accepterede Buchards friskrog, skyldtes det ifølge de ældre på laboratoriet, Klit og Egelund, at han i Buchardt genkendte noget af sig selv fra sin ungdom. K.A. havde selv haft et lignende friskrog overfor Biilmann. Buchardt var efter min mening uden tvivl den bedst begavede og innovative på laboratoriet.

Niels Groving var ansat, da jeg kom på laboratoriet. Han var spektroskopiker, men han har aldrig publiceret noget særligt. Han var i en periode med i K.A.'s cyanatprojekt. Han brugte en stor del af sin tid på eksaminatorier og aftenøvelser.

Faststof-gas og væske-gas dispersioner: Røg og damp

Af Jens Folke

Røgning har til formål at skabe mest mulig røg, uden at der kommer flammer. Derfor opblødes træflis i vand, før det kommer på grillkullene, og derfor bruges fint smuld til koldrøgning. Ved varmrøgning (70-90°C) præpareres fødevareremnet med en blanding af røg og damp, men vanddamp spiller en lille rolle ved koldrøgning (5-15°C). Trækul fremstilles ved at opvarme træ eller kokosskaller til >450°C under meget iltfattige forhold. Derved efterlades trækullet med meget lidt anden substans end rent carbon.

Karplanter har cellevægge af cellulose, hemicellulose og pektin. Ved dampning opløses pektin og til dels hemicelluloserne, hvorved f.eks. broccolien bliver blød og lettere fordøjelig for os mennesker. Trævedsplanter adskiller sig fra andre karplanter ved sit høje indhold af lignin, en amorf polyphenolisk struktur, der limer cellulosen og hemicelluloserne sammen. Lignin kan kun nedbrydes af ganske få organismer i naturen, herunder visse svampearter, men hvis lignin opvarmes til >300°C pyrolyseres det til mere lavmolekylære forbindelser, der afgiver en aromatisk duft af tørv, tanniner, nellike og vanillin. Pyrolysatet har en antioxidant virkning, der gør madvarer, som bliver eksponeret, mere modstandsdygtige over for harskning. Den gamle fremtidsroman Fahrenheit 451 angiver denne temperatur (232,8°C) som den, hvor papir afgiver så mange røggasser, at de kan antændes af en gnist. Men uden gnist kommer kun røg. Man kan læse på nettet, at løvtræ begynder at blive plastisk ved omkring 65°C, vandet i træet bliver til damp ved 100°C, mens pyrolysegasser og tjære af organiske og uorganiske syrer begynder at aflufte ved 170-230°C, men det er ikke en ønskværdig røg til madlavning, da sod jo kan indeholde kræftfremkaldende PAH'er. Lignin pyrolyserer for alvor ved 300°C, men 400°C anses for den optimale glødetemperatur mht. afgivelse af aromatiske phenolforbindelser uden tjære og for mange sure forbindelser. Træet selv antændes ved ca. 500°C.

Ved røgning i konkurrencer ser dommerne nogle gange på dannelsen af en røgning omkring kødet, altså en rødlig indfarvning af kødet [1]. I røgeprocessen skyldes dette dannelsen af nitrøse gasser fra træets indhold af kvælstofforbindelser, altså indvirkning af nitrit-forbindelser (se DK 2015(4)). Det er således grænsen for, hvor langt ind røggasserne er kommet i kødet. Men det kan selvfølgelig eftergøres ved lagesaltning i nitratsalt og efterfølgende udvanding før røgningen, og det var jo ikke meningen!

Ved røgeprocessen fremkommer altså tre hovedtyper af stof; sod-partikler (som skal minimeres), vanddampdråber af opløste pyrolysestoffer (som heller ikke skal overdrives) og usynlige dampe af organiske forbindelser. Det er dannelsen af disse sidste, de organiske dampe, som er målet for røgeprocessen, idet de kan adsorberes på overfladen af fødeemnet, f.eks. fisk eller kød, og derfra trænge ind i produktet. Koldrøgning er den mest effektive proces i så henseende, da den strækker sig over mange timer eller

dage (se DK 2014(10)). Smuldet er her typisk tørt bøgesmuld, evt. med en smagsgiver fra ene, æble eller lignende. Men det er vigtigt, at temperaturen i gløden er på de ca. 400°C, med en sund, ikke sodende røgfane - hvordan man så ellers vil måle det.

