

Dansk Kemi

Nummer 4 - August 2026 / 107. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Bestemmelse
af Gibbs' frie
blandingsenergi

Udnyttelse
af biernes
bakterier

LabDays 2026

LabDays 2026

- trade fair for laboratory technology



COPENHAGEN, KB HALLEN

9 - 10 SEPTEMBER

Kompakt Biocontroller med power

CultiXcell har reduceret størrelsen på CultiController til **1/3-del!**

Fuldt digital biocontroller til glas, stål og single-use med alle finesser og nye funktioner til batch, fed-batch og perfusion i 1-kanals til 6-kanals tower.

Oplev de nye muligheder, få fleksibilitet og forbedringer med CultiController!

Optimering af bioprocesser med avancerede og brugervenlige løsninger.



Thermo
SCIENTIFIC

MS for fermenter offgas måling

Måler O₂ + CO₂ og alle metabolitter online med flow fra 2 ml/min og op. Tilsut 32 mikro-fermentere, rystekolber og op til m³-skala til den samme MS.

ABER
TRUSTED TECHNOLOGY

Viable Cell Density og OD

Online celledensitetsmåling af alle typer celler i alle slags fermenteringer og cellekultiveringer.

4Bio  **Cell**

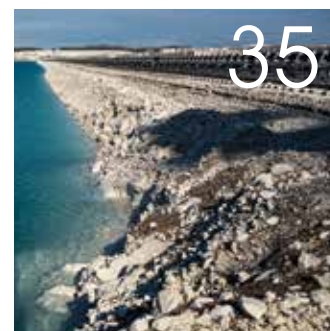
Mest avancerede celletæller

Indbygget fortynding giver den bedst mulige præcision. Klar til Trypanblå-fri måling.

Aftal en test af CellCount Pro!

 **CultiXcell**
BIOTECH EXCELLENCE

CultiXcell A/S Web: www.cultixcell.com Mail: mail@cultixcell.com Telefon: 7174 5811



1 Forside
Udnyttelse af honningbiernes mælkesyre bakterier.
Læs mere i artiklen side 6. Foto: Magnific.com.

18 Kort nyt
Nye funktioner i Kemidata gør det lettere at
finde lokale målinger.

6 Udnyttelse af biernes bakterier til udvikling af innovative plantebaserede fødevarer
Tusindvis af bakteriestammer kan hurtigt screenes for deres evne til at producere værdifulde vitaminer.

19 LabDays 2026
Læs om hvad du kan opleve på LabDays 2026
Copenhagen, der løber af stablen den
9.-10. september i K.B. Hallen i København.

11 Læserne har ordet
Ole John Nielsen (professor, Kemisk Institut på KU)
spørger: Hvor er kemien?

31 Kontrolleret osmose
Beskrivelse af en metode til måling af Gibbs' frie
blandingsenergi i ikke-ideale opløsninger.

12 Der er forskel på thiol og thiol
Seneste nyt om kemisk nomenklatur.

35 Hvad bruger vi kalken til?
Fra Aalborg Portlands hvide kridtgrave til de
malede hvælve i Aarhus Domkirke: kalk er ikke kun
geologi, men et materiale, der har båret dansk
byggeri, industri, landbrug og kunsthistorie.

**14 Spiseolier
- de onde, de gode og den virkelig gode**
Der er sket en ubemærket ændring i vores indtag
af umættede planteolier.

39 Kort nyt
Professor Birte Svensson
runder 80 år og er i fuld gang

TechMedia

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

Ledelse:
David Wall

Redaktion:
Katja Salomon Johansen
(ansvarshavende)
katja@techmedia.dk
Professor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbb@novonosis.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk

Redaktionskomité:
Professor, dr. scient. Mikael Bols (formand)
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingeniørgruppen)
Lektor, civilingeniør, ph.d.
Merete Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foersom
(tidl. næstformand i Kemilærerforeningen)
Lektor ved Nærum Gymnasium
Chefkonsulent Helle Westphal
Senior Environmental Specialist,
FMC Site Rønland
Inge Margrethe Jensen
Fagkonsulent Mette Malmqvist

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

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

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

Annonceproduktion:
Maria Frausing
Tlf. 26 77 90 54, maria@techmedia.dk

Layout: Trine Plass
Tryk: PE Offset A/S

Antal abonnenter: 3.600

Abonnement:
Bestilling og ændring/opsigelse
sendes til abonnement@techmedia.dk

Trykt på
miljøvenligt papir
med vegetabiliske
miljøfarver.



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

Læs bladet online:
www.dansk kemi.dk

Se også: www.kemifokus.dk

**Eller find
Dansk Kemi på:**



Scan og hent Dansk Kemi
medieinformation 2026 her!
Scan med kameraet
på din smartphone.



Grøn og bæredygtig kemi – det vigtigste område inden for kemien?

Jeg spurgte for nylig Googles AI-bot Gemini, hvilke forskningsområder der er de varmeste. Op kom straks fem områder i denne rækkefølge: 1) AI, 2) genombaseret medicin, 3) kvantecomputing, 4) grøn kemi og vedvarende energi, og 5) rum og astrofysik. Skønt kemi sådan set kan indgå i alle fem områder, er det klart mest tydelige kemiområde nummer 4. Gemini specificerer forskning i grøn kemi og vedvarende energi som baseret på et stærkt globalt skub mod bæredygtighed, som fører til forskning i nye batterier, solenergi og nuklear fusion som særlig vigtigt.

Nu er en chatbot jo ikke en autoritet, hvis mening vi behøver tillægge stor vægt, men resultatet er jo nok stadig et udtryk for, hvad der rør sig for tiden. Og resultatet er heller ikke overraskende for en kemiker – åbner man en af de førende kemijournaler, handler halvdelen af artiklerne om emner inden for grøn og bæredygtig kemi.

Åbner man en af de førende kemijournaler, handler halvdelen af artiklerne om emner inden for grøn og bæredygtig kemi

Nu er begrebet ”grøn” kemi på ingen måde nyt – det blev defineret tilbage i 1990’erne af Paul Anastas og John Warner som et område af kemien, som beskæftiger sig med 12 emner: Forhindring af affald, atom-økonomi, mindre fare i kemi, mindre brug af toksiske, brandfarlige eller eksplosive kemikalier, sikre solventer, energieffektivitet,

genanvendelige råmaterialer, mindre derivatisering, katalyse, bionedbrydelighed samt forureningsanalyse. Men det er klart, at med den klimaudfordring verden står over for, pumpes der masser af forskningsmidler i området. At den nuværende amerikanske præsident er imod grøn omstilling, betyder mindre og kun, at indsatsen i USA formindskes, mens resten af verden og særligt Kina kører videre for fuldt drøn.

Et positivt element ved grøn og bæredygtig kemi er, at den er løsningsorienteret og praktisk anvendelig. Til gengæld kan man indvende, at mange af de grønne og bæredygtige løsninger, som kræves for at løse bæredygtighedsproblemerne, ikke er nye, men har været kendt tidligere. Eksempelvis har metoderne til CO₂-fangst været kendt i næsten 100 år. Derfor har forskningen på området undertiden en vis karakter af forbedring eller udvikling mere end reelt nybrud. Der er dog ingen tvivl om, at skal der findes bæredygtige grøn kemi-løsninger, der kan konkurrere på lige vilkår med den petrokemiske industri, kræver det banebrydende opdagelser, og det er det, politikere og forskere håber på.

Nobelkomiteen er meget opmærksom på vigtigheden af området og begrundede sin uddeling af Nobelprisen i 2025 til metalorganiske netværk blandt andet med, at de kan bruges til at lagre drivhusgasser som blandt andet CO₂. Men selvom opdagelsen af de metalorganiske netværk var så epokegørende, at det førte til en Nobelpris, er den ikke, indtil videre, banebrydende nok til at den anvendes til CO₂-fangst.

Mikael Bols



Automatisering i laboratoriet

Fra prøveforberedelse til færdigt workflow

Automatisering spiller en stadig større rolle i moderne laboratorier, hvor kravene til kapacitet, dokumentation og reproducerbarhed konstant stiger. På LabDays 2026 sætter vi fokus på, hvordan automatisering kan implementeres i forskellige dele af laboratoriets workflow – fra prøveforberedelse til pipettering og håndtering af tubes.

ePrep® ONE automatiserer prøveforberedelsen og reducerer manuelle trin i chromatografiske workflows, så du opnår ensartede og pålidelige resultater.

Opentrons Flex™ giver fleksibel pipetteringsautomatisering, hvor både simple og komplekse protokoller kan udføres med høj præcision og minimal håndtering.

X-TubeProcessor®_Sign fra HTI automatiserer labeling af prøverør og sikrer en effektiv, sporbar og ensartet proces.

Se løsningerne live på stand nr. 20 til LabDays 2026

MIKROLAB
FRISENETTE

www.mikrolab.dk



Udnyttelse af biernes bakterier til udvikling af innovative plantebaserede fødevarer

Forskere undersøger, hvordan mælkesyrebakterier fra honningbier kan bruges til at udvikle næste generation af plantebaserede fødevarer. Ved hjælp af avanceret droplet microfluidics kan tusindvis af bakteriestammer hurtigt screenes for deres evne til at fermentere plantebaserede råvarer og producere værdifulde vitaminer og bioaktive forbindelser. Målet er at forbedre smag, tekstur og ernæringsværdi i plantebaserede produkter og samtidig skabe mere bæredygtige fødevarer. Biernes unikke mikrobiom kan dermed åbne døren til innovative fødevarer med naturligt forhøjet vitaminindhold.

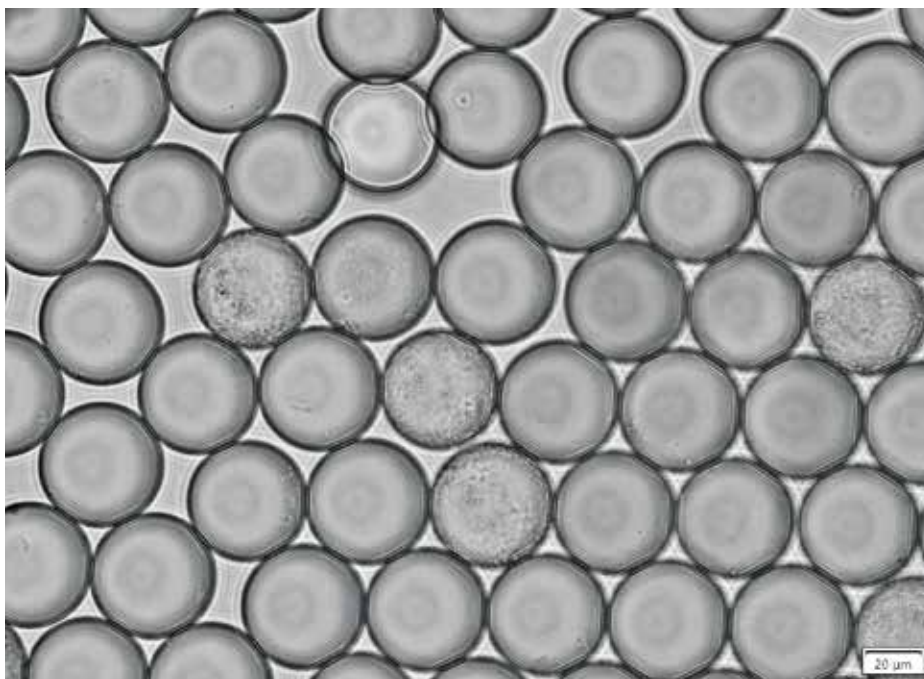
Af Claus Heiner Bang-Berthelsen og Hang Xiao, Fødevarerinstitutionen, Danmarks Tekniske Universitet

Bier huser i naturen et overraskende rigt mikrobielt samfund, herunder mange unikke mælkesyrebakterier (LAB) i deres tarmsystem, som naturligt er tilpas-

set plantebaserede miljøer. I dette studie undersøgte vi potentialet for at anvende bi-relaterede bakterier til udvikling af nye plantebaserede fødevarer, der kunne understøtte den grønne omstilling af vores fødevarer. Ved hjælp af avanceret droplet microfluidics teknologi identificerede vi mælkesyrebakterier fra bier, som er i stand til naturligt at producere vitamin B2 (riboflavin) under fermentering af soja og andre bælgrugter.

Dette gør det muligt at fremstille fermenterede drikke beriget med vitamin B2 uden behov for tilsætning af vitaminer. Genomanalyser afslørede desuden mutationer, der er forbundet med reguleringen af vitaminbiosyntesen. Arbejdet demonstrerer en high throughput-metode til identifikation af mælkesyrebakterier fra bier og andre naturlige kilder, og understreger deres potentiale til at bidrage til udviklingen af mere næringsrige og bæredygtige plantebaserede fødevarer.

Fermentering som redskab til bedre plantebaserede fødevarer
Markedet for plantebaserede alternativer til mejeriprodukter vokser stadigt, men ikke så hurtigt som ønsket. Dette kan skyldes flere ting, såsom smag,



Figur 1. Bakterieceller dyrket i dråber. Hver lille dråbe indeholder en enkelt bakteriecelle, som vokser og udvikler sit eget karakteristiske udseende over tid. Ved at skabe tusindvis af disse miniatremiljøer kan forskere dyrke og studere mange mikroorganismer parallelt, hvilket afslører skjult mikrobiel diversitet og hjælper med at opdage sjældne bakteriestammer.

Foto: Unsplash.



folks vaner samt den ernæringsmæssige profil, som traditionelle mejeriprodukter tilbyder, herunder essentielle vitaminer og aminosyrer. B2-vitamin er et eksempel herpå. Da mennesker ikke selv kan syntetisere B2-vitamin, skal vitaminet tilføres gennem kosten, hvor kød- og mejeriprodukter traditionelt er vigtige kilder. Mangel på B2-vitamin kan føre til træthed, inflammation, blodmangel og neurologiske symptomer.

I dag tilsættes vitaminer ofte til plantebaserede drikke under produktionen. Samtidig efterspørger forbrugerne i stigende grad produkter med en såkaldt "clean label", dvs. færre tilsætningsstoffer og mere naturlige ingredienser. Her tilbyder fermentering et lovende alternativ, hvor mikroorganismer anvendes til naturligt at forbedre fødevarers ernæringsmæssige kvalitet uden behov for manuel vitaminberigelse.

Naturen som ressource - humlebier

På DTU Fødevareinstituttet undersøgte vi vilde bier som en naturlig kilde til gavnlige mikroorganismer til fermentering af plantebaserede fødevarer. Biernes mikrobiom er overraskende rigt på planteassocierede bakterier. Fordi bier konstant er i kontakt med blomster og pollen, indeholder deres tarmmikrobiota mikroorganismer, der allerede er tilpasset plantebaserede miljøer, og kan derfor besidde interessante egenskaber, der potentielt kan forbedre plantebaserede fødevarer.

Dråbebaseret dyrkning af mikroorganismer

For at få adgang til hele diversiteten i biernes mikrobiom anvendte vi droplet microfluidics; en teknologi hvor individuelle bakterieceller indkapsles i mikroskopiske dråber, så hver celle kan vokse uafhængigt af de øvrige. Traditionel screening af mikroorganismer bygger på dyrkning på agarplader og manuel udvælgelse af kolonier. Denne metode er arbejdskrævende og favoriserer ofte hurtigt voksende mikroorganismer.

Droplet microfluidics gør det derimod muligt at dyrke enkeltceller i separate mikromiljøer. Herved minimeres konkurrencen mellem forskellige bakterier, samtidig med at tusindvis af mikroorganismer kan dyrkes og screenes parallelt. I dette studie blev der desuden udviklet et gennemsigtet sojabaseret vækstmedium, som understøttede bakterievækst og samtidig var kompatibelt med det fluorescensbaserede detektionssystem.



Jagt på nye bakterier. Billede af bi fra Unsplash, øverst. Nederst, billede af Hang Xiao, der indsamler insekter fra naturen.



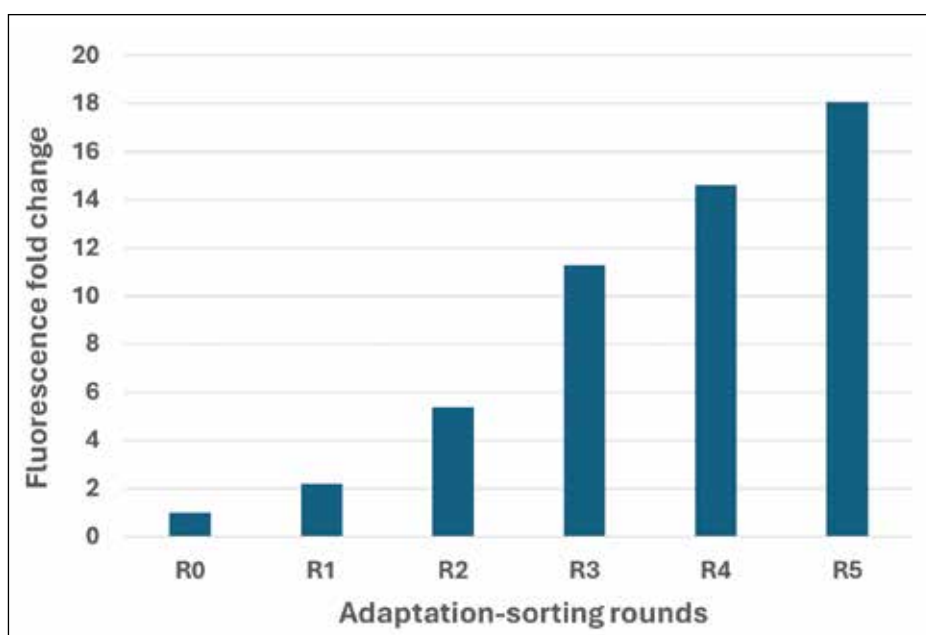
Foto: Magnific.com.

Iterativ dråbebaseret mikrobiel adaptationspipeline

For at identificere bakterier med forhøjet B2-produktion blev roseoflavin, som er en strukturel analog til B2-vitamin anvendt som selektionsmiddel. Resistens over for roseoflavin er en veletableret strategi til at opnå fødevaregodkendte mikroorganismer med forbedret produktion af vitamin B2.

Ved hjælp af denne strategi blev bakteriepopulationer udsat for fem successive runder af adaptation og selektion kombineret med dråbebaseret microfluidics dyrkning. Fluorescens blev anvendt som indikator for B2-vitaminproduktion, hvilket gjorde det muligt automatisk at identificere og sortere de mest produktive bakterier. Dette blev opnået ved, at dråberne passerende forbi en laser, der gjorde dråber med højt B2-vitamin-niveau fluorescerende og dette foregik med så høj hastighed, at vi kunne sortere 100 dråber per sekund.

