

Dansk Kemi

Nummer 2 - April 2021 / 102. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Ozon i højarktis,
klimaforandringer
og brom kemi

Peroxid-teststrips
måler upræcist



Tilbageblik
på Jørgen
Christian
Schythe

ÅRHUS

15. - 16. september



LabDays 2021

Fagmesse for laboratorieteknik - læs mere: labdays.dk

Miele

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

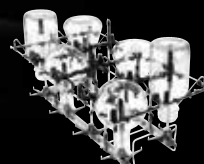
Slå til nu - tilbuddet er en mulighed

1. for dig, som er ny kunde,
2. til udskiftning af eksisterende Miele-laboratorieopvaskemaskine,
3. til opgradering til Miele SlimLine.



NYHED
nu med nye
EASYLOAD
dysser

– også compatible med din eksisterende Miele-laboratorieopvaskemaskine



Udskift din eksisterende laboratorieopvaskemaskine med en ny fra **Miele Professional** i en af følgende modeller: **PG 8583**, **PG 8593** eller **PLW 6111** - og få en rabat på **5.000 kr.**

Kampagnen gælder til den 31. juli 2021.

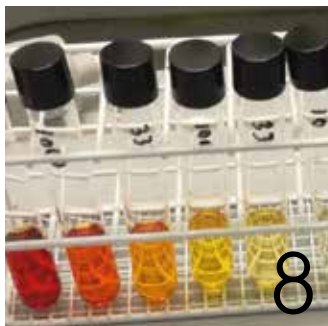
Der er mange fordele ved en Miele-laboratorieopvaskemaskine. Du får:

- Førsteklasses rengøringsresultater samtidig med optimal beskyttelse af laboratorieglassene.
- Stor kapacitet og specielle vaskeprogrammer, som skaber effektivitet i hverdagen.
- Reduceret brug af vand, energi og proceskemikalier. Det giver en billig drift, og du passer på miljøet.
- EasyLoad, der giver hurtig fyldning og effektiv udnyttelse af rengøringskapaciteten til både nye og eksisterende Miele-laboratorieopvaskemaskiner.

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

Miele Professional. Immer Besser.

INDHOLD



- 1 Forside**
Allerede i 1883 havde den danske konge øje for kulforekomster i Grønland. Jørgen Christian Schythe blev sendt afsted. Læs den første af en række artikler om den danske kemiker på side 12. Foto: Filip Gielda, www.unsplash.com.
- 6 NomenklaturNyt**
Fra kaptajn Vom til corona
- 7 Verdensmål nr. 13: Klimaindsats**
- 8 Peroxid-teststrips måler upræcist**
Titanoxysulfatmetoden leverer de mest præcise resultater til overvågning af peroxiddannelsen.
- 12 Jørgen Christian Schythe - en dansk kemiker (I)**
Vi tager et tilbageblik på Jørgen Christian Schythe. Han blev i 1883 sendt til Grønland af Kong Frederik VI for at undersøge mulig kommercialisering af kulforekomsterne. Artiklen er den første i en serie af fire om den danske kemiker.

- 16 Umami-potentiale af fermenterede drikkevarer**
Fermenterede drikkevarer som vin, champagne, øl og sake indeholder meget glutamat, og det er med til at forstærke smagen af skaldyr.
- 20 Affald er aldrig veldefineret - udvikling af kulilte årsag til dødsulykke**
Ni palletanke med svovlsyreaffald skulle til destruktion. Inspektionsintervallet var overskredet, så de skulle tømmes med slamsluger. Men nogle tanke gemte på andet end svovlsyre.
- 26 Ozon i højarktisk, klimaforandringer og brom kemi**
Danske og internationale forskerhold studerer atmosfærekemi ved Villum Research Station i Nordgrønland.
- 29 Køkkenkemisten**
G-proteinkoblede receptorer på tungen
- 31 Nyt fra IDA Kemi**

TechMedia

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

Redaktion:
Peter Christensen (ansvarshavende)
km@techmedia.dk
Professor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbk@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk
Maria Bech Poulsen
mabp@envs.au.dk

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

Ledelse:

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

Redaktionskomité:

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

Bladsekretær:

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

Annoncer:

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

Annonceproduktion:

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

Hjemmeside:

www.kemifokus.dk

Layout:

Trine Plass

Tryk:

PE Offset A/S

Oplag: 4.190

Online læsere: 1.279

Trykt på miljøvenligt papir
med vegetabiliske miljøfarver.

Abonnement:

Ændring/opsigelse sendes til:
abonnement@techmedia.dk

Bestil abonnement direkte på:
www.techmedia.dk

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

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

Læs bladet online:
www.dansk kemi.dk



Scan og hent Dansk Kemi
med information 2021 her!
Scan med kameraet
på din smartphone.



Håndsprit og den daglige risikovurdering

Ordet ”håndsprit” er sammen med ”coronavirus”, ”mundbind” og ”coronatest” blandt de 10 mest populære googlesøgninger i 2020.

Flittig brug af håndsprit har været et vigtigt værktøj til at begrænse udbredelsen af covid-19 smitte i Danmark. For industrien har det været medvirkende årsag til, at det i stor udstrækning har været muligt at holde produktionen i gang på trods af pandemien.