Ved koldrøgning er emnet forbehandlet med lage- eller tørsaltning og bliver efterladt med en svagt fugtig overflade, der kan tage imod røgen. Jeg bruger et spiralnet til koldrøgning og det fungerer.

Ved varmrøgning omkring 70-90°C er det vigtigt at kontrollere fugtigheden i røgeovnen for, at det hele ikke bliver for tørt. I Webers smokeere gøres dette med et vandfad mellem ilden og røgemnet, hvilket også forhindrer fedt i at dryppe ned og sode i kullene. Røgemnet bliver også penslet hyppigt gennem processen for, at det ikke danner en impermeabel skorpe og tørrer ud. American Barbecue er et stort emne for grillentusiaster. Der findes utrolig mange tilgange, udstyr og teknikker. Til varmrøgning bruger jeg selv enten en Helia Smoker, som jeg har fået fra Tyskland eller en Primo Kamado lervovnsgrill. Nogle gange forbehandler jeg fødeemnerne i min Sous Vide, f.eks. barbeque ribs (se DK 2014(5)).

Man kan bruge meget forskelligt til at lave røg med. Enten kan man købe (i mine øjne dyre) pakker med træ-chips i Weberafdelingen, eller også kan man sanke grene fra tjørn, ene, fuglekirsebær, vild æble osv. Skal grillbøffen have lidt hurtig røgsmag, så tag et bundt brændenælder eller hækkeklip fra tjørnehækken og put ovenpå kullene.

En af mine favoritter er Pulled Pork, som skal laves af nakkesteg/nakkekam og tilberedes over lang tid, se billeder af det færdige resultat.

Første dag

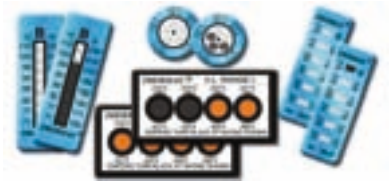
1. Afpuds svinekødet (2-3 kg), så det er fri for svær og ikke med for meget fedt på overfladen.
2. Lav en saltlage af 2 liter vand, 110 gram (nitrit) salt, 60 gram sukker med timian, laurbærblad, enebær og peberkorn.
3. Læg nakkestykket i saltlagen i 12 timer.

Anden dag

1. Tag den op og gnid den med en Basic Rub + 2 spsk. brun farin.
2. Sæt det i køleskab i mindst 12 timer.

Tredje dag

1. Lav en moppesauce om morgenen.
2. Grill med røg og indirekte varme ved ca. 80-90°C i 8-10 timer til det kan trækkes fra hinanden.
3. Sjask lidt moppesovs på en gang i timen.
4. Læg det trukne kød i en foliebakke og hæld 2-3 dl moppesauce over.
5. Hold det lunt til det skal serveres i en bolle med coleslaw og moppesauce.



Termometer-strips

Buhl & Bønsøe præsenterer en række produkter fra TMCHallcrest. Serien indeholder et bredt udvalg af temperaturindikatorer eller temperaturstrips til reversible temperaturfølsomme materialer (flydende krystaller), der lyser op, når den specifikke temperatur opnås. Stripsene er ikke-toksiske, præcise, selvklebende og lette at aflæse.

I modsætning til virksomhedens irreversible temperaturstrips fra Thermax, der viser maks.-værdien, kan man med den nye serie konstant se den aktuelle temperatur på den påklistede termometerstrip. Temperaturafvigelsen er maksimalt en grad celsius.

Serien fås som enkeltpunktsvisning og med flere temperaturpunkter i området fra -30 til 100°C.

Det er muligt at få designet specielle strips med logo ved større mængder, til f.eks. energisparekampagner m.m.