Efter fem runder var fluorescenssignalet steget 18 gange sammenlignet med den oprindelige bakteriepopulation, ►



Figur 2. Fluorescensmåling af riboflavinproduktion gennem forskellige adaptations- og sorteringsrunder. R0 repræsenterer fluorescensen fra den oprindelige bakteriepopulation uden adaptation, mens R1-R5 angiver de fem successive adaptations- og sorteringsrunder. Foldændringer blev beregnet ved at sammenligne fluorescensværdierne fra R0 med værdierne fra henholdsvis R1-R5. Værdierne er gennemsnit af dubletmålinger, og statistisk signifikante stigninger ($P < 0,05$) er markeret *.

Mød Metrohm på LabDays 2026

Vi er eksperter i kemisk analyse

Metrohm
stand nr. 17



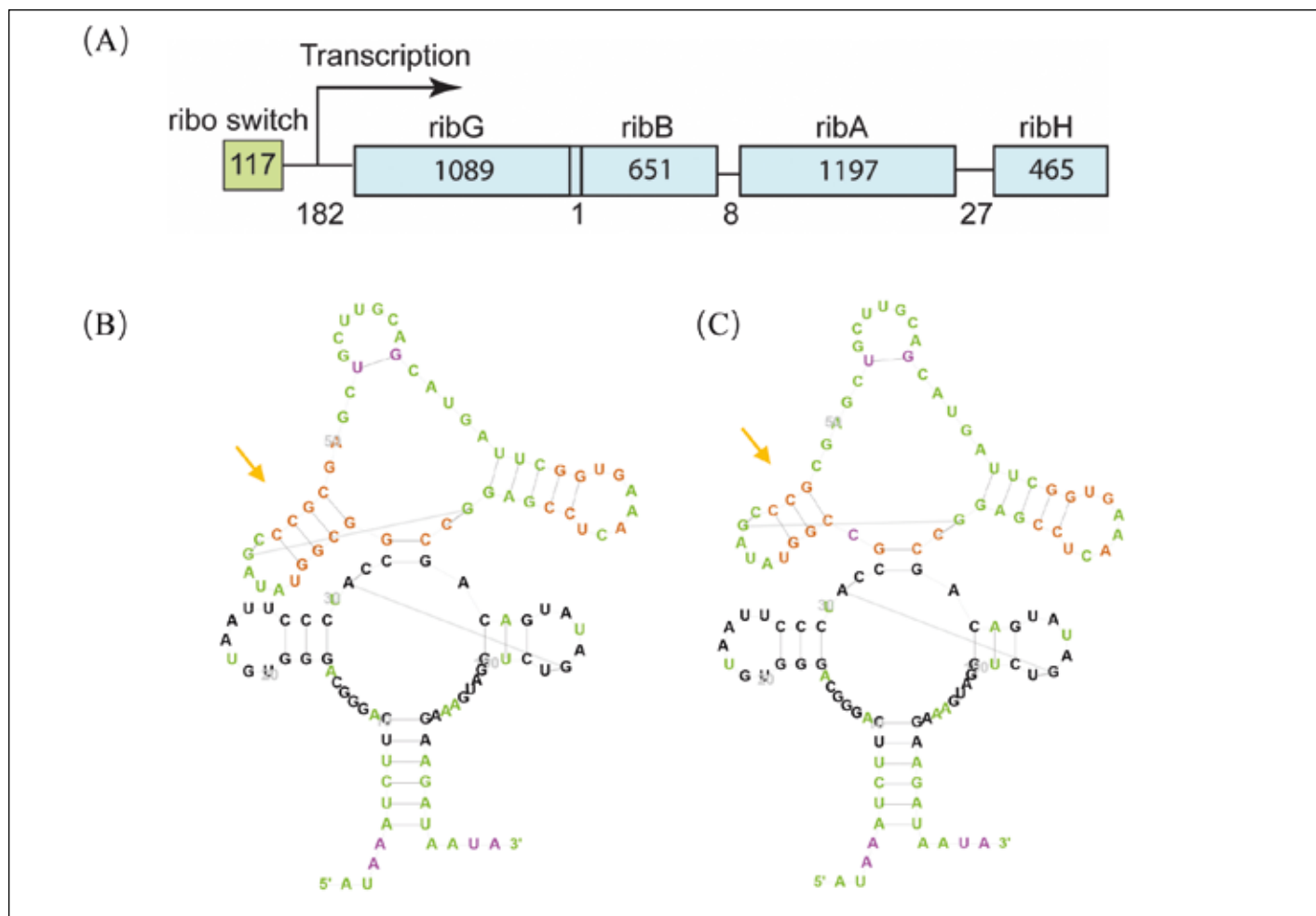
Vi ses i KB Hallen den 9. - 10. september!

Du finder vores eksperter på stand nr. 17.

Metrohm er specialister i titrering, ionkromatografi, spektroskopi, elektrokemi, pH og meget mere. Kom og få råd og vejledning og deltag i sjove konkurrencer om spændende præmier.

Se hele vores produktudvalg på metrohm.com





Figur 3. Bioinformatisk analyse af SNV'er identificeret i rib-operonet. (A) Viser genorganisationen i rib-operonet. Tallene under gene angiver enten genlængder eller længden af mellemsekvenserne mellem gene. De sekundære RNA-strukturer af riboswitch-elementet i (B) referencegenomet og (C) de riboflavinoverproducerende mutanter er vist. Positionen, som er ansvarlig for den ændrede struktur, er markeret med gule pile.

hvilket demonstrerede en betydelig berigelse af B2-vitamin-producerende bakterier med stort potentiale til sojaba-seret fermentering.

Isolering af B2-vitamin overproducerende mutanter og identifikation af nøglemutationer

Blandt de isolerede kandidater udviste stammen *Lactococcus lactis* NFICC2835 særligt lovende egenskaber og som nu er blevet inkluderet i vores stammesamling NFICC. Ved fermentering af kommercielle sojadrikke producerede stammen konsekvent op til 1,23 mg/L B2-vitamin uden yderligere vitamintilsætning. Bemærkelsesværdigt var det, at stammen fortsatte med at producere B2-vitamin, selv i produkter der allerede var tilsat vitamin B2, hvilket vidner om en stabil og robust produktionskapacitet.

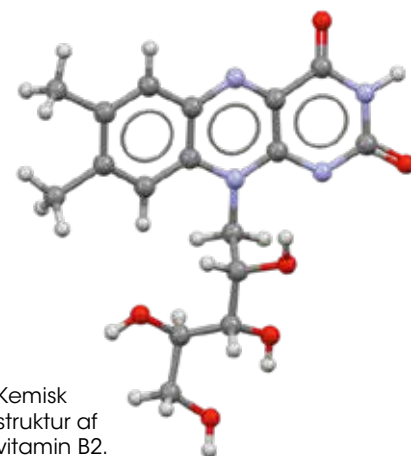
Genomsekventering afslørede flere mutationer relateret til riboflavin biosyntesen. Særligt interessant var en mutation i den såkaldte FMN-riboswitch – en

regulatorisk RNA-struktur, som normalt nedregulerer B2-vitamin-produktionen, når der er tilstrækkeligt vitamin til stede. Den identificerede mutation ser ud til at svække denne regulering, hvilket gør det muligt for bakterien at fortsætte produktionen af B2-vitamin, selv under vitaminrige forhold.

Perspektiver for fødevarerindustrien

Studiet demonstrerer, hvordan droplet microfluidics-teknologier kan accelerere opdagelsen af funktionelle startkulturer fra naturlige ressourcer til plantebaserede fødevarer, og dette er bare et lille hjørne af de muligheder, der er med denne teknologi. I stedet for at screene tusindvis af bakterier enkeltvist kan forskere nu analysere hele mikrobielle samfund direkte under specifikke betingelser.

Ud over riboflavin (B2) vitamin produktion kan den samme arbejdsgang tilpasses til at identificere bakterier, som producerer andre ønskværdige forbindelser eller enzymer. Efterhånden som



Kemisk struktur af vitamin B2.

markedet for plantebaserede fødevarer fortsætter med at vokse globalt, kan sådanne teknologier bidrage til at mindske den ernæringsmæssige forskel mellem mejeriprodukter og plantebaserede alternativer ved hjælp af fermentering frem for berigelse.

E-mail:
Claus Heiner Bang-Berthelsen:
claban@food.dtu.dk

Hvor er kemien?

Det kan næppe komme som nogen overraskelse, at dette indlæg i Dansk Kemi postulerer, at kemi er fundamentet for en lang række af de aktivitetsområder, som i dag trækker overskrifterne. Det gælder miljø-, energi-, fødevarer-, pharma-, byggemateriale-, transport-, forsvars- og medico-områderne. I alle disse brancher er der stor enighed om, at man bygger på kemisk grundviden og udvikler disse aktivitetsområder baseret på landvindinger i kemien. Kemi er uundværligt inden for store dele af forskningen i fysik, astronomi, biologi, geovidenskab, medicin og sandsynligvis i flere områder. Men kemien er blevet en slags usynlig infrastruktur under de aktiviteter, der får mediernes bevågenhed. Det er der intet galt i, og man har i mange år i vores virke advokeret for, at kemikere

sagtens kan indgå som underleverandører i større projekter med direkte samfundsrelevans.

Problemet opstår, når politikere og administratorer træffer valg af aktiviteter, der skal nyde fremme. Her er det sjældent egentlige kemiske projekter, der høster præmierne. Det fører let til konklusionen om, at kemien ikke længere er essentiel, og at den nødvendige kemiske viden allerede er tilvejebragt. Man kunne sige, at kemien har sejret sig selv ihjel!

I undervisningen på universiteterne fører denne overbevisning til, at man centralt anbefaler, at kemi ofte indgår i interdisciplinære uddannelsesmoduler og projekter, hvor den rene kemi spiller en mindre rolle. Det er en fejlagtig

strategi, som vil være farlig for samfundsudviklingen fremover, hvis den ikke ændres.

På universiteterne skal man fastholde, at der uddannes kemikere på internationalt niveau, og at kemien videreudvikles med grundforskning inden for kemi. Kun når man lader de studerende bruge fem år på at koncentrere sig om at blive bredt funderede kemikere, kan disse bagefter gå ud og fylde de placeringer, som samfundets aktiviteter skaber. Det betyder, at man skal blive ved med at finansiere forskning og videreuddannelse i kemi på trods af, at det ikke er kemien, der som fag viser de gennembrud, der får den store mediebevågenhed.

*Ole John Nielsen (professor,
Kemisk Institut på KU)*

AUTOMATION THAT RUNS YOUR LAB.

Powered by Tecan.

DISCOVER HOW
TECAN CAN
TRANSFORM
YOUR LAB.

Learn more:



More samples. Fewer errors. Less time managing instruments.

Tecan connects every step of your workflow - so you can focus on science, not troubleshooting.



Labwerx™

Extraordinary science shouldn't be limited by rigid systems. That's why Labwerx delivers fully customized, fully integrated lab automation systems, tailored to your process, your space and your science.



Fluent®

Tecan has reshaped liquid handling and lab automation with Fluent, a powerful instrumentation concept offering flexible workstation capacities, robotics and application options to meet your lab's specific needs.

One trusted partner. Fully integrated solutions. Local expert support: +46 8 7503940 · info-dk@tecan.com

© 2026 Tecan Trading AG, Switzerland, all rights reserved. For disclaimer and trademarks please visit www.tecan.com

TECAN.

Der er forskel på thioler og thioler

I den interessante artikel om polycykliske carbon-hydrider i aprilnummeret af dette blad [1] omtaltes en femleddet ring med to svovlatomer under navnet 1,3-dithiol. Studsede nogen læsere over det?

Ofte ser man systematiske navne indeholdende suffikset 'thiol', der jo betegner substituenten –SH, svarende til 'ol' for en hydroxygruppe, –OH. Det skal vel at mærke være en forbindelse, hvori gruppen –SH er den højest rangerende karakteristiske gruppe (funktionelle gruppe); rangerer en anden gruppe højere, må –SH finde sig i at blive specificeret med præfikset 'sulfanyl' (*ikke mercapto!*).

Hantzsch-Widman-nomenklatur

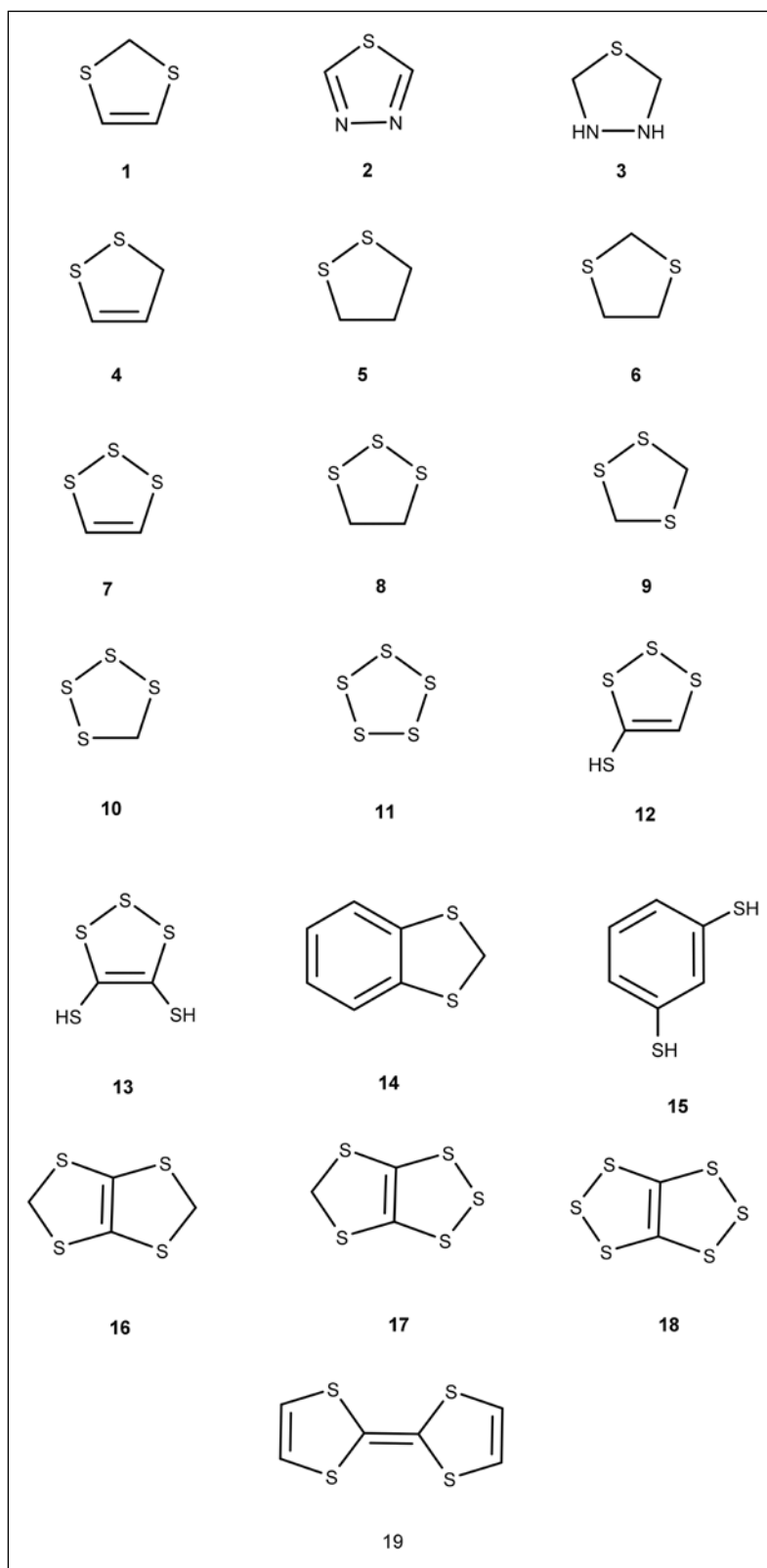
Men altså: 1,3-dithiol? Det er et fuldstændig korrekt navn for forbindelsen vist som nr. 1 i figur 1, dannet ud fra reglerne i *Hantzsch-Widman-nomenklatur*. Og hvad er så *det*? En kort introduktion kan læses i den danske oversættelse af IUPACs *Brief Guide* om organisk-kemisk nomenklatur, som ligger på Nomenklaturudvalgets hjemmeside [2]. Den lange historie kan læses i den seneste IUPAC-vejledning [3], som igen bygger på [4]. Kemikerne Hantzsch og Widman fortjener vist nok omtale af andre grunde end deres forslag til navngivning af heteromonocykler (ja, sådan må disse strukturer hedde), men historien siden deres artikler i 1887 og 1888 er lang og knudret, og læseren kan fornøje sig med at læse i [4] eller [5].

H-W-systemet består i dag kort fortalt i, at man til navngivning af et ringsystem med heteroatomer anvender

- *præfiks(er)*, der tilkendegiver, hvilke heteroatomer der er til stede i ringen, om fornødent forsynet med multiplikatorer (di, tri osv.) og tallokanter;
- en *stamme*, der specificerer, hvilken ringstørrelse der er tale om, og graden af umættethed.

Systemet anvendes for 3- til 10-leddede ringe.

Eksempel: Navnet 1,3,4-thiadiazol udsiger, at der i en maksimalt umættet femleddet ring (tilkendegivet ved *stammen* 'ol') er ét svovlatom (*præfikset* 'thia') og to nitrogenatomer (multiplikatoren 'di' og *præfikset* 'aza', her forkortet til 'az' på grund af sammenstødet med o'et i stammen). Tallokanterne 1,3,4 angiver placeringen i ringen af heteroatomerne. Se strukturen



Figur 1. Udvalgte thiolstrukturer kommenteret i artiklen.