På en arbejdsplads, hvor vi arbejder med kemikalier hver dag og gør meget for ikke at blive eksponeret for dem, giver det nogle pudsige oplevelser: Man spritter omhyggeligt hænderne af, inden man går i gang med arbejdet, for ikke at sprede smitte blandt kollegerne. Dernæst tager man handsker på, så man reducerer risikoen for at

blive eksponeret for kemikalier - for eksempel ethanol - i sit arbejde.

Trods den tilsyneladende kontrast giver begge dele mening: God håndhygiejne mindsker eksponering for covid-19-smitte - korrekt brug af værnemidler mindsker eksponeringen for kemikalier, der påvirker menneskers sundhed. Gode eksempler på risikohåndtering baseret på risikovurdering af en konkret fare.

Arbejdstilsynets vejledning om arbejde med stoffer og materialer (AT-Vejledning C.1.3) har et afsnit om kemisk risikovurdering (kemisk APV). På kemi-arbejdspladserne arbejder vi dagligt med at identificere og karakterisere opgaver, hvor der er risiko for eksponering for kemikalier, og dernæst med at fjerne eller reducere denne risiko. Kan vi substituere farlige kemikalier med mindre farlige? Kan eksponering helt undgås eller kan eksponeringstiden nedsættes? Kan vi tilrettelægge arbejdsprocesserne anderledes, så risikoen for eksponering bliver mindre? Bruger vi hensigtsmæssige værnemidler?

Arbejdsgiveren skal sikre, at arbejde kan udføres forsvarligt. Den, der udfører arbejdet, skal sikre, at det bliver gjort forsvarligt. Den kemiske APV er et redskab til at identificere forhold, der skal forbedres. Den kemiske APV er også et redskab til at finde ud af, hvordan forholdene kan forbedres: Substitution, Tekniske foranstaltninger, Organisatoriske foranstaltninger, Personlige værnemidler. Her kan alle bidrage - måske især den som står med opgaven i hverdagen.

Når du spritter hænder, inden du går ind i supermarkedet, holder afstand ved kassen og bruger mundbind, følger du en forskrift for opgaven ”at gennemføre et indkøb”. Ligesom arbejdsopgaver, hvor man kan eksponeres for kemikalier, er indkøbsopgaven risikovurderet, men her i forhold til eksponering for covid-19-smitte: Vi kan desværre ikke vælge at substituere covid-19 virus, så butikken har brugt tekniske foranstaltninger (skærme), organisatoriske foranstaltninger (afstandskrav og krav til maksimalt antal kunder i butikken) og stiller krav om brug af værnemidler (mundbind).

I denne sammenhæng kan brug af håndsprit formentlig betragtes som en teknisk foranstaltning.

Inge Margrethe Jensen, Environmental Manager, FMC Site Rønland

Vi arbejder dagligt med at identificere og karakterisere ” opgaver, hvor der er risiko for eksponering for kemikalier



Indsæt prøven.
Luk låget.
Få resultaterne.



Let og hurtig kvalitetskontrol
med DS2500 Analysator

Mål nøgleparametre som:

- ✓ vandindhold,
- ✓ TAN/TBN,
- ✓ hydroxylnummer,
- ✓ API,
- ✓ densitet,
- ✓ viskositet m.m.



Metrohm Instant Raman Analyzers

- ✓ **Håndtering med én hånd:**
Lille, batteridrevet, Raman
letvægts-spektrometer
- ✓ **Hurtige og pålidelige resultater:**
Pålidelig identifikation af materialer
på få sekunder.
- ✓ **ORS (Orbital Raster Scan) teknologi**
til præcise, reproducérbare og pålidelige
resultater

Tag din sukkeranalyse til det næste niveau!

Med ionkromatografi (IC) kan du bestemme forskellige sukkerarter og sukkeralkoholer, som fx: **laktose, præbiotika (GOS og FOS)** eller **tilsætningsstoffer som iod eller sulfit**, på samme tid.



- ✓ **Effektiv:** Fuldt automatiseret prøvefiltrering, -dialyse eller -fortynding er integreret
- ✓ **Robust:** 3 års instrumentgaranti
- ✓ **Pålidelig:** Global service og applikationssupport

Kontakt os på tlf.
+45 70200561 eller
mail@metrohm.dk

 **Metrohm**

Fra kaptajn Vom til corona

– med et simpelt eksempel på annelerede ringe

Internetstedet ChEBI (*Chemical Entities of Biological Interest*) [1] kan varmt anbefales som opslags"værk" for oplysninger om biologisk relevante forbindelser og for den altid interessante klumme *Entity of the month*. I december 2020 havde ChEBI valgt at se nærmere på **colchicin**.

Dets systematiske navn

N-[(7*S*)-1,2,3,10-tetramethoxy-9-oxo-5,6,7,9-tetrahydrobenzo[*a*]heptalen-7-yl]acetamid

indikerer, at der er tale om et system af annelerede ringe (engelsk: *fused rings*). Sådanne systemer frembyder et særligt nomenklaturproblem, nemlig at man ikke i almindelighed kan slå dem op et eller andet sted og se, hvordan ringatomerne nummereres, så man kan tyde et sådant systematisk navn og finde ud af, hvor substituenterne sidder.