Den nye serie af temperaturindikatorer indeholder bl.a. trafik-lysindikatorer, som med et grønt lys viser dig, om en overflade er 50-70°C. Ved højere temperaturer lyser den rødt, ved lavere gult. Og "hand hot" indikatorer, som lyser op, når temperaturen på den overflade, som den sidder på, overstiger 55°C. Det er en særdeles praktisk måde at vise, om en overflade er for varm til at røre ved i længere tid.

Eller se om kølekæden er blevet brudt med den praktiske kølekæde termometerstrip. Man klister temperaturstrippen på den vare, man ønsker at følge. Den aktuelle temperatur imellem 2-8°C lyser op på termometerstrippen.

Yderligere information:

Buhl & Bønsøe A/S
Heidi Terndrup
Tlf. 45 95 04 17
hte@buhl-bonsoe.dk



Basic Rub:

5 spsk. sød paprika
3 spsk. sort peber
2-3 spsk. salt, evt. røget
2 spsk. hvidlødspulver
2 spsk. løgpulver
2 spsk. rosmarin
1-2 spsk. cayennepeber

1 tsk. chiliflager
1 lille hakket løg i tynde skiver
1 jalapenochili i tynde skiver

Blandes sammen samme morgen og kan ikke gemmes. Kan også tilsættes øl, vin krydderurter, hvidløg, citronsaft m.m.

E-mail: jens.folke@lean6sigma.eu

Moppesauce:

5 dl æbleeddike
1 spsk. salt
1-2 tsk. sort peber

Kilde
<http://www.grillkokkerier.dk/2014/01/29/den-flotte-roeg-ring-hvad-og-hvordan/>.



Leverandørregister

Analyse

A

Automatisk steril prøveudtagning



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Automatisk steril udtag og håndtering af prøver fra Upstream og Downstream

E

Elektrospinning og elektrospinning



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Coating af partikler/dråber som fibre og Nano/mikro-partikler. Fra Lab til GMP

F

Fermentering og cellekultur-udstyr



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Nordens største sensor og analyzer udvalg til lab, pilot og proces

FTIR-udstyr



Bruker Optics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 10 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com

L

Laboratoriearmaturer

Broen LAB A/S
Drejervænget 2
5610 Assens
Tlf. 63 76 63 76
lab@broen-lab.com
www.broen-lab.com

M

Massespektrometre, proces



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Svanholm.com er distributør af Thermo Scientific proces MS

Massespektrometre



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
MS til fermenterings-offgas samt styring af farmaceutisk vakuumsugning

N

NIR-analyse/-udstyr



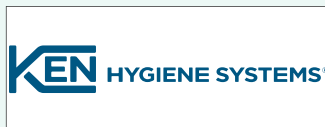
Bruker Optics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 10 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Online proces NIR til R&D og GMP i pulvertørring og pulver-opblanding

O

Opvaskemaskiner



KEN HYGIENE SYSTEMS A/S
Bøgebjergvej 60, Brobyværk
5672 Broby
Tlf. 62 63 10 91
www.ken.dk

R

RAMAN-udstyr



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Håndholdte (ID) + transportable Raman spektrometre med høj nøjagtighed

Sterile CO₂-inkubator arbejdsbænke



Svanholm.com
Nordisk Pharma og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Baker Ruskinn hypoxia Workbench kombinerer LAF og CO₂-inkubator

Produktion

E

Etikettering

LSS Etikettering A/S
Normansvej 8
8920 Randers NV
Tlf. 70 20 25 00 - Fax 70 20 10 44
info@lss-dk.com
www.lss-dk.com

Ø

Øjenskyl



Help Care Company ApS
Industrivej 19
8881 Thorsø
Tlf. 22 20 30 64
info@helpcarecompany.dk
www.helpcarecompany.com

Service & miljø

P

Patenter



Chas. Hude A/S
H.C. Andersens Boulevard 33
1780 København V
Tlf. 33 19 34 00 - Fax 33 19 35 00
chashude@chashude.com
www.chashude.dk