1. 1,3-dithiol. 2. 1,3,4-thiadiazol. 3. 1,3,4-thiadiazolidin.
4. 1,2-dithiol. 5. 1,2-dithiolan. 6. 1,3-dithiolan.
7. trithiol. 8. 1,2,3-trithiolan. 9. 1,2,4-trithiolan.
10. 1,2,3,4-tetrathiolan (eller bare tetrathiolan).
11. pentathiolan eller cyclo-pentasvovl. 12. trithiolthiol.
13. trithioldithiol. 14. 1,3-benzodithiol. 15. benzen-1,3-dithiol.
16. [1,3]dithiolo[4,5-d][1,3]dithiol.
17. [1,3]dithiolo[4,5-d][1,2,3]trithiol. 18. [1,2,3]trithiolo[4,5-d][1,2,3]trithiol (eller bare trithiolotrichiol?).
19. 2,2'-bi(1,3-dithiol-2-yliden) (tetrathiafulvalen).

i figur 1 (nr. 2). Den tilsvarende mættede forbindelse ville have stammen 'olidin' og altså hedde 1,3,4-thiadiazolidin (nr. 3).

Det er meget kompakte og elegante navne, men man skal kende koden.

Det ejendommelige i IUPACs beskrivelse af H-W-systemet er nu, at det første, der møder læseren, er en opremsning af en lang række velkendte heteromonocykliske forbindelser, hvis konventionelle navne – *der ikke er konstrueret ud fra H-W-reglerne* – ikke bare accepteres, men er de *foretrukne IUPAC-navne* (PIN). Vi nævner dem her, men bruger ikke plads på at tegne dem:

furan, imidazol, imidazolidin, morpholin, piperazin, piperidin, pyran, pyrazin, pyrazol, pyrazolidin, pyridazin, pyridin, pyrimidin, pyrrol, pyrrolidin, selenophen, tellurophen og thiophen.

Man bemærker specielt, at furan og pyran trods endelsen 'an' er umættede forbindelser.

Kan det gå galt?

Enhver nomenklaturists værste mareridt er, at man har lavet regler for systematiske navne, som fører til tvetydige navne. Lad os se på thiol.

For femleddede ringe med to eller flere svovlatomer er H-W-stammen 'ol', hvis de er umættede, og 'olan', hvis de er mættede; der bliver så mulighed for to dithioler og to dithiolaner; en trithiol og to trithiolaner; en tetrathiolan; og

en pentathiolan. De er alle vist i figur 1. Den sidste er ikke mere en organisk forbindelse og kunne efter uorganiske regler også kaldes *cyclo*-pentasvovl. Og vi kom forbi 1,3-dithiol, som vi nævnte i indledningen. Den maksimalt umættede femleddede ring med ét svovlatom kunne efter H-W kort og godt hedde thiol, et navn, der imidlertid ikke spildes ord på hos IUPAC; den hedder simpelthen thiophen og var med i undtagelseslisten ovenfor.

Men der kan laves mere sjov med thiol. Der er to ledige substituérbare hydrogenatomer i trithiol. Hvis de erstattes med hhv. én og to –SH-grupper, fås forbindelserne trithiolthiol og trithioldithiol. Det ser vanvittigt ud, men er korrekt nok; da der ikke er tvivl om, hvor svovlatomerne og substituenterne kan sidde, er tallokanter ikke nødvendige.

Ringe kan anneleres (fusioneres). En særlig navnetype anvendes for ringe sat sammen med en benzenring; anneleres 1,3-dithiol således til en benzenring, hedder forbindelsen 1,3-benzodithiol. Det er faretruende tæt på benzen-1,3-dithiol (som tidligere ovenikøbet hed 1,3-benzendithiol). Se igen figur 1.

Man kan annelere 1,3-dithiol til 1,3-dithiol; 1,3-dithiol til trithiol; og trithiol til trithiol. Navnene [1,3]dithiolo[4,5-*d*][1,3]dithiol; [1,3]dithiolo[4,5-*d*][1,2,3]trithiol og [1,2,3]trithiolo[4,5-*d*][1,2,3]trithiol er konstrueret med alle tallokanter efter reglerne

for fusionsnavne og med det vigtige 'o' sat efter navnet på førstekomponenten. Hvis man var lidt fræk, kunne man sige om det sidste navn, at lokanter er overflødige, da der kun er én mulig forbindelse, som så simpelthen kunne hedde trithiolotrithiol. Der synes ikke at være en eksplicit regel, som taler for eller imod et navn som dette.

En anden måde at sætte dithiol-ringe sammen på er de Bechgaardske forbindelser med det folkelige navn tetrathiafulvalener, som også optrådte i [1]; IUPAC-navnet 2,2'-bi(1,3-dithiol-2-yliden) tager højde for dobbeltbindingen mellem de to ringe (figur 1 nr. 19).

Vi var forbi overraskende navne her, og selv om det var tæt på, gik det ikke så galt, at reglerne førte til tvetydige navne. Men kan det ske?

TD, Nomenklaturudvalget

Referencer

1. **M.B. Nielsen:** Polycykliske aromatiske kulbrinter – multi-redox systemer. *Dansk Kemi* **107** # 2 (2026) 20-23.
2. https://kemisknomenklatur.dk/pdf/Organic_Brief_Guide.pdf.
3. *Nomenclature of Organic Chemistry. IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013.* Bekvem og opdateret online-version her: <https://iupac.qmul.ac.uk/BlueBook/PDF> (se afsnit P-22.2).
4. **W.H. Powell:** Revision of the extended Hantzsch-Widman system of nomenclature for heteromonocycles. *Pure Appl. Chem.* **55** (1983) 409-416.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Hantzsch-Widman_nomenclature (besøgt 11/6-2026).

LabDays
Stand
44

PRÆCISION TIL DIT LABORATORIUM

Besøg Drifton og DACOS på LabDays, og oplev pumper, laboratorieudstyr og laboratorieforbrugsvarer til forskning, pharma, diagnostik og kvalitetskontrol.

Vi glæder os til at møde dig på stand 44.



Besøg drifton.dk, eller kontakt os på 3679 0000 eller info@drifton.dk

Spiseolier – de onde, de gode og den virkelig gode

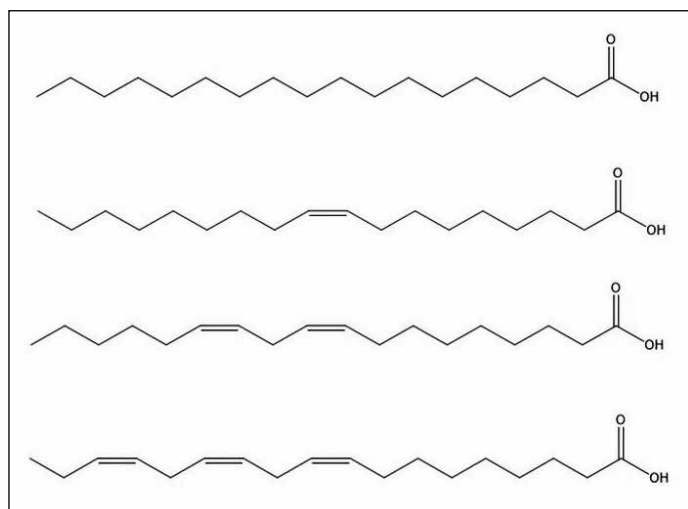
Der er fokus på ultraforarbejdet mad. Måske skyldes megen af den dårligdom, forarbejdning nu får skyld for, snarere en ubemærket ændring i vores indtag af umættede planteolier – især i de industrialiserede lande.

Af Leif H. Skibsted, Institut for Fødevarevidenskab, Københavns Universitet

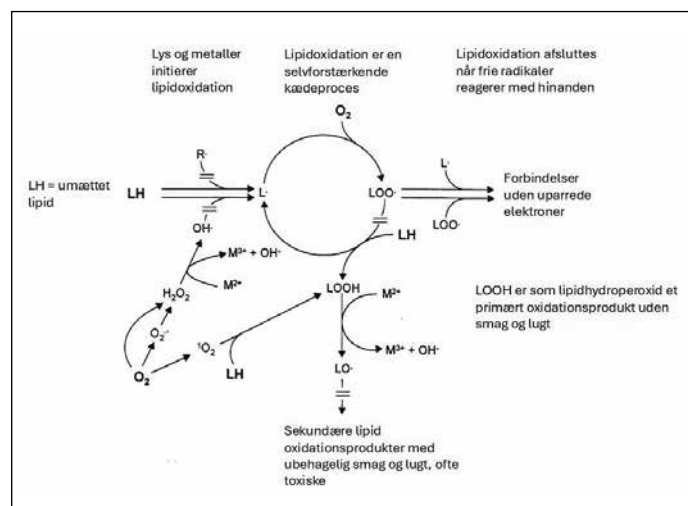
Retorikken om fødevarer er blevet hård og uforsonlig. I USA kaldes spiseolier med højt indhold af Ω -6 fedtsyren linolsyre ofte "The Hateful 8" [1]. Disse onde otte er alle forarbejdede olier fra plantefrø som vist i faktaboks 1. I USA er forbruget af disse olier næsten tidoblet siden 1950, beregnet for den enkelte forbruger. 30 procent af den gennemsnitlige amerikanske forbrugers energiindtag kommer i dag fra olier fra disse plantefrø. I samme periode er aseptiske betændelsestilstande og insulin-resistens steget dramatisk i den amerikanske befolkning [1].

Plantemargarine og helbred

Fra slutningen af 1960'erne var plantemargarine som Bellis og Solsikke nyheder, der skulle hjælpe den danske befolkning til bedre helbred ved at erstatte smør i kosten. Det umættede fedt ville få blodets kolesterolindhold til at falde, når det erstattede det mættede fedt. Det var især frøolier som soja-



Figur 1. Stearinsyre, oliesyre, linolsyre og linolensyre er alle C-18 fedtsyrer med stigende grad af umættethed. Ω -6 fedtsyren linolsyre og Ω -3 fedtsyren linolensyre er essentielle. Den oxidative nedbrydning begynder med radikaldannelse ved de bis-allylske kulstoffer, som der er dobbelt så mange af i linolensyre end i linolsyre, se figur 2.



Figur 2. Den oxidative nedbrydning af umættede fedtstoffer. LH er et umættet fedtstof, der kan danne frie radikaler, der reagerer med luftens oxygen og indleder en kædeproces.

olie, solsikkeolie og majsolie, der dominerede de mange nye produkter. Disse planteolier har et højt indhold af linolsyre, og medvirker derfor til, at forholdet mellem de to essentielle fedtsyrer linolsyre og linolensyre skifter dramatisk væk fra, hvad forholdet var under menneskehedens udvikling og genetiske tilpasning [2]. Dette skifte blev indledt med industrialiseringen af fødevarerproduktionen, se faktaboks 2 på side 16.

Fedtsyrer, som de indgår i fedtstoffernes triglycerider, opdeles i mættede og umættede. De umættede opdeles videre i Ω -9, Ω -6 og Ω -3 fedtsyrer, hvor betegnelserne henviser til positionen af den første dobbeltbinding talt fra kulstofkædens methylgruppe, som det er vist i figur 1. Fedtsyrer med mange dobbeltbindinger er meget udsat for oxidativ nedbrydning. Linolsyre og linolensyre er i planter beskyttet mod oxidation af antioxidanter som α -tokoferol i kombination med plantefenoler som quercetin [3]. Denne beskyttelse bliver ofte mangelfuld i de raffinerede planteolier [1].

Linolsyre fra Ω -6 familien og linolensyre fra Ω -3 familien er begge essentielle og skal derfor indgå i kosten. Linolsyre og linolensyre konkurrerer om de samme enzymer i cellerne for dannelse af vigtige signalstoffer. Tidligere var Ω -6/ Ω -3 forholdet omkring 1 til 2, og menneskets genetik er tilpasset dette

forhold for de essentielle fedtsyrer. I de vestlige industrialiserede samfund er dette forhold øget gennem ændringer i kostens fedtstoffer. Forholdet er i dag ofte over 15 [2]. Denne ændring i Ω -6/ Ω -3 forholdet fra 2 til 15 skyldes især anvendelse af frøolier i kosten, blandt andet i industriel madlavning og indførelse af margarine i husholdningerne. Margarine blev opfundet i 1869 i Frankrig og blev sammen med opfindelsen af konserver tidligere i Frankrig indledningen til en ny epoke i menneskehedens fødevareforsyning med industrielt fremstillede produkter. Den første danske margarinefabrik blev åbnet i 1883 af Otto Mønsted. Plantemargarine blev senere anprist som meget sundere end smør.

Frøolier

Menneskeheden er omkring 2 millioner år gammel. De tidligste mennesker var ikke frøspisere [2]. Kosten skiftede med overgangen fra jægerstenalderen til bondestenalderen i vores del af verden fra omkring 4000 f.Kr.

Gennem menneskehedens tidlige

årtusinder har menneskets indtag af essentielle fedtsyrer været domineret af Ω -3 fedtsyren linolensyre. For mindre end 200 år siden opstod de industrialiserede samfund med markante ændringer i menneskets kost. Nu fik frøolier større betydning. Frøolier er for de flestes vedkommende domineret af Ω -6 syren linolsyre. Således indeholder den vigtigste af alle olieafgrøder, soja, omkring 50 procent linolsyre og under 10 procent linolensyre, altså et forhold på over 5. Linolsyre mistænkes ofte for at være inflammatorisk gennem delvis omdannelse i kroppen til arachidonsyre [2].

De oprindelige solsikkeolier indeholdt 70 procent linolsyre og kun spor af linolensyre. Tidselkerneolie, vindrukerneolie og majsolie er domineret af linolsyre og indeholder stort set ikke linolensyre.

Andre spiseolier

Olivenolie er historisk set Middelhavsområdets spiseolie. Olivenolie fremstilles ved presning af frugtkød. Avocadoolie og palmeolie fremstilles på samme måde ved presning

Faktaboks 1: Spiseolier

De såkaldte "Hateful 8"

Rapsolie, den oprindelige
Majskerneolie, majsolier
Bomuldskerneolie
Sojaolie, sojabønneolie
Solsikkekerneolie, den oprindelige
Tidselkerneolie, safflowerolie
Vindrukerneolie
Risklidolie

De gode

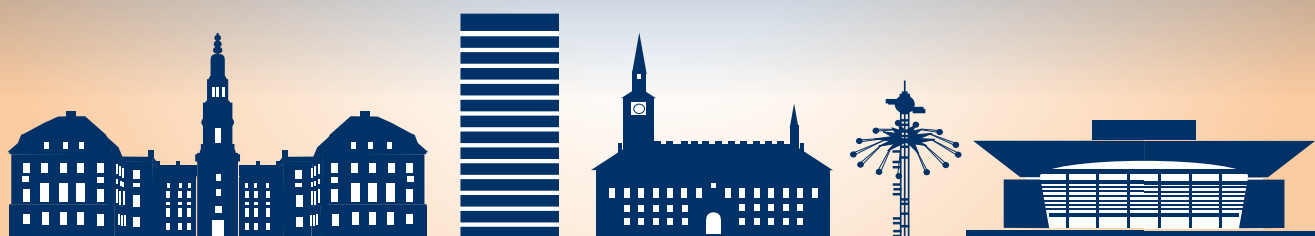
Olivenolie
Avocadoolie
Palmeolie
Modificeret rapsolie, "Nordens
olivenolie"

Den virkelige gode Hampeolie

af frugtkød. Frugtkødsolier har højt indhold af oliesyre og kun lavt indhold af linolsyre og især af linolensyre. Palmeolie er forskellig fra palmekerneolie. Palmekerneolie har

LabDays 2026

- trade fair for laboratory technology



COPENHAGEN, KB HALLEN

9 - 10 SEPTEMBER

et højere indhold af mættede fedtsyrer og ligner kokosolie.

Linolsyre/linolensyre-forholdet

Erstatning af animalsk fedt i kosten med planteolie blev tidligt vist at sænke blodets kolesterol [4]. Det blev dog aldrig vist, at dette samtidigt betød en mindre risiko for tidlig død. Til gengæld betød ændring i kosten med mere frøolie, at Ω -6/ Ω -3 forholdet øgedes fra omkring 1 i menneskets tidlige kost til over 15 i industrisamfundenes kost.

Det høje indhold af Ω -6 fedtsyrer er fundet at forværre en række sygdomsforløb, herunder brystkræft [2]. Det øgede Ω -6/ Ω -3 forhold har også været associeret med aseptiske betændelsestilstande [5]. Skiftet til plantemargarine i 1960'erne var medvirkende til at øge dette forhold, også i børns kost i Danmark.

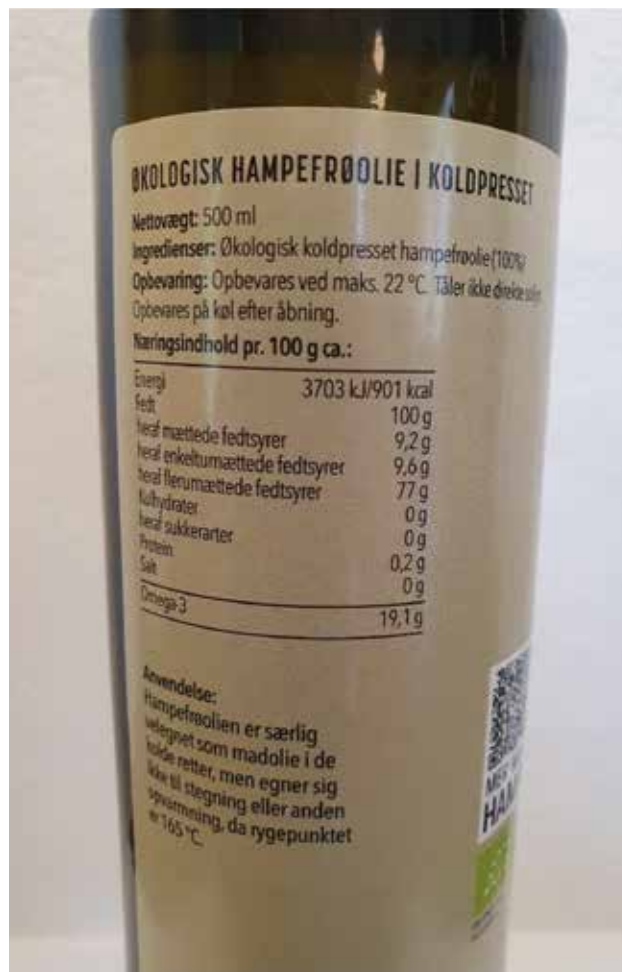
Omega-olier og den kække bi

Et øget forhold mellem Ω -6 og Ω -3 fedtsyrer i kosten påvirker ikke kun en række somatiske sygdomsforløb [1]. Risikoen for bipolar lidelse øges af et lavt indhold i kosten af Ω -3 fedtsyrer. Et højt indhold af Ω -6 fedtsyrer øger tilsvarende risikoen. Især synes et lavt indtag af Ω -3 fedtsyrer kombineret med et højt Ω -6/ Ω -3 forhold i kosten at være kritisk [6].