Nogle ringsystemer er stamforbindelser med egen nummerering, som anvendes, når de optræder alene, for eksempel heptalen, se figur 1. Når man annelerer (fusionerer) to eller flere sådanne ringsystemer, hvilket kan gøres på et utal af måder, får man brug for at fortælle hvordan og dernæst at nummerere ringatomerne i de nye større ring-



Figur 2. Knold og Tot har gang i kaptajnens podagra-plagede fod i 1988. Billede fra [6].

systemer. Reglerne er omfattende, men fører i tilfældet her, hvor en benzenring er svejset på heptalens *a*-kant, så man får benzo[*a*]heptalen, forholdsvis let til den viste nummerering. Herefter er det ligetil at sætte substituenterne på i henhold til det systematiske navn. Den færdige struktur er også vist i figur 1.

Nomenklaturudvalget har på sin hjemmeside [2] danske oversættelser af de to korte (kun fire sider) vejledninger, som IUPAC har udfærdiget for hhv. uorganisk-kemisk og organisk-kemisk nomenklatur [3]. I den organiske blev der ikke plads til andet end en henvisning til [4], hvor afsnittet *Constructing fusion names* fylder 80 sider. Da [4] fortsat kun er tilgængelig som trykt bog, kan

læsere evt. opsøge [5], da ændringerne i anbefalingerne derfra i [4] er minimale.

Det giftige colchicin (fra *Colchicum autumnale*, høst-tidløs) er et virksomt medikament mod podagra (urinsur gigt eller kaptajn Vom-gigt, jf. figur 2). Når ChEBI havde udvalgt forbindelsen i december sidste år, var det imidlertid, fordi nylige undersøgelser tyder på, at det kan bruges ved behandling af covid-19. Der er allerede en del referencer på dette, men det tilkommer ikke nærværende skribent at gøre nærmere rede for det. Man kan bekvemt starte med at læse hos ChEBI!

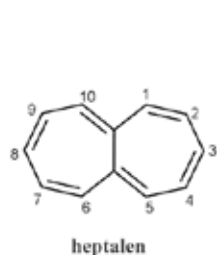
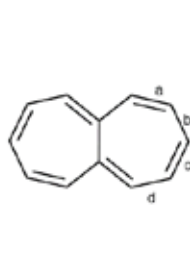
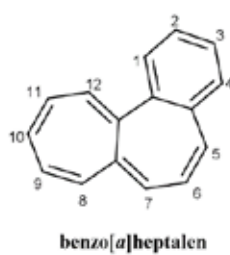
Ture Damhus:

editor@kemisknomenklatur.dk

Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg

Referencer

1. <https://www.ebi.ac.uk/chebi/>.
2. www.kemisknomenklatur.dk.
3. https://iupac.org/projects/project-details/?project_nr=2010-055-1-800.
4. H.A. Favre, W.H. Powell: *Nomenclature of Organic Chemistry: IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013*, "IUPAC Blue Book" [RSC Publishing, 2014; ISBN 978-0-85404-182-4].
5. *Nomenclature of Fused and Bridged-fused Ring Systems* (IUPAC Recommendations 1998), *Pure Appl. Chem.* 70 (1998) 143-261.
6. https://comicwiki.dk/wiki/Knold_og_Tot_1988.



Figur 1. Længst til venstre stamforbindelsen heptalen, der består af to annelerede ringe, med dens faste nummerering. Tilordning af bogstaver til kanterne i forbindelse med konstruktion af fusionsnavne følger heraf. Tredje tegning viser den forbindelse, hvori en benzenring yderligere er sat sammen med heptalen, og dens navn. Endelig ses længst til højre colchicin, hvor vi nu er klar til at forstå nummereringen i det samlede system.



Verdensmål nr. 13: Klimaindsats

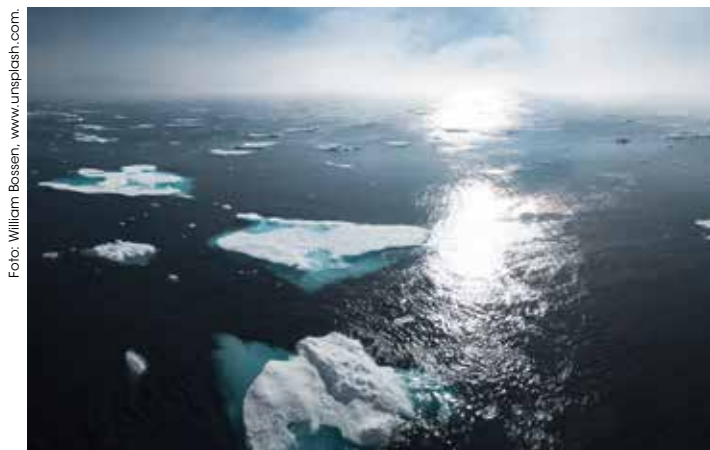


Foto: William Bossen, www.unsplash.com.