Software

A

Arbejdspladsbrugs- anvisninger og etiketter



CHYMEIA ApS

Universitetsparken 2
4000 Roskilde
Tlf. 72 40 16 22
info@chymeia.dk
www.chymeia.dk
APB/SDS software med beregning af
CLP klassificeringer

**Har du spørgsmål ang.
leverandørregistret,
så kontakt venligst
Heidi Thode på enten
tlf. 43 24 26 62 eller på
ht@techmedia.dk**

**Du kan også finde mere
information på vores
hjemmeside:
www.techmedia.dk**

**Du kan også finde
dansk kemi her:**

www.kemifokus.dk

**www.facebook.com/
UNG.KEMI**



Dansk Selskab for Historisk Kemi

indkalder til generalforsamling
torsdag den 2. november 2017 kl. 18

Sted: Konservatorskolen, Esplanaden 34, 1263 København K

Forinden vil institutleder Mikkel Scharff give en introduktion til Konservatorskolens arbejde fra kl. 16:30 til ca. 17 efterfulgt af en rundvisning i laboratorierne.

For at komme til Konservatorskolen skal man ind gennem porten på adressen Esplanaden 34 og finde opgang 34C. Som tidligere kan medlemmer, der først kommer til generalforsamlingen, ringe til formanden på mobil 30 29 18 29.

Efter generalforsamlingen vil den nyvalgte bestyrelse formentlig holde et kort konstituerende møde. Det er derefter tanken, at de DSHK-medlemmer, der måtte ønske det, slutter programmet af med spising på den nærliggende Cafe Petersborg.

Dagsorden for generalforsamlingen i henhold til gældende vedtægter:

1. Valg af dirigent og referent
2. Formandens beretning samt en orientering om ideer og planer for det kommende år
3. Kassererens forelæggelse af det reviderede regnskab til godkendelse samt en orientering vedrørende de økonomiske udsigter for det kommende år
4. Beretning fra selskabets repræsentant i Kemisk Forenings repræsentantskab
5. Beretning fra udvalg nedsat af bestyrelsen
6. Behandling af forslag fra bestyrelsen
7. Behandling af eventuelle forslag fra selskabets medlemmer
8. Fastsættelse af medlemskontingent
9. Valg af bestyrelsesmedlemmer
10. Valg af revisor og revisorsuppleant
11. Eventuelt

Forslag, som ønskes behandlet på generalforsamlingen, skal være indsendt til formanden, Asbjørn Petersen (ap@esteban.dk), senest 10 dage før generalforsamlingens afholdelse, dvs. senest 23. oktober.

Bestyrelsen

Mødekalender (8) 2017

02.11. 2017 Kemisk Forening, Dansk Selskab for Historisk Kemi, *Introduktion til Konservatorskolen*, kl. 16.30-17, *Generalforsamling* kl. 18, Konservatorskolen, Esplanaden 34, 1263 København K. Se dk.2017 (9).

03.11. 2017 Kemisk Forening, Teoretisk Sektion, *Efterårsmøde med Generalforsamling*, kl. 12-20, H.C. Ørsted Institut, Københavns Universitet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø.

Intelligent Chemistry

Biolab A/S Automation Specialist

Andrew™

Hands Free Pipetting with the Innovative Pipetting Robot using Original Gilson Pipetman

PipetMax™

The latest Multichannel Automation Robot from Gilson

Hudson Robotics Inc.

Advanced Automation solutions.



Andrew Alliance
Artel
Biokar Diagnostics
Camag
DataApex
EuroProxima B.V.
Genevac
Gilson Inc.
Gilson SAS
Hudson Robotics Inc.
Jasco

Picodrop
PSS - Particle Sizing Systems
Recipe
Reichert
Rheodyne
RheoSense
Scinco
SP Scientific
Torrey Pines Scientific
TRANSIA GmbH - Industriediagnostika
Upchurch
Virtis



The only limitation is your imagination

Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov
Telefon 8621 2866
Telefax 8621 2301

E-mail: sales@biolab.dk