Også biers indlæring og evne til at

Faktaboks 2: Forandring i fødevarerproduktion

- Fra jægere/samlere til agerbrug: omkring 4000 f.Kr.
- Udvinning af spiseolie
Kina: 3000 f.Kr.
Babylon: 2800 f.Kr., skriftlig kilde
Grækenland/Rom: Oliekværn drevet af vandmølle 100 f.Kr.
- Formaling af korn
Vindmøller fra 1100
Dampmøller fra 1760
Valsemøller fra 1830
- Industrialisering af fødevarerproduktion
Konserves, Nicholas Appert 1809
Gæring som livsyttring, Louis Pasteur 1860
Opfindelse af margarine 1869



Figur 3. Hampefrøolie har et optimalt Ω -6/ Ω -3 forhold – er det fremtidens sunde spiseolie? Købt i COOP 21. maj 2023 for 101,95 kr.

finde vej er fundet at blive påvirket af lipiderne i blomsterne i de monokulturer, hvor honningbier søger nektar. Biernes kognitive præstationer øges for bier med et Ω -6/ Ω -3 forhold tæt på 1 sammenlignet med et forhold på 5 [7].

Den virkelig gode

Menneskets kost bør derfor indeholde mere linolensyre end linolsyre. Mange af de oprindelige frøolier er da også blevet erstattet af olier fra forældede olieplanter. Det gælder rapsolie og solsikkeolie. Frugtkødsoiler er typisk rige i oliesyre som olivenolie eller har et højere indhold af mættet fedt som palmeolie.

En bestemt planteolie har et optimalt forhold mellem linolensyre og linolsyre. Hampeolie med et Ω -6/ Ω -3 forhold tæt på 2 kan blive fremtidens spiseolie, se figur 3. Hamp til olieproduktion dyrkes i stigende grad i Canada og kan blive fremtidens afgrøde, også i Danmark. Hampeolie indeholder ikke hamps hal- lucinerende stoffer.

E-mail:
Leif H. Skibsted: ls@food.ku.dk

Litteratur

- Shanahan, C. (2025) The energy model of insulin resistance: A unifying theory linking seed oils to metabolic disease and cancer. *Frontiers in Nutrition* 12, 1532961.
- Simopopoulos, A. (2002) The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 56, 365-379.
- Becker, E.M., Jørgensen, S.S., Larsen, M.L. & Skibsted, L.H. (2025). Antioxidant interaction between α -tocopherol and quercetin in homogeneous solutions of peroxidizing methyl linoleate. *European Food Science and Technology* 251, 227-232.
- Keys, A., Andersson, J.T. & Grande, F. (1957). Serum cholesterol response to dietary fat. *Lancet* I 787.
- Lai, H.T.M., Ryder, N.A., Tintle, N.L., Jackson, K., Kris-Etherton, P.M. & Harris, W.S. (2025). Red blood cell omega-6 fatty acids and biomarkers of inflammation in the Framingham offspring study. *Nutrients* 17, 2076.
- Zhang, M., Li, X., Dong, L., Jin, M., Xie, M., Jia, N., Liu, Y., Xue, F., Li, W., Yang, Y., Song, H., Lu, Q., Jiang, L. & Yue, Q. (2023). Assessment of casual relationships between omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids in bipolar disorder: a 2-sample bidirectional mendelian randomization study. *Food & Function* 14, 6200-6211.
- Arien, Y., Dag, A. & Shafir, S. (2018). Omega 6:3 ratio more than absolute lipid level in diet affects associative learning in honeybees. *Frontiers in Psychology* 9, 1001.

Videnskaben bag maden

Kosten, sundheden og smagsoplevelsen.
En bog af Køkkenkemisten Jens Folke.

Anmeldt af Katja Salomon
Johansen, katja@techmedia.dk

Redaktionen på Dansk Kemi er virkelig glade for at have modtaget et eksemplar af Jens Folkes bog om videnskaben bag maden.

I perioden 2014 til 2022 havde læserne af Dansk Kemi fornøjelsen af at læse en lang række artikler med køkkenkemisk perspektiv fra hans hånd. Ofte med en meget systematisk tilgang. Et eksempel er artikelserien *Stegning, Grillstegning, Friture og Ovnbagning*, som blev bragt i 2019. Nu har Jens samlet alt det bedste fra disse artikler og krydret med bearbejdet indhold af artikler, han har leveret til Lex – Danmarks nationalleksikon.

Bogen gennemgår kostens kemiske hovedbestanddele (vand, kulhydrater, proteiner og fedtstoffer) og illustrerer deres, på bedste pædagogiske vis, egenskaber gennem en lang række opskrifter. Under emnet vand er der for eksempel opskrif-

ter på ikke mindre end syv forskellige typer af is! Der er i det hele taget mange gode opskrifter på alt fra hjemmelavet bouillon over dansk remoulade til svampstuvning at kaste sig over.

Læseren introduceres også til en lang række grundlæggende biokemiske begreber som enzymatisk katalyse, stoftransport og denaturering af proteiner.

Køkkenkemisten har tydeligvis en mission: *"Min ambition med denne bog er at give læseren en grundlæggende forståelse for gastronomi og ernæring, og derved stimulere flere til at lave mad fra grunden i stedet for, at måltider baserer sig på færdigretter og -tilberedninger"*. Det er tydeligst i de meget oplysende kapitler om madens rolle for vores sundhed og for, hvad smagsoplevelsen består af.

Jens Folke udgiver selv bogen og der er enkelte steder, hvor en ekstern redaktør kunne have bidraget konstruktivt. Når det er sagt, så er det virkelig en fin



bog, som nemt lige kan finde plads i forbindelse med undervisning som på den private hylde med kokebøger. Hermed en varm anbefaling fra Dansk Kemi.

"Videnskaben bag maden", ISDN 978-87-976901-0-9, kan bestilles ved henvendelse til Køkkenkemisten på kokkemist@gmail.com.



SKRIV TIL DANSK KEMI

Stofområder

Vi er interesserede i spændende artikler inden for alle områder af kemi.

Vi formidler viden om for eksempel:

Materialekemi • Analytisk kemi • Kemiteknik • Bioteknologi
Fødevarer kemi • Klima og miljø • Fundamental kemi

Din viden er vigtig - del den!

Dansk Kemi er til for at oplyse og begejstre om alle emner inden for kemi.

Det trykte magasin kommer ud på alle landets biblioteker og bliver sendt til 3600 abonnenter.

Indholdet bliver flittigt brugt på ungdomsuddannelser, bliver læst af industrien og udbreder viden om kemi bredt til samfundet.

Dansk Kemi er medlemsblad for Kemisk Forening og Kemiingeniørgruppen.

Dansk Kemi har eksisteret i mere end 100 år.

Kontakt redaktør Katja Salomon Johansen
på katja@techmedia.dk

Vi GLÆDER os
til DIT bidrag

Max. 8000 anslag inkl. mellemrum i Word.

Brug overskrifter og underoverskrifter.

Medsend illustrationer og billeder i 300 dpi. Brug gerne faktabokse.

Husk billedtekster og fotokreditering. Husk også e-mail-adresse til forfatter.

Nu bliver det nemmere at følge målinger af vandmiljøet

Nye funktioner i Kemidata gør det lettere for lodsejere, borgere og myndigheder at finde lokale målinger og se udviklingen i stoffer i vandmiljøet over tid.

Det fællesoffentlige datasamarbejde Danmarks Miljøportal har lanceret nye funktioner i platformen Kemidata, som gør det nemmere at finde, og få, overblik over lokale målinger af stoffer i vandmiljøet, samt se udviklingen over tid.

Kemidata.miljoportal.dk er Danmarks Miljøportals åbne portal for kemiske målinger og måleresultater fra blandt andet vandløb, søer, havområder, renseanlæg og badevand.

Med opdateringen kan brugere nu søge direkte på et sted eller en målestation og se resultaterne som grafer over tid. Det gør det lettere at få overblik uden først at skulle kende navnet på et bestemt stof eller downloade store datatabeller, som man skulle tidligere.

Data skal være nemmere at bruge

Hos Danmarks Miljøportal peger Andreas Brøndum, systemansvarlig for Kemidata, på, at opdateringen skal gøre komplekse data mere anvendelige.

- Miljødata har størst værdi, når de er nemme at finde og forstå. Med de nye funktioner i Kemidata kan flere brugere få et hurtigt visuelt overblik over målinger og udvikling over tid. Det gør data mere anvendelige for både fagpersoner, lodsejere og borgere, siger Andreas Brøndum.

De nye funktioner i Kemidata er udviklet i samarbejde med Danmarks Miljøportals faggruppe for datadeling, og kan findes på kemidata.miljoportal.dk.

■ Nye funktioner i Kemidata

Med opdateringen kan brugere:

- søge efter målestationer via sted, stednavn, stednummer, lokation og dataejer.
- se grafer over kemiparametre og stofgrupper over tid.
- tilpasse grafernes tidsperiode.
- downloade resultater som CSV direkte fra grafvisningen.
- finde steder og downloade søgere resultater som CSV.



Foto: Anders Holm Jensen, Unsplash.com.



Velkommen til LabDays 2026

Den 9. september slås dørene op for LabDays Copenhagen 2026, som for anden gang har til huse i K.B. Hallen på Frederiksberg. Hele 91 udstillere byder

velkommen til den rekordstore messe, så der bliver meget at se og opleve på dette års messe, hvor stort set alle branchens førende leverandører er repræsenteret.



Over messens to dage gennemføres der et større fagligt program på Exhibitor FREE Lab Theater scenen, hvor 20 miniseminarer af 30 minutters varighed kan opleves. Det er gratis at deltage, og man behøver ikke forhåndstilmelde sig. Programmet kan ses på messens hjemmeside, www.labdays.dk.

Det er også gratis at besøge LabDays-messen. På hjemmesiden kan du klikke dig ind og registrere dig, hvorefter du får en adgangsbillet tilsendt.

I denne udgave af Dansk Kemi kan du dels se, hvilke firmaer du kan møde i K.B. Hallen, og dels se en floor plan for messen, så du kan se, hvor du finder de enkelte udstillere.

Arrangørerne glæder sig til at byde branchens aktører velkommen til LabDays Copenhagen 2026, der på alle måder tegner til at blive en stor succes. Forventningen er da også, at rekordbesøgstallet fra 2024 på over 2300 fagfolk, har en stor chance for at blive slået.

Læs mere om LabDays Copenhagen 2026 her i bladet samt på www.labdays.dk.

Halplan og udstillere



A			Bio-Rad Laboratories	75	D		E		
Agilent Technologies Denmark	69		Biosero	78	Dandiag A/S	5	Eppendorf Nordic	40	
AH Diagnostics A/S	25		BioServices AB	50	Dansk Laborant-Forening/HK	15	Ergotec ApS	39	
Ampliqon A/S	21		Biowest Nordic	26	Dansk Kemi	34	F		
Ansell	53		BlueCatBio	55	Dansk Pipette Service ApS	76	Faster S.R.L.	64	
Anton Paar Danmark	18		Buch og Holm A/S	71	Det Grønlandske Sundhedsvæsen	36	Fooddes A/S	80	
ApodanNordic PharmaPackaging A/S	23		Busch Vakuumtechnik A/S	51			Formulatrix Europe	29	
Aqua-Nova AB	84		Büchi	3	DFM - Danmarks Nationale Metrologiinstitut	47	G		
Avantor	82		C		Dorte Egelund ApS	27	Gammadata Instrument AB	35	
			CultiXcell A/S	67	Drifton A/S	44	Getinge Danmark	16	
			Cytiva Danmark ApS	4					
B									
Berner Lab Denmark	59								
Biolab A/S	77								

H		L		Nordic Biosite ApS		7	Software Point		
Hamilton Bonaduz	41	Lab Services	45	Nordic Scientific			- LabVantage Nordics		2
Hettich ApS	13	Labcon	8	Solutions ApS	68		SPT Labtech		52
Holm & Halby	60 + 64	LABsupport ApS	19	O			SSI Diagnostica		31
Horiba Scientific	49	LabWare Nordic	6				Group A/S		70
Hounisen		Leco Nordic	38	OpenLogger Systems AB	33		Strandmøllen A/S		62
Laboratorieudstyr A/S	76	Liofilchem	42	Opentrons Labworks	79		Sympatec GmbH		
I		M		P			T		
ICM A/S	66	Metesa Denmark	11	Pekema A/S	12		Tagarno Denmark		37
Insatech A/S	43	Metinor	36A	PerkinElmer	72		Tecan Nordic ApS		34
Integra Biosciences		Metrohm Nordic ApS	17	Phenomenex	78A		TechMedia		
Nordic ApS	48	Mettler-Toledo A/S	32	Promega Biotech	57		- Dansk Kemi		22 + 87
J		Micromedic ApS	46	R			TH. Geyer		
JRV A/S	81	Miele Professional	1				Skandinavien ApS		
K		Mikrolab - Frisenette A/S	20	Ramcon	65		V/W		
		Molecular Devices	83	S			Vacpro ApS		86
Kem-En-Tec Nordic A/S	61	N					Veolia Labwater		56
KEN Hygiene Systems A/S	54	Netsch Gerätebau	10				Solutions		14
KNF Neuberger	24	New England Biolabs	63				Waters Denmark		
		Ninolab, A/S	28						
		Nordic Biolabs AB	73						
				Sartorius Lab Instruments	9				
				Saveen & Werner ApS	74				
				SciSure	30				
				SHC Nordic ApS	85				
				Shimadzu Danmark	58				

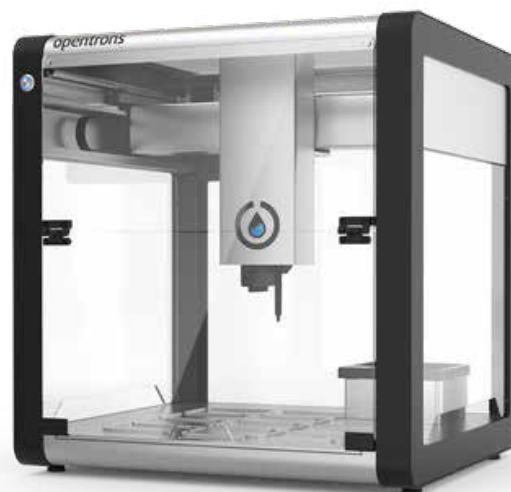
pr. 8. juni



**Dansk Pipette
Service ApS**

On-site service og kalibrering
- Hos jer, når det passer jer

**Vi tilbyder også kalibrering af
Opentrons OT-2 Gen II pipetter
Med 12 måneders garanti!**



Mød os på LabDays 2026
9. - 10. september i KB Hallen
Stand 76 hos Hounisen®

Dit laboratorium, vores teknologi

Mikrolab - Frisenette A/S er en førende leverandør af laboratorieudstyr, forbrugsartikler og kemikalier. Med 140 års samlet erfaring og over 100 leverandører tilbyder vi kvalificeret vejledning og løsninger inden for især laboratorieautomatisering og ergonomi – dit laboratorie, vores teknologi.

På vores stand på LabDays 2026 kan du blandt andet opleve et udvalg af vores automatiseringskoncepter, herunder Opentrons FLEX – din komplette pipetteringsrobot, og ePrep – sample preparation workstation. Vi fremviser desuden et stort udvalg af forbrugsartikler og basisudstyr fra vores mange leverandører, herunder blandt andet nerbe plus, Deltalab og Interscience.

Mikrolab - Frisenette A/S
Stand 20



Fremtidens løsninger

Kom forbi Integra Biosciences stand til en snak om:

- Pipetter
- Automatisering
- Prøveforberedelse til sekventering
- Kurser i blandt andet ergonomi og pipetteknik
- Service og kalibrering.

Vores dygtige team står klar til at vise dig rundt i Integras univers af produkter, såsom:

- Evolve, Viaflo, Voyager og Switch pipetter med unikke features.
- Mini96, Viaflo96/384 til hurtig fyldning af plader.

- Assist Plus for dig, der har brug for maksimal fleksibilitet til pipetteringsopgaver.
- Welljet til når du skal have fyldt mange plader.
- Genius, der gør arbejdet med serologiske pipetter lettere og smartere.
- Griptips – spidserne, der ikke falder af eller drypper.

- Reagenskar med absolut minimalt dødvolumen.
- Magnetic beads i høj kvalitet.

Alle vores produkter er skabt med henblik på at gøre din arbejdsdag i laboratoriet lettere.

Desuden vil vi på messen løfte sløret for vores seneste produktnyhed, så kom endelig forbi for at se, hvad vi har at byde på.

Integra Biosciences
Nordic ApS
Stand 48



Innovation i dialog med det nordiske laboratiøremiljø

Med en stærk regional tilstedeværelse og mangeårige partnerskaber i Norden ser PerkinElmer frem til at byde besøgende velkommen på LabDays 2026 og drøfte, hvordan nye innovationer kan hjælpe laboratorier med at håndtere nutidens analytiske udfordringer.

På LabDays vil PerkinElmer præsentere en række løsninger, der blev lanceret tidligere på året og som afspejler de behov og prioriteter, vi ser i nordiske laboratorier: pålidelig performance, effektive arbejdsgange og teknologi, der skaber langsigtet værdi. I centrum står Avio 3000 ICP-OES, suppleret af Clarus Nova GC og Aurora Spotlight mikrobølge-digestionssystem.



Skabt til sikkerhed i elementanalyse

Avio 3000 ICP-OES markerer næste skridt i PerkinElmers udvikling inden for plasmateknologi. Systemet er designet til laboratorier, der arbejder i krævende og regulerede miljøer, og understøtter en bred vifte af anvendelser relevante for Norden – herunder miljøanalyse, fødevarerkontrol, farmaceutisk analyse og industriel kvalitetskontrol.

Med fokus på robusthed, stabilitet og effektiv drift imødekommer Avio 3000 de daglige udfordringer i laboratoriet – fra håndtering af komplekse matricer til højt prøvegennemløb og stigende krav til datakvalitet. På messen vil PerkinElmer dele, hvordan denne tilgang til ICP-OES giver laboratorier tryghed i deres analyser.

Fleksibilitet til fremtidens behov

PerkinElmer fremhæver også Clarus Nova GC. En gaskroma-

tografiløsning lanceret tidligere på året, som er udviklet til at støtte laboratorier i en verden, der konstant ændrer sig. Med fokus på intuitiv betjening og fleksibel konfiguration er Clarus Nova GC velegnet til laboratorier, der ønsker at modernisere deres arbejdsgange uden at gå på kompromis med analytisk kvalitet.