Klimaindsatsen er nok det af verdensmålene, der i medierne får den største opmærksomhed. Klodens temperatur stiger med en foruroligende hast, vandstanden i oceanerne stiger, den arktiske is forsvinder langt hurtigere end tidligere antaget - resultater af en stadigt hurtigere udledning af drivhusgasser, primært CO₂ og metan. Således er den globale CO₂-emission øget med mere end 50 procent i løbet af de seneste 30 år. Siden 1880 er klodens temperatur steget med cirka 1,2 grader. Dette skal sammenholdes med ønsket om at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader.

Udfordringerne står i kø, hvor det overordnede mål er at reducere udledningen af drivhusgasser i et forsøg på at bremse opvarmningen af kloden. Her rettes blikket mod de store syndere som energiproduktion, industri, transport og landbrug, der i 2014 tilsammen var ansvarlig for cirka 80 procent af emissionerne, overordnet set et resultat af den økonomiske vækst og befolkningstilvæksten. Samtidig er det nødvendigt at fokusere på andre tiltag, der kan afbøde og adaptere til klimaforandringerne.

Kemisk ekspertise og innovation spiller en helt afgørende

■ Relaterede verdensmål:

- Mål 1: Afskaf fattigdom
- Mål 2: Stop sult
- Mål 3: Sundhed og trivsel
- Mål 4: Kvalitetsuddannelse
- Mål 5: Ligestilling mellem kønnene
- Mål 7: Bæredygtig energi
- Mål 9: Industriel innovation og infrastruktur
- Mål 11: Bæredygtige byer og lokalsamfund
- Mål 12: Ansvarligt forbrug og produktion
- Mål 14: Livet i havet
- Mål 15: Livet på land
- Mål 17: Partnerskaber for handling

rolle på stort set alle områder af klimaindsatsen. Som eksempler kan nævnes udviklingen af nye teknologier inden for vind, sol, nye batterier og energilagring med henblik på bredt at reducere afhængigheden af fossilt brændsel. Et andet eksempel er det arbejde, der fokuserer på at ændre fodersammensætningen for herigennem at reducere den betragtelige metanemission, der stammer fra kvægdrift. Her mener et schweizisk firma, at de via et hvidløgsbaseret kosttilskud kan reducere metanudledningen med cirka 35 procent.

Verdensmål 13 er nok det af de 17 mål, der mest tydeligt griber ind i stort set alle de øvrige mål, hvilket betyder, at der ikke er et quick fix. Klimaindsatsen skal ses i et langt større perspektiv end blot bevidstløst at reducere emissionen af drivhusgasser. Den stadige diskussion af flyrejser tjener her som et godt eksempel (dette behandles i en afsluttende klumme). Mål 17, Partnerskab for handling, er her helt centralt.

Lars Carlsen, lc@awarenesscenter.dk

For detaljer om verdensmål 13, se: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg13>

OPLEV VORES VAKUUMLØSNINGER TIL LABORATORIER OG R&D

Med det største udvalg af vakuum teknologier, er Busch en unik partner til at levere pålidelige og økonomiske løsninger, der er specielt udviklet til din applikation. **Stol på en pålidelig vakuum partner. Stol på Busch.**

Busch Vakuumenteknik A/S
+45 87 88 07 77
info@busch.dk
www.buschvacuum.com



Peroxid-teststrips måler upræcist

En række organiske solventer kan danne eksplosive peroxider ved opbevaring. Peroxiddannelsen kan overvåges ved hjælp af teststrips- eller titanoxysulfatmetoden. Ved laborantuddannelsen i Slagelse blev metoderne afprøvet med henblik på at afgøre, hvilken metode der gav de mest retvisende resultater. Det gjorde titanoxysulfatmetoden.

Af Claus Hansen, Zealand, Sjællands Erhvervsakademi

En række kemikalier kan over tid danne eksplosive, organiske peroxider, hvis de er i berøring med O_2 . Især ethere og sekundære alkoholer er kendte peroxiddannere. Når flasker er anbrudt, så kemikallet er kommet i berøring med luftens ilt, vil der potentielt ske peroxiddannelse.

I første omgang vil der dannes hydroperoxider ($R-OOH$), og derefter kan der gennem en kædereaktion evt. dannes peroxider, hvor begge oxygen er bundet til carbon ($R-OO-R$) [1]. Reaktionen kan forløbe videre til peroxidpolymerer [1,2].

Da peroxiddannelse i kemikalier har ført til eksplosioner og invaliderende skader, sørger alle besindige laboratorier for periodisk at måle peroxidniveauet i flaskerne, man har stående. Beredskabsstyrelsen anbefaler sådanne målinger én eller to gange årligt, afhængigt af typen af peroxiddanner.

To metoder til bestemmelse af peroxidindhold

Der findes flere målemetoder til bestemmelse af peroxidindholdet i kemikalier. Formentlig er teststrips det absolut mest udbredte, da de er nemmest at anvende. Stripsene baserer sig på en enzymkatalyseret farveudvikling, som kan sammenlignes med en medfølgende referenceskala.

Proceduren for måling i flygtige ethere, at strippen dyppes kort i stoffet, som derefter får lov at dampe af i op til 30 sekunder. Derefter aktiveres farvereaktionen med en dråbe vand, hvorpå resultatet aflæses efter 15 sekunder. (Hvis de 15 sekunder overskrides væsentligt, vil farvereaktionen løbe videre og give for høje værdier. Kvalitativt set angives

al farveudvikling inden for tre minutter at kunne tolkes som positiv reaktion for tilstedeværelse af peroxid).

Stripsene er imidlertid dårlige til at detektere polymere peroxider, som vil give ingen eller i bedste tilfælde ufuldstændig reaktion, således at indholdet undervurderes [3,4,5].



Figur 1. Måling af benzylalkohol (flaske 2) med peroxid-teststrips. Indholdet aflæses på den medfølgende referenceskala. Strippen har antaget en grønlig tone, der ikke fuldstændig matcher skalaen. (Ved måling med titanoxysulfat-metoden blev peroxidindholdet i samme flaske bestemt til 5.000 ppm).

En anden metode er baseret på titanoxysulfat. Princippet er, at de organiske peroxider spaltes i sur væske, så der dannes hydrogenperoxid, som danner farvede komplekser med $Ti(+4)$.

Man kan købe brugsklart reagens med titan(+4)sulfat i svovlsyre, men man må selv fremstille en referenceskala ud fra en standardrække af fortyndinger af hy-

drogenperoxid. Bortset fra dét er testen simpel; lige volumener kemikalie og reagens blandes (whirlmixes), og efter to minutter aflæses farven. Farverne fremtræder stabile, så aflæsningen er ustresset. Enkelte stoffer har dog en tendens til at danne emulsion med reagenset, hvilket gør det sværere at erkende lave niveauer af peroxid.

Begge målemetoder er semikvantitative, idet der skønnes en værdi visuelt i forhold til en referenceskala. Springene på referenceskalaen er typisk en faktor 2,5/3,3/4 - så de skønnede værdier bliver ikke meget mere præcise end dette.

Beredskabsstyrelsen anbefaler på hjemmesiden www.peroxider.dk, at kemikalier kasseres, hvis peroxidindholdet overstiger, hvad der svarer til 1.000 mg H_2O_2 per liter (1.000 ppm). Som metode anbefaler hjemmesiden titanoxysulfatmetoden, hvis der ikke "foreligger viden om, at enzymbaserede teststrimler giver korrekt resultat". Samtidig har Beredskabsstyrelsen dog i interview anbefalet årlig kontrol med strips [6], og det er formodentlig den mest udbredte metode.

Baggrund for undersøgelsen

Ved laborantuddannelsen i Slagelse ved Zealand bemærkede vi påfaldende inkonsistente resultater ved måling med strips. Derfor har vi gennem forskellige forsøg prøvet at belyse pålideligheden af strip-metoden og sammenlignet med resultater fra titanoxysulfatmetoden.

De 2.-semesterstuderende udfører den periodiske kontrol af vore peroxiddannende kemikalier - derved lærer de om forsvarlig drift af kemikalielagre, og alle vore peroxiddannere testes to gange årligt. Kontrollen udføres med sticks fra Merck (MQuant 0,5-25 mg H_2O_2/L). Hvis et kemikalie ryger ud af

Stof	Flaske Nr.	03-2015	02-2017	10-2017 #1	10-2017 #2	03-2018 #1	03-2018 #2	03-2018 #3	10-2018	02-2019 #1	02-2019 #2	10-2019 #1	10-2019 #2	02-2020	09-2020	Titanoxysulfat 08-2020
acetaldehyd		70	5	5	10	100	10	100	0,5	10	2	70	-	0,5	5	8 [†]
benzylalkohol	1	-	2	0	50	175	100	-	0,5	10	20	5	1250	5	250	2000 [†]
	2	-	2	0	3,5	175	250	-	0,5	10	15	2	2500	5	100	5000 [†]
	3	-	5	0	1000	175	250	-	0,5	10	25	2	2500	5	250	2900 [†]
cumen		0	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	5 [†]
cyclohexanol		0	2	0	-	0	0	5	-	10	-	25	0	10	250	200 [†]
dibutylether		7	0	0,25	-	0	-	-	-	25	10	-	10	10	-	200 [†]
diethylether	1	-	-	-	-	0,25	0	-	-	0	0	Tømt				
	2	-	-	-	-	0,25	0	-	-	0	-	0	0,5	Tømt		
	3	-	0	-	-	0,25	0,5	-	-	0	-	0,5	0,5	0	-	0 ^{**}
2-hexanol		100	0	0	-	30	-	0	40	50	Tømt					
isoamylalkohol	1	5	0	0,25	0,25	0	0	-	5	2	2	5	-	2	-	5 [†]
	2	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	-	0	-	0 ^{**}
methyl- isobutylketon	1	-	0	0,5	-	-	0	-	2	-	0,5	-	2	2	2	6 [†]
	2	-	0	5	2	0	-	0,5	5	2	5	-	5	5	5	10 [†]
2-methyl- cyclohexanol		0,5	0	0	-	1,5	0,5	2	-	0,5	-	0,5	-	1,25	2	0 ^{**}
2-propanol	1	-	0,25	0,5	0	0,5	0,5	-	-	-	-	Tømt				
	2	Endnu ikke anvendt							0	0,5	-	-	0	0	-	0 [*]
	3	Do.							0,25	0,5	-	-	0	-	-	0 [*]
Tetrahydrofuran [‡]		Do.	0	10	-	2	2	100	50	5	10	10	25	100	20	70