Uanset om det gælder rutineanalyser eller nye applikationer, er Clarus Nova GC udviklet med brugeren i centrum – med fokus på at forenkle kompleksitet og samtidig levere pålidelig performance.

Et stærkt fundament i prøveforberedelsen

Pålidelige analyser starter med en effektiv prøveforberedelse, og Aurora Spotlight spiller en vigtig rolle i dette første trin. Systemet, som blev lanceret i marts, er designet til at sikre sikker, effektiv og reproducerbar digestion – og dermed et solidt grundlag for efterfølgende analyser.

På LabDays vil PerkinElmer sætte fokus på, hvordan optimeret prøveforberedelse kan bidrage til bedre laboratorieeffektivitet og mere pålidelige resultater.

PerkinElmer
Stand 72

LABORANTER CAND.ALT

Mød Dansk Laborant-Forening/HK på LabDays 2026



Vi er Danmarks største netværk for laboranter
– og vi glæder os til at møde dig



En ny æra for muffelovnsanalyse

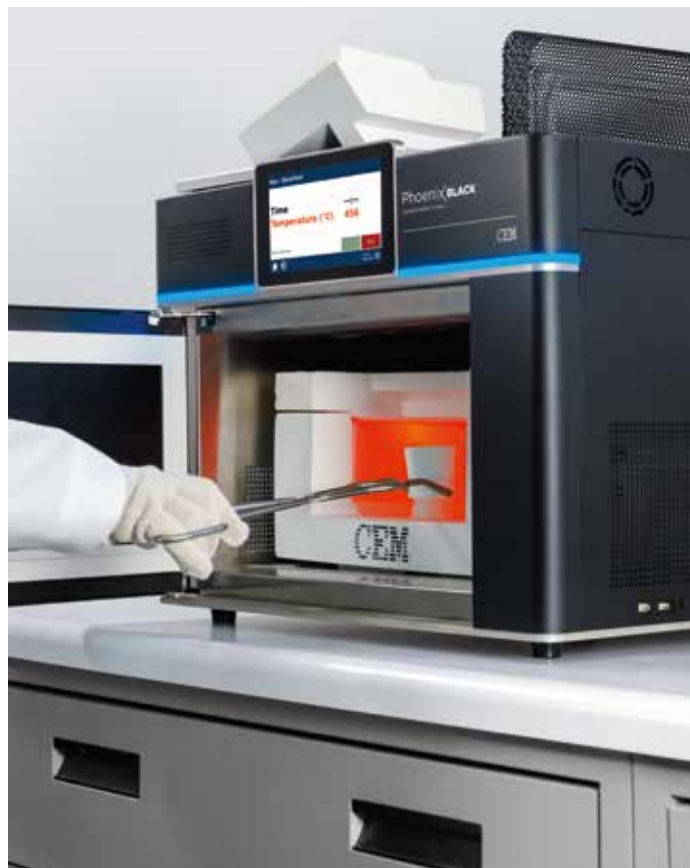
Traditionel askning i en muffelovn er et af de mest tidskrævende trin inden for fødevarer-, miljø- og materialeanalyse og tager ofte otte timer eller mere per batch. Med Phoenix Black fra CEM introducerer Berner Lab en ny generation af mikrobølgeassisterede muffelovne, der reducerer analyseløbetiden og samtidig overholder standardmetoderne fuldt ud.

Phoenix Black kombinerer mikrobølgeenergi med konventionelle varmelegemer og når temperaturer på op til 1200°C på få minutter. Prøvekapaciteten øges markant: askebestemmelser, der tidligere krævede natkørsler, kan nu gennemføres på under en time. Den integrerede touchskærm, programmerbare metoder og indbyggede sikkerhedsfunktioner gør den daglige drift enkel og reproducerbar, uanset om anvendelsen er glødetab, askeindhold i fødevarer og foder, sulfateret aske i lægemidler eller forberedelse til grundstofanalyse.

For laboratorier, der arbejder med sulfateret aske eller svovlholdige prøver, tilbyder Phoenix Black SAS en dedikeret løsning med et integreret syrebestandigt udsugningssystem, der beskytter både instrumentet og laboratoriemiljøet. Phoenix Black SAS er desuden 21 CFR Part 11-kompatibel og opfylder branchekravene til metoder, der specificerer "all muffle furnace methods", hvilket gør den velegnet til regulerede miljøer som farmaceutisk QC.

Som officiel distributør af CEM i Danmark vil Berner Lab demonstrere Phoenix Black live på standen. Kig forbi og se, hvor meget tid jeres laboratorium kan spare, og drøft jeres specifikke anvendelse med vores specialister.

**Berner Lab Denmark
Stand 59**



Peristaltisk pumpe med automatisk flowkalibrering og datalogning

Driften A/S lancerer den nye GD-serie af peristaltiske pumper, der omfatter modellerne GD200-1B, GD400-1B, GD650-1B samt flerkanalsmodellen GD200-1C. Serien er udviklet til laboratorier, forskningsmiljøer og industrielle processer med krav til præcis væskehåndtering og dokumentation.

Pumperne er udstyret med en 5" touchskærm og understøtter kontinuerlig pumpning, tidsstyret dosering og volumenbaseret dispensering. Den integrerede datalogning gør det muligt at registrere og eksportere driftsdata, mens RS485-kommunikation med Modbus RTU sikrer nem integration i automatiserede anlæg.

Et Flowmeter Feedback Kit kan tilsluttes for automatisk flowkalibrering og løbende regulering af flowet under drift. Dette bidrager til en mere stabil proces og reducerer behovet for manuelle justeringer.

GD200-1C er udviklet til applikationer med behov for højere drejningsmoment og flerkanalsdrift. Modellen kan drive op til fire pumpehoveder eller anvendes med DG-flerkanals pumpehoveder med op til 24 kanaler.

Som tilbehør tilbydes en håndholdt dispenseringsenhed til volumenbaseret påfyldning, fyldenåle i 316 rustfrit stål samt et Flowmeter Feedback Kit til automatisk flowregulering.

Afhængigt af pumpehoved og slang kan modellerne levere flow op til 3250 mL/min og er velegnede til dosering, overførsel og påfyldning af væsker i laboratorier, forskningsmiljøer og industrielle processer.

Driften A/S udstiller den nye GD650-1B på LabDays 2026, hvor interesserede kan opleve pumpen i drift og høre mere om mulighederne inden for

præcis væskehåndtering, automatisk flowkalibrering og datalogning.

**Driften A/S
Stand 44**



Vakuumpumper til laboratorier og forskningsmiljøer

Busch Vacuum Solutions præsenterer og fremviser vakuumpumper fra mærket Pfeiffer Vacuum+Fab Solutions, som er ideelle til laboratorier og forskningsmiljøer. På vores stand kan du blandt andet se nærmere på følgende produkter:

- *HiScroll vakuumpumper*: Effektive, oliefrige, lavt vedligeholdelsesbehov, miljøvenlige, lave støjniveauer, hermetisk konstruktion, høj vanddamp-kompatibilitet. HiScroll 6 er med på standen.
- *HiCube Neo pumpestation*: Intuitiv kontrol med 7" farvetouchskærm, understøtter forskellige backing

vakuumpumper, energibesparende standbyfunktion.

- *ASM 310 Leak Detector*: Kompakt, bærbar lækagedetektor til helium og hydrogen – ideel til laboratorier og industri. Oliefrit pumpesystem og høj følsomhed.

På messen står vores eksperter klar til at demonstrere, informere om og præsentere de spændende nye produkter fra vores sortiment til R&D, laboratorier og forskning.

Busch Vakuumtechnik A/S
Stand 51



Nitrogen- og proteinanalysator ved Dumas forbrænding

Rapid MAX N Exceed - plus. Det nye instrument til proteinbestemmelse som alternativ til Kjeldahl.

Effektivt instrument til uovervåget 24/7 bestemmelse af protein i en lang række af prøver med klar fordel over for Kjeldahl. Analysetid kun cirka 6 minutter. Instrumentet skal ikke stå i stinkskab.

Instrumentet kan håndtere både faste og flydende stoffer uden prøveforberedelse. Prøver skal ikke indpakkes, men kan blot afvejes direkte ned i genbrugelige stålbeholdere, som placeres på toppen af instrumentet i den integrerede autosampler, hvorfra de automatisk fjernes til afkøling og genbrug. Det er meget



hurtigt og tidsbesparende med denne direkte afvejning.

Der kan afvejes helt op til cirka 4-5 gram materiale per prøve, så man er ude over homogenitetsudfordringer. Drivgas kan være He eller Argon (CO₂ på det mindre instrument), så driftsomkostninger kan holdes nede.

Applikationer

Fødevarer, drikkevarer, dyrefoder, alternative proteiner, korn og stivelse, jord og sedimenter, pharmaceuticals, syntetiske materialer m.m.

LABsupport ApS
Stand 19

Følg den røde paraply på LabDays

Shimadzu Danmark deltager igen i år på LabDays, hvor vi ser frem til gode snakke med jer, der kigger forbi.

Vi medbringer blandt andet vores nye ionkromatograf (IC). Systemet kan med fordel kombineres med vores TOC-løsninger, og tilsammen dækker de en række behov og applikationer inden for vand- og miljøanalyser.

Derudover præsenterer vi også nyhe-

der, som afspejler, hvordan Shimadzu i stigende grad bevæger sig ind på nye og spændende områder.

I år markerer vi, at Shimadzu Danmark har været etableret i Danmark i mere end fem år. Det vil vi gerne fejre sammen med jer på standen.

Shimadzu Danmark
Stand 58



En ansvarlig sikkerhedskultur



lavet i et nyt engangsmateriale til kemikaliebeklædning designet til at ændre måden, brugeren oplever komfort og sikkerhed på arbejdet.

ICM samarbejder med Staxs Pink Planet om et genanvendelsesprogram, hvor brugte Dotch sterile goggles indsamles og genanvendes.

Som eneforhandler i Danmark tilbyder

ICM et udvalg af Piercan isolatorhandsker til den farmaceutiske sektor og medicinalindustrien.

Hvis du vil vide mere om ansvarlig sikkerhed på din arbejdsplads, står ICM's specialister klar på stand 66.

ICM A/S
Stand 66

ICM A/S styrker sikkerhedskulturen og skaber ansvarlige arbejdspladser gennem viden, rådgivning og de bedste løsninger til medicinalindustrien, laboratorier, biotek og fødevarerindustrien.

Som landets førende inden for salg og servicering af sikkerhedsløsninger, produktudvikling samt uddannelse, kan ICM medvirke til at forebygge arbejds-skader og -ulykker på din arbejdsplads.

ICM forhandler en lang række personlige værnemidler specifikt godkendt til laboratoriearbejde, heriblandt øjenværn, dragter, handsker og fodtøj.

Som nyhed i ICM's sortiment kan den nye generation af sikkerhedsdragter fra Dupont fremhæves. Tyvek APX 400 er



Uovertruffen åndbarhed uden at gå på kompromis med beskyttelse og holdbarhed.

Besøg Dandiag på stand 5



Kom forbi vores stand og oplev de nyeste laboratorieløsninger, spændende produkt-nyheder og inspirerende faglige indslag. Vi afholder tre speaker sessions:

- *Intro til vejeteknik:* Få styr på de vigtigste principper inden for præcis vejning og undgå de mest almindelige fejl.
- *Cubis III – connectivity, data og AI i praksis:* Se hvordan Sartorius Cubis III kombinerer avanceret vejning med digital integration, sporbarhed og intelligente funktioner.
- *Når pipetten har en app – få det meste ud af Picus II:* Oplev hvordan moderne pipettering kan optimeres med digitale værktøjer, bedre dokumentation og øget brugervenlighed.

På standen kan du også møde vores nye leverandør FALC samt opleve de populære Genie-produkter fra Ohaus.

Og fordi en messe også skal være sjov, byder vi på konkurrencer, midlertidige tatoveringer, kage og andre underholdende indslag i løbet af dagen.

Dandiag A/S
Stand 5

Fra laboratorieglass til laboratorietekstiler

På LabDays 2026 sætter Miele Professional fokus på, hvordan laboratorier kan arbejde mere effektivt med rengøring af utensilier i en laboratorieopvaskemaskine, vask og desinfektion af laboratiebeklædning og dokumentation gennem integrerede systemløsninger.

Mange laboratorier oplever stigende krav til sporbarhed, proceskontrol og fleksibilitet. Samtidig skal både laboratorieglass, udstyr og tekstiler håndteres sikkert og dokumenterbart uden at skabe unødigt komplekse arbejdsgange.

På stand 1 præsenterer Miele Professional sine 360PRO-systemløsninger, hvor laboratorieopvask, tekstilpleje og digital dokumentation samles i ét sammenhængende setup.

Besøgende kan blandt andet opleve den kompakte SlimLine-termodesinfektor og den avancerede ExpertLine-serie til laboratorieglass samt professionelle vaskeløsninger til laboratorietekstiler. Fælles for løsningerne er fokus på reproducerbare resultater, brugervenlighed og fleksibel integration i laboratoriets daglige drift.

Målet er at give laboratorier bedre kontrol over deres processer – fra rengøring af laboratorieudstyr til håndtering af tekstiler – samtidig med at dokumentationskrav kan understøttes på en enkel og effektiv måde.

**Miele Professional
Stand 1**



Pakkeløsninger til R&D

Plug & Pump i én løsning

Med vores pakkeløsninger får du en komplet og nøje gennemtænkt vakuumløsning samlet i én pakke. Du slipper for besværet med tidskrævende sammensætning og indkøb, da alt er inkluderet: vakuumpumper, styreenheder, kabler og nødvendigt tilbehør – klar til brug med det samme. Det er ren Plug and Pump!

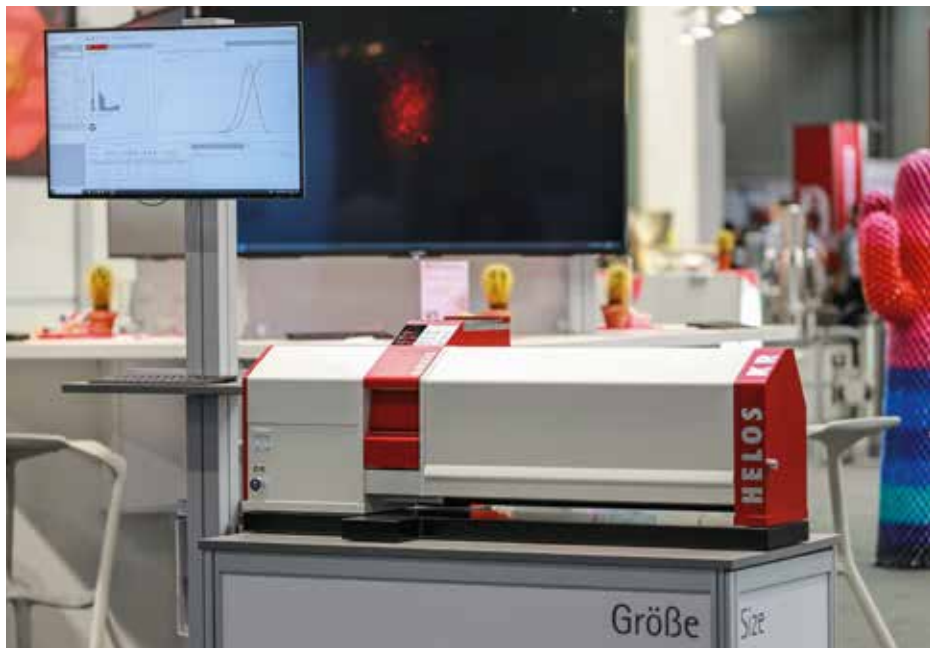
Vores pakkeløsninger er ideelle til R&D og laboratorier, og giver dig den hurtigste vej til en pålidelig og fleksibel vakuumløsning. Skal du på LabDays? - Så kig forbi stand 51 til en god dialog omkring:
Pålidelig drift. Mere tid til din forskning.

www.pfeiffervacuum.com

Part of the **BUSCH GROUP**

PFEIFFER 
VACUUM+FAB SOLUTIONS

Partikelkarakterisering



På LabDays 2026 vil Sympatec præsentere pålidelige løsninger til præcis analyse af partikelstørrelse og -form baseret på laserdiffraktion og dynamisk billedanalyse.

Livedemonstrationer af Helos og Qicpic

Med Helos-laserdiffraktionssensoren sammen med den fuldautomatiske våddisperser Quixel demonstrerer Sym-

patec en pålidelig løsning til hurtig og reproducerbar partikelstørrelsesanalyse af suspensioner og emulsioner. Automatisk styring af alle dispersionsparametre, integreret ultralyd og hurtige måle-cykluser sikrer nøjagtige, operator-uafhængige analyser til en bred vifte af laboratorieanvendelser.

For tørre, fritflydende og grove materialer muliggør kombinationen af Qicpic

og Gradis en repræsentativ partikelstørrelses- og formanalyse med skånsom fritfaldsdispersion. Det dynamiske billedanalysesystem er særligt velegnet til pulvere, granulater og fibre, herunder skrøbelige eller metastabile partikler, og leverer meget reproducerbare resultater med fremragende sammenlignelighed med traditionel sigteanalyse.

Du er velkommen til at medbringe dine egne prøver til livemålinger og drøftelser på standen.

Bedre partikler med de bedste instrumenter

Sympatec udvikler og fremstiller et innovativt sortiment af førsteklasses instrumenter til analyse af partikelstørrelse og -form i laboratorie- og procesmiljøer. Med gennemprøvede teknologier yder Sympatec et væsentligt bidrag til udvikling, produktion og kvalitetskontrol af de mest krævende partikelsystemer inden for en lang række brancher.

De modulopbyggede instrumenter er meget alsidige og kan tilpasses til de specifikke opgaver i dit laboratorium. Desuden leverer alle instrumenter pålideligt de mest nøjagtige, reproducerbare og sammenlignelige resultater på kortest mulig måletid.

Sympatec GmbH
Stand 62

Innovative løsninger til laboratoriet

Når LabDays Copenhagen 2026 åbner dørene i september, står Nordic Biolabs klar på stand 73 – parat til at demonstrere og diskutere, hvordan morgendagens laboratorier kan arbejde mere kvalitativt og effektivt.