* For titanoxysulfat-metoden er målinger ≤3,3 ppm angivet som 0. † Danner tofasesystem med titanoxo-reagenset. ‡ Indeholder inhibitor (259 ppm BHT)

Tabel 1. Resultater opnået over tid for et udvalg af laboratoriets peroxiddannere. Målingerne er udført med strips, undtaget målingerne fra august 2020. Måleværdierne er semi-quantitative, dvs. de er skønnet ud fra testens farve i forhold til en standard-farveskala.

skalaen, fortyndes det med diethylether (eller vand, hvis det er blandbart) og den ufortyndede peroxidkoncentration kan dermed bestemmes ved at gange testresultatet op med fortyndingsfaktoren.

Ved at opsamle måleresultater over tid for hver enkelt beholder, har vi fået data, der dels illustrerer udviklingen i peroxid-niveau, men i høj grad også fortæller om usikkerhed ved testmetoden (forstået som lav præcision).

Problematiske afvigelser med strips-metoden

Den semikvantitative metode indebærer, at man må forvente afvigelser på en faktor 2 og eventuelt en faktor 4 mellem gentagne målinger. Imidlertid ses der afvigelser på >faktor 100 og endog >faktor 1.000 imellem hinanden følgende målinger. Stigning i måleværdier kan selvfølgelig tilskrives en tilsvarende stigning i peroxidniveau i flasken, men oftest er værdierne hoppende snarere end stigende.

Benzylalkohol gav meget variable - og til dels meget høje - måleværdier sammenlignet med de øvrige kemika-

lier. Det er tidligere beskrevet, at dette stof danner peroxider hurtigt sammenlignet med andre peroxiddannere [7]. På grund af de undertiden høje måleværdier, blev der udført yderligere forsøg med stoffet. Vi indførte nogle prøver bestående af benzylalkohol fortyndet med diethylether, som de studerende skulle måle som kontroller sammen med de øvrige prøver. De studerende kendte ikke kontrollernes sammensætning. Resultaterne fremgår af tabel 2. Hvis testmetoden var retvisende, skulle man finde forholds-

mæssigt mindre peroxid i kontrollerne sammenlignet med den ufortyndede benzylalkohol. Det var imidlertid ikke, hvad der faktisk blev målt.

Det har været anbefalet, at ikke-flygtige kemikalier fortyndes ×4 med diethylether for at få retvisende måleværdier med strips [7]. Tabel 2 illustrerer, at dette ikke afhjælper problemerne med præcision. Det ses, at samme fortynding stadig måles med værdier, der afviger med op til en faktor 50 - eller op til en faktor 250, hvis man ser på tværs af fortyndingerne.

Måling (ppm)	#1	#2	#3	#4
Fortyndet ×21	1 (21)	10 (210)	50 (1050)	50 (1050)
Fortyndet ×10,5	60 (630)	100 (1050)	200 (2100)	250 (2625)
Ufortyndet	5	5	-	-

Tabel 2. Som intern kontrol af målingerne på benzylalkohol blev stoffet både målt rent og i forskellige fortyndinger med diethylether af forskellige grupper studerende (sammensætningen var ikke kendt af de studerende). Resultaterne udstiller inkonsistens i måleværdierne - fortyndingerne måles til mere peroxidholdige end det rene stof. Værdierne i parentes er det angivelige peroxidniveau i den rene benzylalkohol under hensyntagen til fortyndingsfaktoren - op til 525 gange højere, end hvad der målttes på det rene stof.



Figur 2. Standardrække med titanoxysulfat-reagens ud fra H_2O_2 (fra 3333 til 3,3 ppm - laveste standard kan dog næppe skelnes fra 0).

Under samme målinger blev den rene benzylalkohol målt til blot at indeholde 5 ppm peroxid - dermed er der en afvigelse på over faktor 500 mellem målingerne på det rene stof og målinger ud fra fortyndinger af stoffet.

Sammenlignende målinger

Der blev dernæst udført sammenlignende målinger med titanoxysulfat-metoden (målingerne blev udført af denne artikels forfatter). Målingerne for benzylalkohol gav et endnu højere niveau for peroxider end strips-metoden (tabel 1, sidste kolonne, se tabellen på side 9).

Stripsene virker som nævnt ikke ved polymere peroxider - og det kan forklare, hvorfor man finder højere peroxidniveauer med titanoxysulfat- end med strips-metoden. De meget variable målinger med stripsene forklares derimod ikke med dette ræsonnement.

Forfatteren målte selv benzylalkohol og tetrahydrofuran med strips lige inden målingerne med titanoxysulfat. For benzylalkohol-flaskerne oversteg de peroxidværdier, jeg anslået ud fra stripsenes farve ikke 25 ppm - men resultatet virkede noget upræcist, da farven stadig udviklede sig (man kunne anslå højere værdier ved at aflæse senere end de foreskrevne 15 sekunder - og man overvejer, om reaktionen kunne være så langsom for stoffet, at 15 sekunder var for kort tid). Desuden var testzonen ikke helt ensfarvet og i nogle tilfælde lidt mere grønlig end referenceskalaen, hvilket heller ikke giver følelsen af at arbejde helt præcist.

Titanoxysulfatmetoden

Dataene målt med strips udstiller problemer ved denne metode - men er titanoxysulfatmetoden så bedre? Ved gentagelse af målingerne er repeterbarheden¹ umiddelbart rimelig god, inden for den margin, at en prøve for eksempel første gang målt til 120 ppm og anden gang til 200 ppm - dvs. der kan være en usikkerhed i, hvor mellem standarderne 100 og 333 ppm prøven befinder sig; men det er konsekvent imellem, hvilke standarder den ligger.

Vi undersøgte, om spektrofotometriske målinger kunne erstatte visuelle; men det er øjensynligt ikke de samme komplekser, der dannes ved høje koncentrationer som ved lave, idet absorbansspektret ændrer facon. Dvs. der ikke kan laves en kalibreringskurve ud over for de laveste standarder (≤ 100 ppm).

For at vurdere nøjagtigheden, blev der fremstillet kontroller af H_2O_2 på 33 og 333 ppm - begge både med vand, ethanol og ethylacetat som fortyndingsmedium. Fortyndingen i ethylacetat skulle simulere peroxiddannere, der danner et to-fasesystem med reagenset. Den ethanoliske fortynding skulle omvendt simulere, om peroxiddannere er blandbare med titanoxysulfat-



Figur 3. Test af standarder på 33 hhv. 333 ppm H_2O_2 fortyndet i hhv. vand, ethanol og ethylacetat. Ved den lave af koncentrationerne er farveintensiteten lavere med ethanol som solvent, men ikke udpræget ved den høje. Ethylacetat giver et to-fasesystem, hvorved farveintensiteten af vandfasen bliver højere end den tilsvarende vandige standard.

reagenset - farvereaktionen kunne tænkes påvirket af, om mediet er vandigt eller kun halvt vandigt, figur 3.

De vandige kontroller passede med standardrækken. Den lave koncentration af de ethanoliske kontroller udviklede mindre farve end den tilsvarende vandige og ved den høje koncentration var der meget lidt forskel.

Kontrollerne i ethylacetat derimod, gav en noget større farveintensitet end de tilsvarende vandige, hvilket må tilskrives, at det farvede kompleks kun fordeles til vandfasen. Da det fordeles i et halvt så stort volumen, er det forventeligt, at det har dobbelt så høj koncentration. Derfor forventes måleresultater for stoffer, der ikke er blandbare med titanoxysulfatreagens at være en faktor to for høje.

Sammenfatning

Både teststrips- og titanoxysulfat-metoden skal betragtes som semikvantitative metoder og resultaterne fortolkes med dette forbehold. Målingerne med strips fører i flere tilfælde til meget variable målinger, hvoraf de laveste muligvis undervurderer peroxidindholdet.

Variabiliteten i vores data bliver givetvis større af, at målingerne er udført af mange forskellige operatører, som endnu ikke er færdiguddannede laboranter. Fordelingen af testopgaver mellem de studerende medfører, at én gruppe studerende typisk har testet for eksempel alle tre flasker benzylalkohol samtidig, hvilket kan forklare, at høje såvel som lave målinger typisk

kommer ”i sæt” - det kunne tyde på, at variation i udførelse af målingerne påvirker resultatet. Man kan påstå, at studerende er et ”worst-case-scenario” med hensyn til operatør. Omvendt kan testmetoden dårligt betegnes som robust (i øvrigt vil ingen operatør være rutineret i en analyse, der foretages én gang årligt).

Det må anbefales at registrere data over tid, da variable data giver et fingerpeg om, at et kemikalium har opbygget højere peroxidniveauer. Laboratoriet bør i forvejen have en liste over, hvilke stoffer der skal testes periodisk, så det vil være nemt at tilknytte en tabel, hvor data opsamles.

Da testmetoderne baserer sig på skønnede aflæsninger, er det vigtigt, at operatøren ikke på forhånd kender seneste målinger - da det kan have en tendens til at påvirke ens skøn. Hvis resultaterne opnået med strips-metoden er inkonsistente, er det nærliggende at tjekke resultaterne med titanoxysulfatmetoden.

Under alle omstændigheder skal man holde fokus på, hvilke peroxidniveauer

der er vigtige at skelne. Hvis peroxid-danneren påtænkes destilleret (eller afdampet), er det kritisk at kende til selv meget lave niveauer af peroxid.