På standen fremhæves de nyeste innovationer inden for bioteknologi og pharma, udviklet til at imødekomme nutidens øgede krav til effektivitet, præcision og fleksibilitet:

• Osmometre fra Nova Biomedical – førende inden for osmolalitmålinger.

Fra tidlig udvikling til GMP-produktion leverer osmometre hurtige og pålidelige målinger af osmolalitet, der sikrer en konsistent biofarmaceutisk produktion.

Hvert instrument er brugervenligt og specielt optimeret til bioprocesser og integreres problemfrit i arbejdsgange fra procesudvikling til GMP-produktion.

OsmoTECH-porteføljen kombinerer

gennemprøvet frysepunktsteknologi med intuitiv brug og avancerede funktioner til dataintegritet. Resultatet er høj præcision, effektive arbejdsgange og sikker compliance.



• Artel MVS – nem volumenverifikation med resultater på under 10 minutter.

Pålidelig væskehåndtering er afgørende for at producere resultater af høj kvalitet. Artels verifikationssystem tilbyder en af de mest præcise og pålidelige metoder til at verificere ydeevnen af både håndholdte pipetter og automatiserede pipetteringsrobotter.

Uanset om du arbejder i et reguleret miljø eller blot stræber efter konsistente resultater, hjælper MVS laboratorier med at opretholde nøjagtighed, forbedre arbejdsgangens effektivitet og styrke dataintegriteten.

Under hele messen tilbyder vi live-demonstrationer, hvor du kan opleve vores løsninger i praksis. Nova Biomedical vil være til stede for at drøfte dine specifikke behov og give konkrete indsigter.

Nordic Biolabs AB
Stand 73

Præcis dispensering af organiske opløsningsmidler og aggressive reagenser

Mantis-dispenseren er velkendt for præcis dispensering af lave volumener i biovidenskabelige laboratorier. Med den nye XL FEP-chip – fremstillet af et hus i fluoreret ethylenpropylen (FEP) og en membran af perfluorelastomer (PFE) – udvides platformen til organiske opløsningsmidler, korrosive reagenser og komponenter til kemisk formulering. Mens standardchips er designet til vandbaserede reagenser, der anvendes



i biovidenskabelige laboratorier, dækker XL FEP-chippen hele bredden af kemiarbejdsgange.

Den fluoropolymer-baserede – FEP-huset og PFE-membranen – arbejder sammen om at levere ensartet kemisk modstandsdygtighed gennem hele dispenseringscyklussen, uden kalibrering.

Specifikationer

XL FEP-chippen dispenserer 50 µL per puls med høj nøjagtighed og præcision for både flygtige og viskøse opløsningsmidler samt aggressive kemikalier som DMSO, acetonitril, THF og dichlormethan.

Anvendelser

- Screening af lægemiddel-formuleringer SBS-hætteglasarrays.
- Opløsningsmiddelbaseret forberedelse af forbindelser og reaktioner.
- Testet af Bristol Myers Squibb (BMS) til arbejdsgange for reaktionsscreening.



HV- og LV-varianter af FEP-chippen til Mantis' standardformfaktorer er planlagt senere på året og fuldender FEP-chipfamilien på tværs af alle volumenområder.

Formulatrix Europe
Stand 29

Spar på ressourcerne med tætte partnerskaber

Hounisen arbejder for ansvarlige leveringsforhold, tætte europæiske partnerskaber og løsninger, der kan bidrage positivt til den grønne omstilling.

Mød vores produktspecialister på stand 76 og hør, hvordan små ændringer i de daglige laboratorierutiner kan gøre en forskel for miljøregnskabet og minimere mængden af plastaffald.

Med løbende sortimentsudvikling inden for kemikalier kan vi fra eget storlager i Skanderborg sikre forsyningen af dine aftalevarer, samle bestillinger og derved minimere transportrelateret CO₂.

Og den grønne dagsorden stopper ikke ved leveringerne. Cirkulær ressourceudnyttelse er afgørende for at mindske laboratoriets samlede miljøaftryk:

• *Carlo Erba Reagents tilbyder Shuttle Service* med genanvendelige returbeholdere til større volumener af



kemikalier, der mindsker behovet for engangsemballage.

- *KiiLTO tilbyder danskproducerede rengøringsmidler* i emballage af genanvendt plast og med streng miljøcertificering.
- *Sarstedt tilbyder smarte refill-*

løsninger til pipettespidser, der reducerer laboratoriets plastaffald, og med en returaftale sikrer Hounisen, at den rene PP-plast genanvendes.

Hounisen Laboratorieudstyr A/S
Stand 76

Private label, stærke brands og nye ansigter



På årets LabDays finder du Th. Geyer Skandinavien ApS på to stande – stand 22 og stand 87 – der ligger lige over for hinanden. Den dobbelte tilstedeværelse giver os plads til at vise hele bredden af det, vi kan tilbyde det moderne laboratorium: fra vores egne private label-serier til produktnyheder fra nogle af branchens stærkeste leverandører.

Private label – kvalitet med fuld sporbarhed

Vores private label-serier er fundamentet i sortimentet og er udviklet til at give

laboratoriet et komplet og driftssikkert grundlag:

- *Chemsolute* dækker et omfattende sortiment af højkvalitetskemikalier og rengøringsmidler til analytisk og syntetisk laboratoriebrug – bredt, renhedssikret og med fuld sporbarhed. Sortimentet rummer desuden grønnere alternativer, hvor det er muligt at vælge en mere miljøvenlig løsning uden at gå på kompromis med ydeevnen.
- *Labsolute* omfatter forbrugsartikler og udstyr til den daglige drift – fra pipettespidser og handsker til beholdere og

opbevaringsløsninger, skabt med fokus på driftssikkerhed, komfort og værdi for pengene.

• *Biosolute* henvender sig til life science- og molekylærbiologiske applikationer med reagenser, buffere og kit-løsninger til blandt andet PCR, celledyrkning og DNA/RNA-håndtering – udviklet til kravene i moderne forskningsarbejde.

Besøg på standen

I løbet af messen får vi besøg af et par af vores leverandører – både fra private label-siden og fra vores brandede sortiment – som er klar til at fortælle om de seneste produktnyheder. Derudover kigger Green Lab Netværk Danmark forbi, så der er god lejlighed til at tale bæredygtige laboratorieløsninger.

Mød holdet – vi er blevet flere

Hele teamet er til stede på standen begge dage – og i år med en ekstra hånd. Vi har nemlig udvidet vores salgsteam med en ny sælger, som du kan møde på standen sammen med de kendte ansigter. Kom forbi og hils på, og lad os tage en snak om, hvordan vi kan styrke jeres laboratorium.

Th. Geyer Skandinavien ApS
Stand 22 og 87

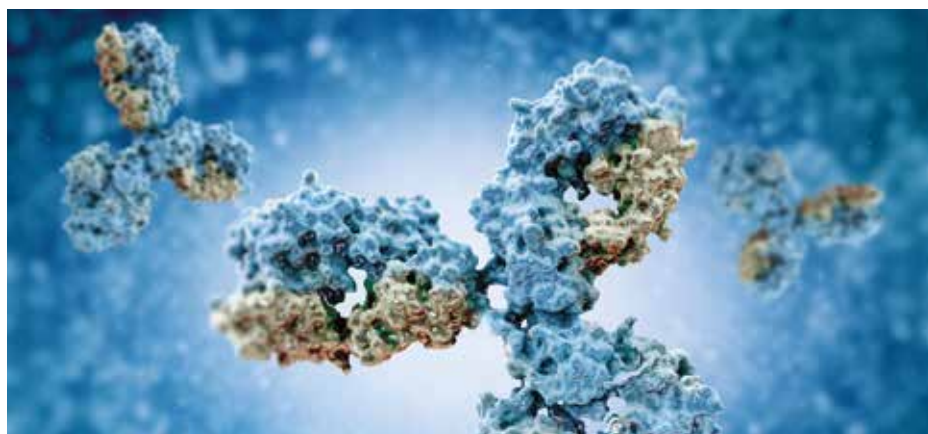
Din nordiske og baltiske partner inden for life science-forskning

Vi hjælper dig med altid at træffe det rigtige valg ved at tilbyde:

- Millioner af højkvalitetsprodukter til life science-forskning.
- Professionel, lokal support fra vores erfarne specialister.
- En pålidelig partner ved din side – fra planlægning til resultater.

Besøg os på LabDays for at drøfte dine projekter og høre mere om, hvordan vi kan støtte din forskning.

Nordic Biosite ApS
Stand 7



Kontrolleret osmose

En metode til måling af blandingsenergi i ikke-ideale opløsninger.

Af Dennis Wowern Nielsen¹
og Claus Helix-Nielsen²

¹ Uafhængig forsker

² Professor, DTU Sustain

Hvorfor er blandingsenergi vigtig?

Når et protein binder en ligand, et lægemiddel opløses i blodet, eller en polymer svulmer op i vand, er det i høj grad opløsningens termodynamiske egenskaber, der bestemmer systemets adfærd. En central størrelse i denne sammenhæng er opløsningens Gibbs' frie blandingsenergi, ΔG_{mix} , der beskriver det energimæssige bidrag fra blandingsprocessen og spiller en afgørende rolle for stoffers opløselighed, protein-ligand-interaktioner samt polymerers opførsel i forskellige solventer.

For ideale systemer kan ΔG_{mix} beregnes direkte ud fra koncentrationerne, men mange virkelige systemer afviger markant fra denne idealitet. Dette gælder eksempelvis polymeropløsninger, elektrolytter og biologiske væsker, hvor intermolekylære vekselvirkninger bidrager til en mere kompleks termodynamisk adfærd.

Små ændringer i blandingsenergien kan derfor afgøre, om et system forbliver homogent eller spontant faseadskilles, som illustreret i Figur 1. Af denne grund er den direkte eksperimentelle bestemmelse af blandingsenergien af særlig interesse.

Det følger heraf, at eksperimentel bestemmelse af Gibbs' frie blandingsenergi spiller en central rolle i forståelsen og beskrivelsen af komplekse kemiske systemer.

Osmose, entropi og arbejde

Kontrolleret osmose betegner her en osmotisk fortynding, hvor solventstrømmen gennem en semipermeabel membran bremses af et ydre modtryk. Når modtrykket næsten balancerer det aktuelle osmotiske tryk, bliver volumenfluxen meget lille, $J_V \rightarrow 0$. Processen nærmer sig dermed reversibel ligevægt.

Produceret entropi er den entropi, der dannes internt i en irreversibel proces. Ved reversibel osmotisk fortynding går den interne entropiproduktion mod nul. Systemets entropi kan stadig ændre sig, men der produceres ikke entropi som følge af irreversibilitet.

Maksimalt arbejde opnås i den reversible grænse. Ifølge Gibbs' maksimale arbejdsprincip kan en proces kun udføre sit maksimale arbejde på omgivelserne, når den interne entropiproduktion går mod nul.

Derfor kan arbejdsintegralet i den kontrollerede osmotiske fortynding fortolkes som reversibelt osmotisk arbejde og forbindes med Gibbs' frie blandingsenergi.

En vej til blandingsenergi

Hvis en opløsning adskilles fra sit solvent med en semipermeabel membran, vil solventet spontant strømme ind i opløsningen som følge af osmose. Denne proces kan udføre mekanisk arbejde på sine omgivelser, eksempelvis ved at

løfte et stempel, der driver en krumtap. Dette er illustreret i Figur 2, side 32.

Det er klart, at den rotation, som osmosen frembringer, påvirkes af det ydre modtryk og dermed af det drejningsmoment, der virker på krumtappen. Hvis modtrykket løbende justeres, så solventstrømmen gennem membranen holdes meget lille, kan fortyndingsprocessen bringes tæt på reversibel ligevægt. Under disse betingelser begrænses entropiproduktionen, og det udførte arbejde bliver tæt koblet til opløsningens Gibbs' frie blandingsenergi.

For at beskrive solventtransporten gennem en semipermeabel membran kan den velkendte Kedem-Katchalsky-ligning anvendes

$$J_V = L_P \left([\Delta\pi] - \Delta P \right)$$

hvor J_V er volumenfluxen gennem membranen, $[\Delta\pi]$ er det aktuelle osmotiske tryk, og ΔP er det påførte modtryk. Differensen $[\Delta\pi] - \Delta P$ er den termodynamiske drivkraft bag transportprocessen. Udtrykket er en nærligevægtsbeskrivelse og er konsistent med ligevægtstermodynamikken i grænsen, hvor drivkraften går mod nul [1]. Hvis modtrykket næsten balancerer det aktuelle osmotiske tryk, vil den osmotiske fortynding derfor forløbe næsten reversibelt. Under disse betingelser kan det udførte arbejde under en kontrolleret osmotisk fortynding kobles direkte til opløsningens blandingsenergi

$$\Delta G_{\text{mix}} = \Delta G_{\text{mix}}^{\text{ref}} + \int \Delta P(V) dV$$

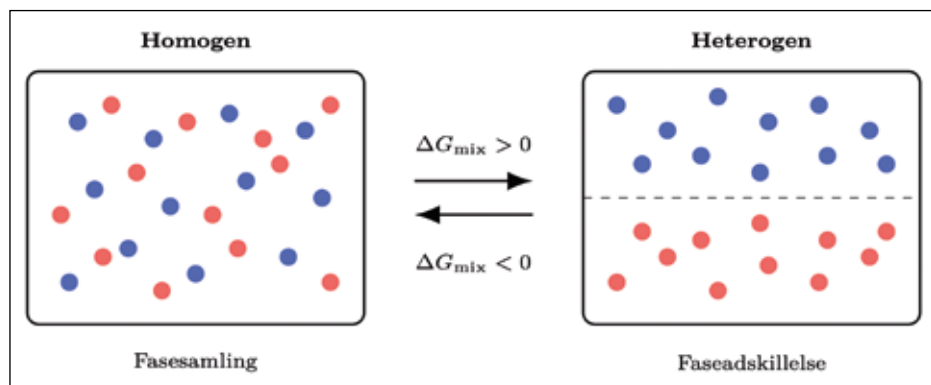
hvor $\Delta G_{\text{mix}}^{\text{ref}}$ repræsenterer den osmotisk fortyndede slutttilstand, mens integralet beskriver det reversible arbejde udført under fortyndingen [2].

I mange tilfælde bliver slutttilstanden så fortyndet, at den med god tilnærmelse kan behandles som ideal, hvilket gør bestemmelsen af $\Delta G_{\text{mix}}^{\text{ref}}$ særlig enkel.

Dette leder naturligt til spørgsmålet om, hvordan blandingsenergien kan bestemmes eksperimentelt.

Hvordan kan blandingsenergien måles?

For ikke-ideale opløsninger er det aktuelle osmotiske tryk sjældent kendt ►



Figur 1. Skematisk illustration af sammenhængen mellem blandingsenergi, homogen blanding og faseadskillelse. Figuren er kvalitativ og viser, at ændringer i Gibbs' frie blandingsenergi kan afgøre, om et system forbliver homogent eller faseadskilles.

på analytisk form. I stedet gennemføres den kontrollerede fortynding som en serie af små næsten reversible trin, hvor de tilhørende værdier af tryk og volumen registreres.

På baggrund af disse målinger kan arbejdsintegralet estimeres numerisk som

$$\Delta G_{\text{mix}} \approx \Delta G_{\text{mix}}^{\text{ref}} + \sum \Delta P_k \Delta V_k$$

hvor ΔP_k repræsenterer det målte modtryk ved den tilsvarende volumenændring ΔV_k . Dermed bliver det muligt at bestemme Gibbs' frie blandingsenergi eksperimentelt direkte ud fra målte data, selv for stærkt ikke-ideale opløsninger, hvor klassiske matematiske modeller ofte bliver utilstrækkelige [2].

I stedet for først at beskrive det osmotiske tryk ved en analytisk model bestemmes arbejdsbidraget her direkte ud fra sammenhørende målinger af tryk og volumen langs en nær-reversibel fortyndingsvej.

Fra osmotisk motor til osmometer

Eksisterende metoder til bestemmelse af osmotiske egenskaber har både styrker og begrænsninger. Statisk membran-

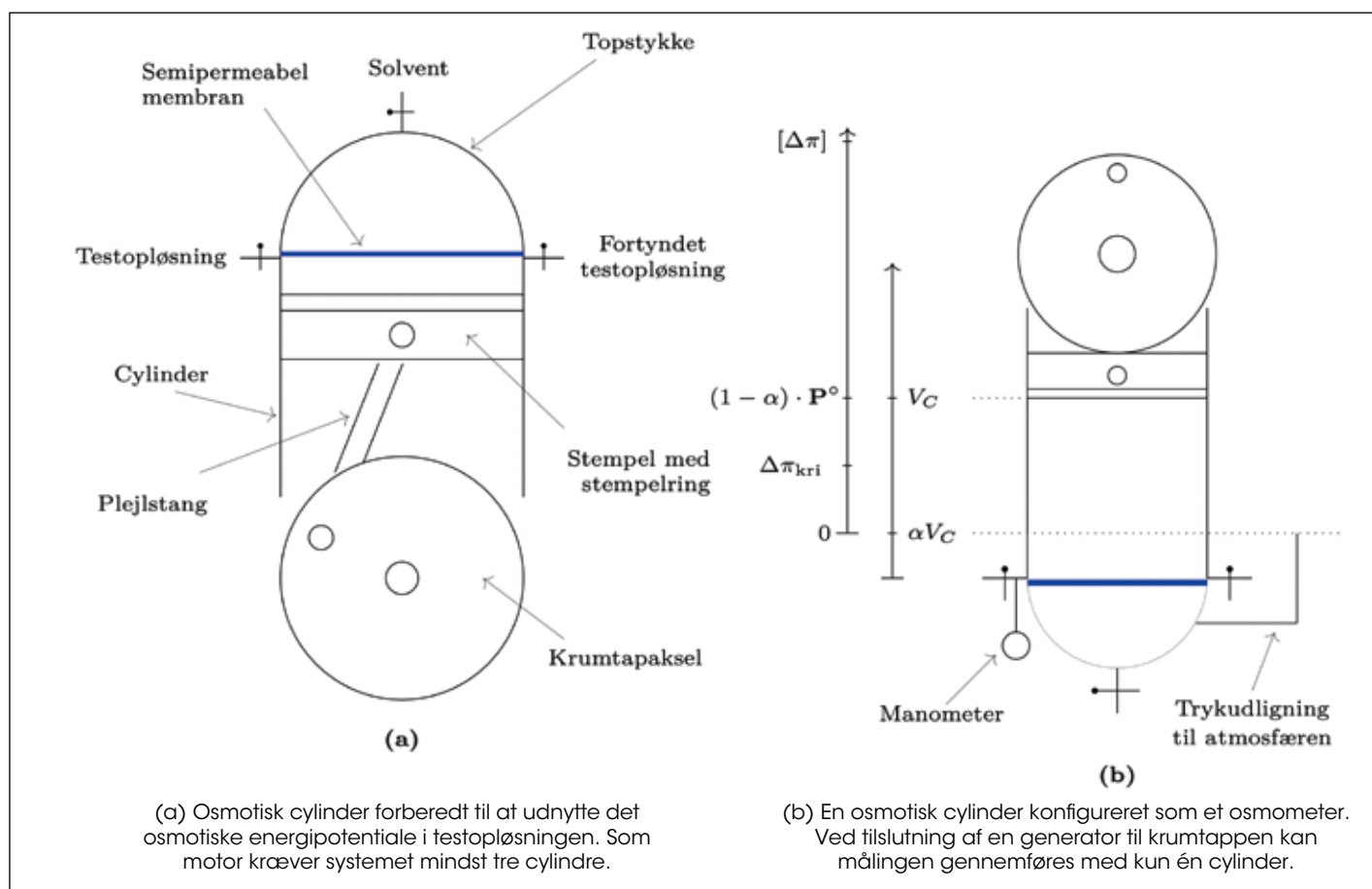
osmometri gør det muligt at bestemme både testopløsningens osmotiske tryk og den tilhørende volumenudvidelse ved ligevægt, ΔV^{eq} . For stærkt ikke-ideale opløsninger kan de nødvendige ligevægtstryk imidlertid blive meget store. I nogle tilfælde svarer de til væskesøjler på flere hundrede meter. Dette gør metoden upraktisk i et almindeligt laboratorium [3]. Selv hvis disse praktiske begrænsninger kunne overvindes, opstår et mere grundlæggende problem: Under fri osmotisk fortynding er strømmen af solvent ind i testopløsningen ukontrolleret. Det osmotiske tryk vil derfor generelt overstige det ydre modtryk, og den termodynamiske drivkraft kan ikke antages at være nul. Det udførte mekaniske arbejde kan dermed ikke uden videre fortolkes som reversibelt arbejde, og arbejdsintegralets termodynamiske betydning bliver derfor uklar.

Dynamisk membranosmometri muliggør en hurtig bestemmelse af det osmotiske tryk ved hjælp af et veldefineret ydre modtryk. Metoden giver dog ikke direkte information om den volumenudvidelse, som en fri osmotisk fortynding ville medføre [4]. Den samme begrænsning gælder tillige for frysepunkts- og damposmometri.

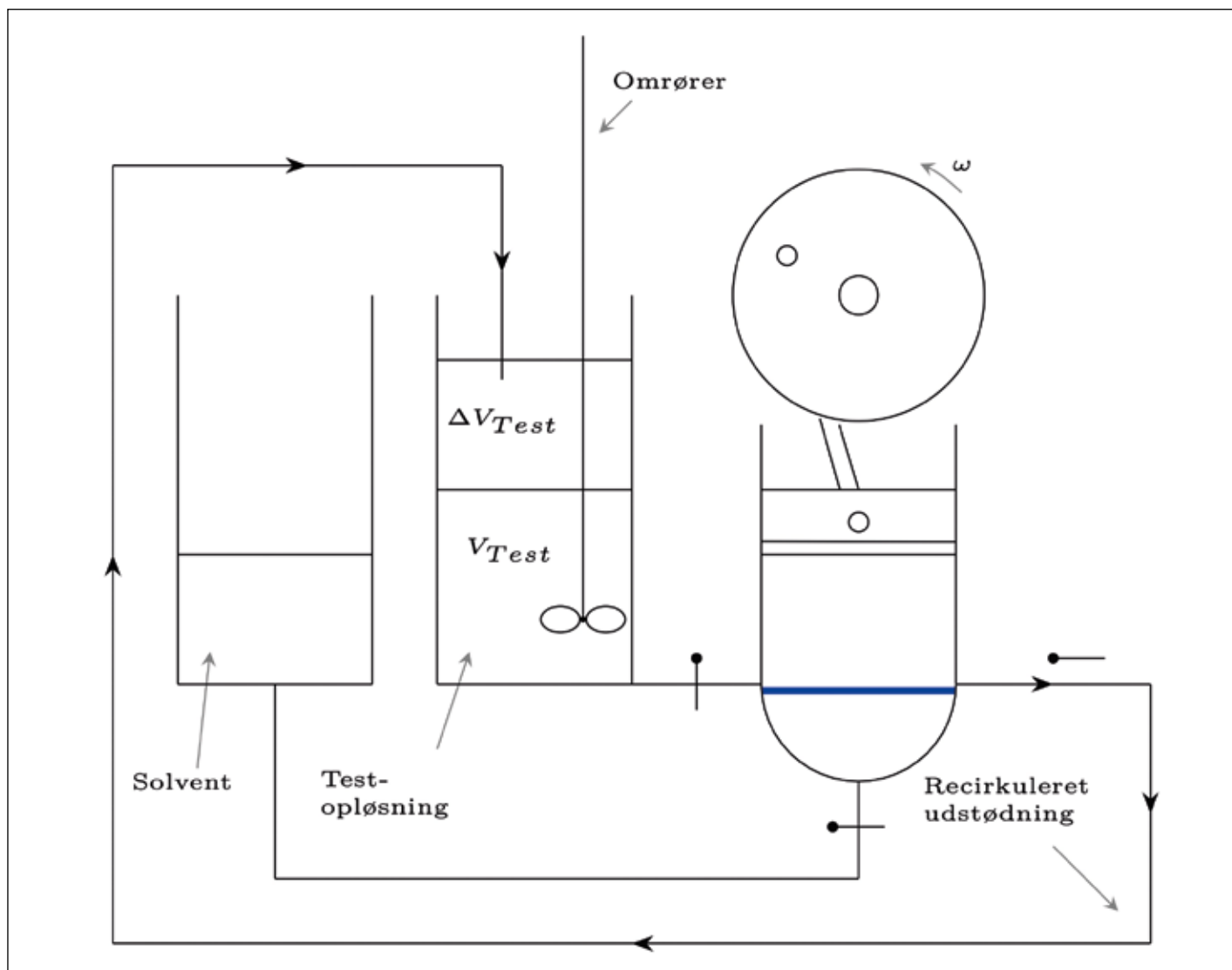
Det grundlæggende element er den osmotiske cylinder, som kan anvendes på to måder. Hvis formålet er at udnytte testopløsningens osmotiske potentiale som mekanisk energikilde, må flere cylindre kobles til en fælles krumtap-aksel, som skitseret i Figur 2a. I denne motoriske anvendelse kræves mindst tre cylindre for at opnå et gentaget fyldnings-, arbejds- og udstødningsforløb.

Hvis formålet derimod er at bestemme testopløsningens Gibbs' frie blandingsenergi, er én osmotisk cylinder i princippet tilstrækkelig. Cylinderen kan da konfigureres som et osmometer, hvor en generator tilsluttet krumtappen både kan styre indsugningsslaget, bremse det osmotiske arbejds slag og gennemføre udstødningslaget, som skitseret i Figur 2b. I denne måletekniske anvendelse er det ikke den kontinuerlige motordrift, men den kontrollerede sammenhæng mellem modtryk og volumenændring, der er afgørende.

Den osmotiske motor kan derfor opfattes som det overordnede termodynamiske koncept, mens det éncylindrede osmometer er den praktiske målekonfiguration. Begge bygger på samme princip: kontrolleret osmose tæt på $J_V \rightarrow 0$.



Figur 2. (a) I dette design er det en fordel, at membranarealet er større end cylinderens tværsnitsareal. (b) Ved at anvende en trykudligningsstuds kan betingelsen $(\Delta P_k)_{J_V \rightarrow 0}$ måles.



Figur 3. Trykkudligningsstudsen og manometeret, som vist i Figur 2b, er ikke vist her af hensyn til overskueligheden. Krumtappens vinkelhastighed, ω , reduceres ved den kontinuerlige fortynding, og $\omega \rightarrow 0$ for $V_{\text{Test}} \rightarrow \Delta V^{\text{eq}}$.

Den idealiserede osmotiske cylinder består af en semipermeabel membran, et stempel og en krumtappaksel. I osmometerkonfigurationen kan en generator tilsluttet krumtappen anvendes til at styre drejningsmomentet og dermed holde systemet tæt på tilstanden $J_V \rightarrow 0$. Herved kan det reversible osmotiske arbejde estimeres, som illustreret i Figur 2b.

Allerede fortyndet materiale kan under drift recirkuleres tilbage til testopløsningen. Herved reduceres det aktuelle osmotiske tryk gradvist. I den motoriske anvendelse vil rotationshastigheden derfor falde løbende, indtil trykket bliver for lavt til at løfte stemplet, hvorefter motoren standser. Dette er illustreret i Figur 3.

Systemet kan i princippet udvides med elektrisk styring via en generator. Hvis fortyndingen kombineres med den omvendte opkoncentrering, opstår en formel analogi til cyklisk voltammetri kendt fra elektrokemien. I sådanne

systemer kan ændringer i hysteresekurvens form potentielt afspejle strukturelle fænomener, eksempelvis biomolekylers konformationsændringer.

Polymerer og andre komplekse opløsninger

Den indledende Figur 1 illustrerer et klassisk problem inden for polymerfysik: Hvornår forbliver et system homogent, og hvornår faseadskilles det?

Den største styrke ved metoden er dens anvendelse på ikke-ideale opløsninger, hvor det osmotiske tryk ofte bestemmes af komplekse intermolekylære vekselvirkninger. Dette gælder blandt andet polymeropløsninger, proteiner i vandige miljøer, koncentrerede elektrolytter og biologiske væsker. I sådanne systemer anvendes ofte Flory-Hugginsparameteren, χ , til at beskrive interaktionen mellem polymer og solvent [5,6]. Når Gibbs' frie overskudsenergi

kan bestemmes eksperimentelt gennem kontrolleret osmose, kan χ estimeres med en mere direkte kobling til målte termodynamiske data.

En tilsvarende problemstilling optræder i industrielle separationsprocesser, hvor aktivitetskoefficienter og faseadfærd ofte estimeres ved hjælp af gruppebidragsmodeller som UNIFAC [7]. Sådanne modeller er særdeles nyttige i procesberegninger, men deres forudsigelser afhænger af de underliggende gruppeinteraktionsparametre og af de eksperimentelle data, som modellerne er baseret på. En kontrolleret osmotisk måling kan derfor i princippet give et uafhængigt eksperimentelt sammenligningsgrundlag for konkrete modelbaserede forudsigelser.

Hvis et co-solvent ændrer den kemiske aktivitet af et opløst stof, kan det påvirke, hvor let stoffet kan frasepareres ved for eksempel destillation, ekstraktion eller andre enheds-

operationer. Metoden kan dermed bruges til at undersøge, om et bestemt co-solvent hæver aktiviteten af det solutmolekyle, man ønsker at fjerne. Hvis dette er tilfældet, kan separationsprocessen muligvis gennemføres med lavere energiforbrug eller lavere driftsomkostninger.

Samlet set kan metoden skabe en mere direkte forbindelse mellem eksperimentelle målinger, termodynamiske modeller og procesoptimering. Dette kan være relevant inden for membran-teknologi, hydrogeler, batterimaterialer, biopolymerer, farmaceutiske formuleringer og industrielle separationsprocesser. Tilsvarende kan metoden bidrage til undersøgelser af makromolekylers konformationsændringer som funktion af solventets tilstedeværelse.

Bemærkning

Figur 2 og 3 bygger på figurer fra vores tidligere PCCP-artikel [2]. Figurerne er omtegnet og tilpasset til denne artikel. Den oprindelige artikel er udgivet som Open Access under Creative Commons-lisensen CC BY-NC 3.0. Det betyder, at materialet må genbruges med tydelig kildeangivelse, så længe genbrugen sker i ikke-kommerciel sammenhæng.

Ordet fasesamling i Figur 1 anvendes her didaktisk som modsætning til ordet *faseadskillelse* og ikke som en etableret fysisk-kemisk fagterm.

E-mail:
Dennis Wowern Nielsen:
dwnielsen@gmail.com

Litteratur

1. Katchalsky, A. and Kedem, O. *Thermodynamics of Flow Processes in Biological Systems*. Biophysical Journal, 2, 53-78 (1962).
2. Nielsen, D.W. and Helix-Nielsen, C. *Measuring the Gibbs' free energy of mixing using the concept of an osmotic engine*. Phys. Chem. Chem. Phys., 28, 11465-11477 (2026).
3. Pfeffer, W. *Osmotische Untersuchungen: Studien zur Zellmechanik*. Wilhelm Engelmann, Leipzig (1877).
4. Berkeley, Earl of, and Hartley, E.G.J. *A method of measuring directly high osmotic pressures*. Proceedings of the Royal Society of London, 73, 436-443 (1904).
5. Flory, Paul J. *Thermodynamics of high polymer solutions*. The Journal of Chemical Physics, 10, 51-61 (1942).
6. Huggins, Maurice L. *Some Properties of Solutions of Long-Chain Compounds*. The Journal of Chemical Physics, 9, 440 (1941).
7. Fredenslund, A., Jones, R.L. and Prausnitz, J.M. *Group-contribution estimation of activity coefficients in nonideal liquid mixtures*. AIChE Journal, 21(6), 1086-1099 (1975).



Nordisk Kemi bliver officiel dansk distributør for Arom-dekor Kemi

Nordisk Kemi ApS er blevet officiel dansk distributør af produkter fra Arom-dekor Kemi. Samarbejdet skal gøre det lettere for danske virksomheder at få adgang til blandt andet kølervæske, AdBlue og andre kemiske produkter gennem lokal distribution, support og rådgivning i Danmark.

Aftalen giver både små og store virksomheder mulighed for at handle direkte

med en officiel dansk distributør med lokal tilstedeværelse, hurtigere leveringstider og enklere bestillingsprocesser. Samtidig får kunderne adgang til produkter fra en større nordisk producent uden behov for internationale indkøbsløsnin-ger eller store ordremængder.

“Vi oplever en stigende efterspørgsel efter dokumenterede produkter, stabile leverancer og lokal support. Samarbej-

det giver danske kunder direkte adgang til en større producent, samtidig med at handel og rådgivning bliver samlet lokalt i Danmark”, lyder det fra Nordisk Kemi ApS.

Hos Arom-dekor Kemi ser man samarbejdet som et vigtigt skridt i den fortsatte udvikling på det danske marked og forventer at styrke tilstedeværelsen yderligere i de kommende år.



Figur 1. Kridtgraven ved Aalborg Portland. Det dybe, azurblå vand i graven står i skarp kontrast til den hvide kridtbred, og langs kanten løber transportanlægget, der fører råstoffet mod fabrikken, hvis tårne anes i horisonten.

Hvad bruger vi kalken til?

Fra Aalborg Portlands hvide kridtgrave til de maledede hvælv i Aarhus Domkirke: kalk er ikke kun geologi, men et materiale, der har båret dansk byggeri, industri, landbrug og kunsthistorie.

Tekst: Isaac Appelquist Løge, Department of Chemical Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU) og DTU Kemiteknik
Fotos: David Bering/Montgomery

Kridt graves ud af et hvidt, måneagtigt landskab, føres ind på lange bånd, blandes med sand og vand og opvarmes, til mineralerne smeltes om (figur 1). Bag gravesøen rejser kridtvæggene sig mange meter op og afslører, hvor meget kalk der ligger i undergrunden (figur 2, side 37). Ovne og møller, der aldrig

stopper, brummer i det fjerne. Aalborg Portland bruger kridt til at lave cement. Her er kalken ikke længere en klint eller en kølig minegang.

I den første artikel [1] fulgte vi kalken som geologisk materiale: fra urgammelt havbundsslam til kridt, klinter og kalkgruber. Men kalkens Danmarkshistorie stopper ikke i undergrunden. Når kalken først bliver brudt, brændt, læsket, slemmet eller malet på, skifter den rolle. Den bliver cement, mørtel, jordforbedring, pigmentbærer og rensemiddel. I denne artikel følger vi kalken ud af graven og ind i samfundet, gennem to besøg, der ligger så langt fra hinanden, som man

kan komme: en cementfabrik ved Limfjorden og et kirkerum i Aarhus.

Et råstof med mange roller

Kalk er et af de vigtigste råstoffer i den danske undergrund, med en årlig produktion på omkring 3 millioner tons, groft fordelt med en tredjedel til landbruget, en tredjedel til cement og en tredjedel til andre formål [2]. Tilsammen indgår kalk og kridt i mere end 7000 forskellige produkter [3].

Kalk er med andre ord ikke ét produkt, men en hel råvarefamilie, hvor renhed, partikelstørrelse og reaktionstid afgør, om materialet hører hjemme på en

■ Kalkens mange navne

Kært barn har mange navne, og kalk er ingen undtagelse. Ordet skifter betydning fra fag til fag. For geologen er kalk en bjergart, for landmanden et middel mod sur jord, for mureren mørtel eller kalkvand, for cementfabrikken et råstof og for konservatoren både puds, bindemiddel og sårbar kulturarv. Derfor er det værd at samle navnene. Vi har gjort et forsøg her.

Navn	Hvad er det?	Typisk brug i Danmark
Kalk	Fællesbetegnelse for calciumcarbonat, CaCO_3 , og for flere kalkbaserede materialer.	Råstof til cement, landbrugskalk, mørtel, industrikalk og kalkmalerier.
Kridt/skrivekridt	Blød, finkornet kalkbjergart af mikroskopiske kalkskaller.	Cementråstof ved Aalborg, jordbrugskalk, foderkridt og industrifyld.
Kalksten	Fast bjergart domineret af calciumcarbonat.	Bygningssten, råstof til brændt kalk og cement, reservoirbjergart i undergrunden.
Bryozokalk/koralkalk	Danske kalktyper opbygget af fossile dyrerester, blandt andet fra Stevns og Faxe.	Jordbrugskalk, brændt kalk, industrikalk og specialprodukter.
Brændt kalk	Calciumoxid, CaO , dannet ved brænding af CaCO_3 .	Mørtelproduktion, jordstabilisering, industri og kemiske processer.
Læsket kalk/hydratkalk	Calciumhydroxid, Ca(OH)_2 , dannet når brændt kalk reagerer med vand.	Kalkmørtel, hvidtekalk, kalkmælk, kalkmaleri og røggasrensning.
Kulekalk	Vådlæsket kalk lagret i kule, ofte meget fin og smidig.	Traditionel kalkning, restaurering og bygningsbevaring.
Hvidtekalk	Læsket kalk opslemmet i vand til kalkning.	Hvidtning af murværk, kirker, gårde og som underlag/bindemiddel i kalkmaleri.
Kalkmørtel	Blanding af kalk, sand og vand, der hælder ved karbonatisering.	Opmuring, fugning, puds og restaurering af ældre bygninger.
Hydraulisk kalk	Kalk med reaktive ler-/silicatbestanddele, der kan hærde med vand.	Mørtel og puds, især hvor der ønskes stærkere eller hurtigere hærdning.
Jordbrugskalk	Knust kalk eller kridt med neutraliserende virkning.	Regulering af jordens pH og forbedring af jordstruktur.
Dolomitkalk/magnesiumkalk	Calcium- og magnesiumcarbonat.	Jordforbedring, når både calcium og magnesium er relevante.
Mergel	Naturlig blanding af kalk og ler.	Historisk jordforbedring, især før moderne kalkprodukter overtog.
Kalkfiller/industrikalk	Finmalet kalk eller kridt med kontrolleret partikelstørrelse.	Beton, asfalt, plast, gummi, maling, papir og tekniske processer.
Foderkridt	Rent kridt/calciumcarbonat til dyrefoder.	Calciumtilskud i landbrugets dyrehold.

mark, i en skorsten, i en betonblanding, i dyrefoder eller på en kirkevæg. I miljøteknik bruges kalk til at neutralisere syrer og rense røggas og spildevand; ved affaldsforbrænding fanger den de sure stoffer i røgen [3,4]. I plast, maling, gummi og papir fungerer fint kridt som fyldstof, der giver volumen, hvidhed eller bestemte egenskaber, og i dyrefoder er kridt en billig calciumkilde [3].

Fra kridt til cement

Aalborg Portland producerer godt 2,3 millioner tons cement om året, hvoraf en stor del eksporteres [5]. De store gravemaskiner kan tage op til 2200 tons kridt i timen, og roterovn 87 brænder ved omkring 1500°C, når den danner cementklinker [5].

Selve forvandlingen fra kridt til cement er kort fortalt en øvelse i at gøre et naturmateriale ensartet nok til at opføre sig forudsigeligt ved ekstrem varme. Kridtet, som ved Aalborg er omkring 70 millioner år gammelt og usædvanligt rent, slemmes op med vand til en pumpbar masse (figur 3) og blandes med formålet sand, så calcium fra kridtet møder silicium, aluminium og jern i de rette forhold [6]. Derefter går turen op i ovnanlægget. På få sekunder varmes materialet op til omkring 1000°C i cyklontårnet og brændes færdigt i roterovnen ved cirka 1500°C [6]. Ved de temperaturer sker det afgørende: Calciumcarbonat spaltes, kuldioxid frigives, og den tilbageblevne calciumoxid reagerer med de øvrige mineraler til helt nye faser. Resultatet, der køler af som små mørke klinker, er i virkeligheden et kunstigt mineral. Først når klinkerne males til pulver og senere møder vand på en byggeplads, vågner cementens evne til at hærde og låse sand, sten og armering fast i beton.

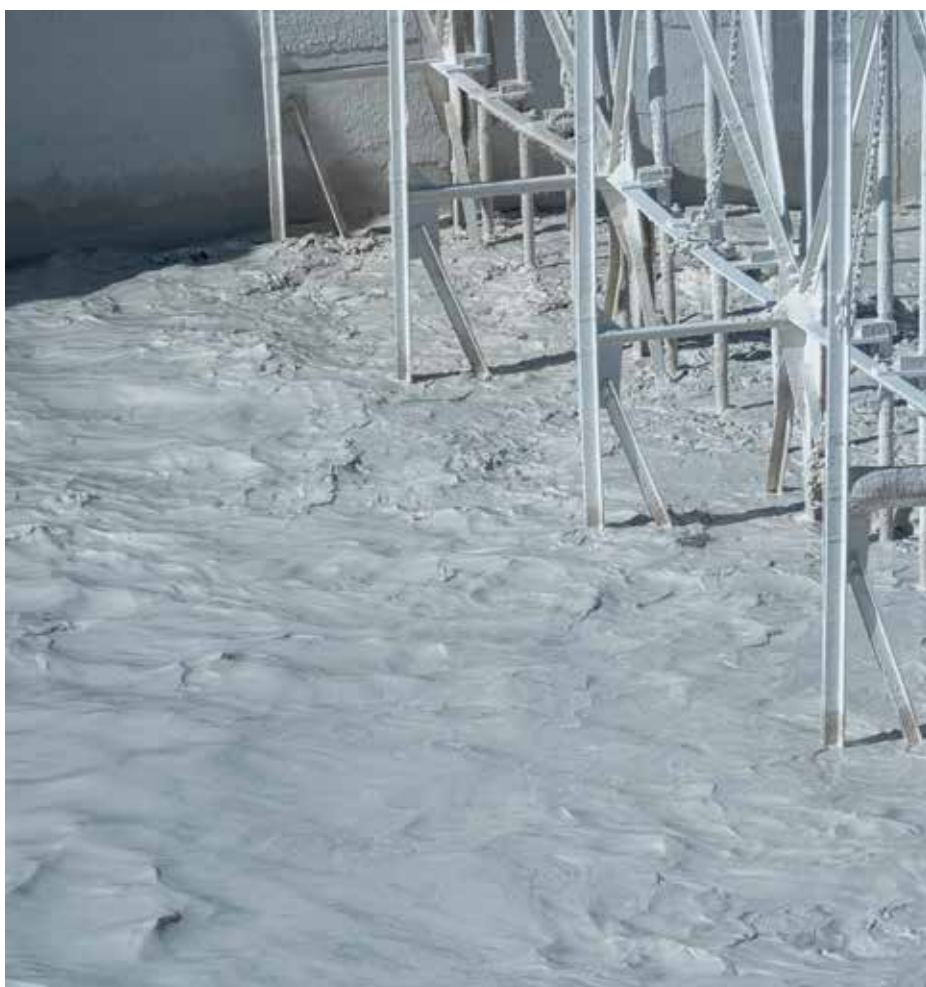
Aarhus Domkirke: når væggen bliver et billede

Skiftet fra Aalborg til Aarhus Domkirke er et skift i både tempo og tid. Hvor fabrikken larmer og støver, er kalken her stille. Den ligger som puds og hvidtekalk hen over murværket, og oven på den er der malet figurer, helgener, drager og domsscener. Man skal lade øjnene vænne sig til halvmørket, før billederne træder frem, men så er de der overalt: på vægge, buer og hvælv.

Ingen anden dansk domkirke har så mange kalkmalerier som Aarhus, og kirken rummer landets største samlede areal af dem [7]. Meget er gået tabt gennem århundrederne, men det bevarede giver stadig et tydeligt indtryk af, hvordan kirkerummet før reformationen



Figur 2. Kridtvæggen i graven. Den mange meter høje, lodrette væg og dyngerne af nedbrudt kridt for foden gør det håndgribeligt, hvor enorme mængder kalk der ligger i undergrunden omkring Limfjorden.



Figur 3. Opslemmet kalk i Aalborg Portlands produktionslandskab. Kridtet blandes med vand til en marmoreret, pumpbar masse, og selv stålkonstruktionerne er klædt hvide af støv og slam. Slemningen er det første skridt i at gøre naturmaterialet ensartet nok til at kunne brændes til cement.

var tænkt som ét stort billedrum. Det største enkelte kalkmaleri måler 220 kvadratmeter og forestiller Kristoforus og Clemens [7].

Kigger man nøje efter, opdager man, at væggen ikke fortæller én historie, men flere oven på hinanden. Malerierne er lagt i lag, kalkning på kalkning og billede på billede, efterhånden som tro, smag og tider skiftede. Murfladen bliver på den måde en slags lagserie (figur 4), ikke så forskellig fra den, vi læste i undergrunden i den første artikel. Der fortalte kalk- og askelagene om millioner af år; her fortæller kalk- og farvelagene om århundreders skiftende kirkeliv. På begge steder er kalken et arkiv, som man kan læse nedefra og op.

Teknisk set er et kalkmaleri kemi lige så meget som kunst. Maler man på vådt underlag, kaldes det fresco; maler man på tørt underlag, kaldes det secco, og her bruges læsket kalk eller hvidtekalk som bindemiddel [8]. Farverne skal være kalkægte, altså kunne tåle kalkens basiske miljø, ellers forsvinder de. Det er også derfor, malerierne er så sårbare. Nationalmuseet beskriver, hvordan snavs, mikroorganismer, revner, fugt og salte langsomt nedbryder dem, og hvordan man ved restaurering så vidt muligt bruger kalkbaserede materialer, der ligger tæt på de oprindelige [9].

Kalken på marken

De to besøg er kalkens yderpunkter, men det meste af kalken havner et helt tredje sted: på markerne. Når jord dyrkes, bliver den langsomt sur, og også her er kalk et vigtigt mineral. Den tilføres typisk som calciumcarbonat fra dansk skrivekridt, bryozokalk eller koralkalk [10]. Kemien er enkel og afgørende: i sur jord er der et overskud af hydrogenioner, og når kalken omsættes, reagerer den med dem, så surheden falder [10]. Samtidig hjælper calcium med at holde jordens struktur sammen, især i lerjord, så vand og rødder lettere kan trænge igennem.

Det er en gammel praksis. Allerede i 1700-tallet merglede danske bønder de-



Figur 4. Kalklag i Aarhus Domkirke. Det ses, hvordan lag af hvidtekalk og puds ligger oven på hinanden, og hvor det øverste lag er skallet af, træder de ældre lag frem.

res jord med en blanding af kalk og ler, og næsten hver gård fik sin egen mergelgrav [3]. Da heden blev opdyrket efter 1864, voksede merglingen kraftigt [3]. Det var ikke moderne procesindustri, men det var en enorm materialestrøm: kalkholdig jord flyttet fra grav til mark for at gøre magre, sure jorde dyrkbare.

Hvorfor kalk stadig forklarer Danmark

Set gennem de to besøg bliver kalk næsten et portræt af Danmark. I Aalborg viser den grave, ovne, eksport og millioner af tons cement. I Aarhus Domkirke viser den middelalderens billedverden, malet i puds og hvidtekalk og stadig siddende i murværket. På markerne viser den landbrugets kemi, og i renseanlæg og skorstene viser den et moderne samfunds behov for at neutralisere og kontrollere.

Fælles er, at kalken hele tiden er i gang. Den er ikke længere bare passiv i undergrunden; den opløses, brændes, læskes, hærdes, neutraliserer, binder, fylder og bærer farve. Netop derfor har den kunnet rejse fra geologi til økonomi

og fra råstof til kulturarv. Og når man har set både kridtgraven ved Aalborg og kalkmalerierne i Aarhus, står det klart, at Danmark ikke bare er bygget på kalk. Vi har også bygget med den, malet med den, dyrket med den og levet af den.

Taksigelser

Projektet "KALK: En fortælling om et misforstået mineral" er gjort muligt gennem støtte fra Carlsbergfondets Mindelegat. Billederne er taget af David Bering fra Montgomery. Projektpartnere er Mønsted Kalkgruber, Aarhus Domkirke og Aalborg Portland.

E-mail:

Isaac Appelquist Løge: isacl@kt.dtu.dk

Kilder og videre læsning

1. Isaac Appelquist Løge, "Hvor kommer kalken fra?", Dansk Kemi, 107, no. 3, 2026.
2. Lex.dk: "kalk", <https://lex.dk/kalk>.
3. Naturen i Danmark/Lex: "Kalk og kridt", https://naturenidanmark.lex.dk/Kalk_og_kridt.
4. Dankalk K/S: "Kalk fra dansk kalkværk med over 100 års erfaring", <https://dankalk.dk/>.
5. Aalborg Portland: "Dansk cementproduktion", <https://www.aalborgportland.dk/om-aalborg-portland/dansk-cementproduktion/>.
6. Aalborg Portland: "Cementproces – sådan producerer vi cement", <https://www.aalborgportland.dk/cementproces/>.
7. Aarhus Domkirke: "Kalkmalerier", <https://aarhusdomkirke.dk/kalkmalerier/>.
8. Lex.dk: "kalkmaleri – teknikker", https://lex.dk/kalkmaleri_-_teknikker.
9. Nationalmuseet: "Kalkmaleri", <https://natmus.dk/salg-og-ydelser/konservering-og-restaurering/kalkmaleri/>.
10. Lex.dk: "kalkning – til regulering af jordens surhedsgrad", https://lex.dk/kalkning_-_til_regulering_af_jordens_surhedsgrad.

■ Artikelserie om kalk

I løbet af 2026 bringer Dansk Kemi en artikelserie om mineralet kalk. Artiklerne er skrevet af postdoc Isaac Appelquist Løge fra Kemiteknik, DTU, på baggrund af en bevilling fra Carlsbergfondet. Artiklerne vil have følgende temaer:

- Artikel 1: Hvorfor har vi så meget kalk i Danmark:
Danmarks undergrund og fortid (bragt i Dansk Kemi nr. 3, 2026)
- Artikel 2: Hvordan har danskere tidligere brugt kalk som et mineral?
- Artikel 3: Hvad er kalks potentiale i klimakampen?
- Artikel 4: En forskers råd til at blive fri for kalk.

Professor Birte Svensson runder 80 år og er i fuld gang

Redaktøren tog på den videnskabelige konference CBM16 i Helsingør og mødte professor Birte Svensson til en snak om hendes lange karriere.

Af Katja Salomon Johansen,
katja@techmedia.dk

I 1967 gav Martin Ottesen et foredrag i Biologisk Selskab om kemisk modifikation af enzymer. Blandt tilhørerne var Birte Svensson, som læste biokemi på KU, og dermed gik starten til det, der skulle blive en lang karriere med enzymer for den unge studerende. Hun skrev nemlig til Ottesen, som var leder af Kemisk Afdeling i Carlsberg Laboratorium (i perioden 1959-1987), og spurgte, om hun kunne lave speciale hos ham. Det kunne hun, og det blev til mange fantastiske år på Carlsberg. Kun afbrudt af postdoc-ophold ved Pasteur Institutet i 1974 og derefter nogle få år

ved Biokemisk Institut C på København Universitet, var Birte en del af dette internationale forskningsmiljø frem til 2003.

På det tidspunkt søgte Birte et professorat på DTU. Birte omtaler skiftet som lidt af et par års kulturchok med undervisning og indhentning af eksterne bevillinger, men det gav også rig mulighed for at arbejde med nye områder, inklusiv mange internationale samarbejder. Dårlig økonomi på instituttet betød knap 10 år senere, at Birtes forskergruppe blev stærkt beskåret, og her ville andre 67-årige måske nok være blevet tiltrukket af muligheden for et otium. Birte tog derimod udfordringen op, indhentede større bevillinger og få



år senere – i god dialog med flere institutdirektører – blev det til en strategisk satsning på forskning inden for enzymer og proteinkemi. At det lykkedes, skyldes ikke mindst meget dygtige dedikerede kolleger og studerende og gode eksterne samarbejder.

Et ønske om at koble grund- og anvendt forskning tog Birte med sig fra Carlsberg. Denne strategi har som bekendt lagt grunden til flere globalt førende danske virksomheder. På DTU blev det ikke mindst til et tæt samarbejde med blandt andet Chr. Hansen, Novozymes (nu begge Novonesis), og Arla, blandt andet vedrørende alginater.

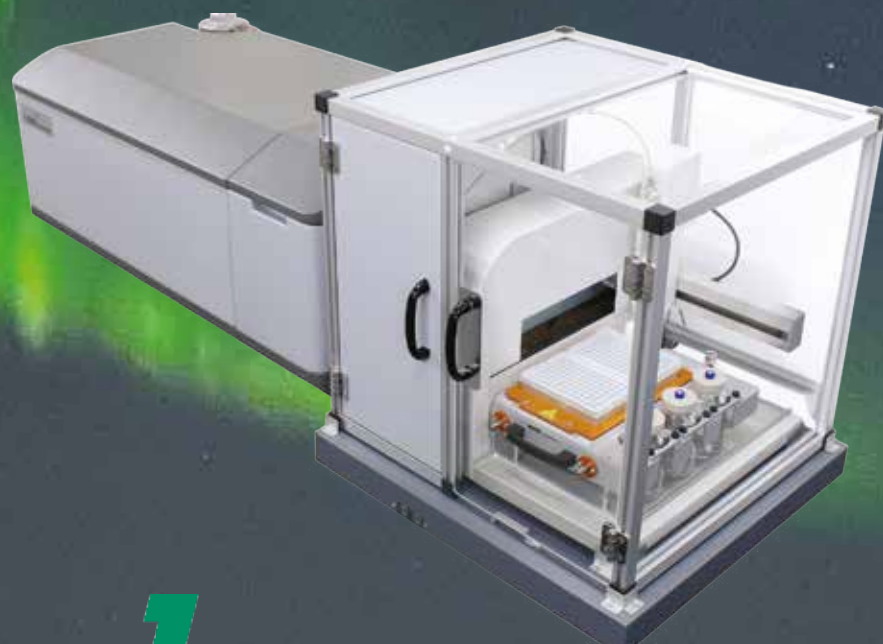
Birtes forskning har i høj grad drejet sig om stivelsesnedbrydende enzymer. I den forbindelse var hun med til at starte den internationale konference *Carbohydrate Bioengineering Meeting (CBM)*, som første gang blev afholdt i 1995 i Helsingør. Her i maj måned kom konferencen så tilbage til Helsingør. For Dansk Kemi var det en fornøjelse af at deltage, og vi må blot konkludere, at her gik Konventums skønne omgivelser op i en højere enhed med et højt fagligt niveau hos de engagerede deltagere. Herunder også de unge håbefulde elever fra Aurehøj Gymnasium, der var inviteret med til den ene dag.



Intelligent Chemistry Biolab A/S Automation Specialist

JASCO Circular Dichroism HTCD Plus High-Throughput Circular Dichroism

For scientists in pharmaceutical, process- and biotechnology, and food chemistry labs who need reproducible, automated measurements and reliable structural analysis software, the high-throughput circular dichroism (HTCD) system eliminates human error and bias in measurement acquisition and biomolecular characterization.



JASCO

The only limitation is your imagination



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