I andre sammenhænge kan det være tilstrækkeligt at vide, om grænseniveauet nærmes. Beredskabsstyrelsens anbefalede kassationsgrænse er på 1.000 ppm. Dertil kommer 3.000-ppm-grænsen i ADR-reglerne, der skal overholdes, hvis stoffet skal transporteres lovligt på offentlig vej [8].

Benzylalkoholen i flaske to viste foruroligende peroxidniveauer i forhold til sidstnævnte grænse.

Opsummering

Data fra peroxidmålinger bør opsamles over tid. Hvis målingerne med strips udviser særlige variationer, bør man genmåle med titanoxysulfat-metoden.

De laborantstuderende på hold L56 til L63 takkes for deres medvirken i studiet.

E-mail:

Claus Hansen: clha@zealand.dk

Referencer

1. Beredskabsstyrelsen: www.peroxider.dk (siden besøgt 2020.10.14).
2. Lewis, RJ: *Sax's dangerous properties of industrial materials*, 9. udg., Van Nostrand Reinhold, New York, 1996.
3. Indigo Instruments: https://www.indigo-instruments.com/test_strips/disinfectants_sanitizers/hydrogen_peroxide/hydrogen-peroxide-test-strips-100ppm-33815.html#details (siden besøgt 2020.08.18).
4. Machenerey-Nagel: QUANTOFIX Peroxide 25 instruction. Düren, 2014.
5. Merck KGaA: MQuant™ Peroxide Test - Instructions for use. Darmstadt, 2018.
6. Lawætz, K: Kemikaliedestruktion: Hjælp - etiketten er faldet af! *Laboranten* **61** (7), 2017, 12-15.
7. Mirafzal, GA; Baumgarten, HE: Control of peroxidizable compounds: An addendum. *Journal of Chemical Education* **65** (9), 1988, A226-A229.
8. Færdselsstyrelsen: *Europæisk konvention om international transport af farligt gods ad vej (ADR)* (afsnit 2.2.3.2.1). 2019.



ATEX - Din arbejdssikkerhed

ATEX-certificeret køle- og fryseskabe til miljøer hvor eksplosive gasser kan forekomme



Gram Commercial, filial af Hoshizaki Europe BV, Holland | Aage Grams Vej 1 | DK-6500 Vojens | Tlf. 7320 1300
info@gram-bioline.com | www.gram-bioline.com





Schythe var begejstret for den storslåede nordgrønlandske natur med de stejle, ofte næsten lodrette, mørke mandelstensfjelde, hvis flade rygge var bedækkede med blændende hvide gletchere.

Jørgen Christian Schythe - en dansk kemiker (I)

I 1838 sendte Kong Frederik VI den danske kemiker Jørgen Christian Schythe til Nordvestgrønland for at undersøge potentialet for kommercialisering af kulforekomsterne. Schythe fik på den tur et helt særligt forhold til Grønland.

Af Curt Wentrup

Jørgen Schythe blev født i København 6. februar 1814 [3]. Hans far, *exam. jur.* ("dansk jurist") Eilert Schythe havde været handelsassistent og derefter købmand og interim bestyrer for kolonien Julianehåb i Sydvestgrønland. Hans mor, Anna Christine Been, havde været husjomfru for missionær Fleischer sst. Imidlertid døde faderen, allerede da Jørgen var tre

år gammel. Jørgen dimitterede privat, tog *examen artium (laudabilis)* i 1830, *examen philosophicum* i 1831 (*haud illaudabilis*), som gav ham titlen *cand. phil.* I 1829 fik han friplads på Polyteknisk Lærestanstalt oprettet af H.C. Ørsted, der var understøttet af Selskab for Naturlærens Udbredelse (SNU), for hvilket Kronprins og senere Kong Christian VIII (1839-48) var patron [4]. På lærestalten studerede han kemi og fysik under Ørsted, Zeise og Forchhammer, men han læste også noget astronomi og geologi-mineralogi og blev *cand. polyt. (Laudabilis)* som den 16. kandidat overhovedet i 1834.

Schythe og Prins Frederik (VII)

I vintrene 1835-38 blev han af Ørsted sendt ud for at holde forelæsninger i kemi og fysik til borgerne i Fredericia, Kalundborg og Næstved i SNU's regi. I Schythes kemiske foredrag i Fredericia i vinteren 1835-36 var Prins Frederik (senere Kong Frederik VII) en opmærksom tilhører sammen med sine officerer og mange af byens autoriteter og borgere. De var så vellykkede, at

Schythe blev bedt om at holde en anden række foredrag om varme og elektricitet, især for damerne. Ydermere arrangerede prinsen, at Schythe holdt en række private foredrag om astronomi for ham og hans nærmeste entourage i sommeren 1836. Schythe gav sine foredrag om elementernes kemi igen i vinteren 1836-37, hvor prinsen stadig var tilhører [4]. I parentes bemærket tog det 11 dage til søs at komme til Fredericia, og på rejsen til Kalundborg i vinteren 1837 blev hans tøj og instrumenter forsinket med seks uger, da skibet af storm blev forslået helt op til Hals. Ikke desto mindre var hans kemiforedrag i Kalundborg 1837-38 lige så succesfulde, med mange håndværkere og gårdmænd som tilhørere, hvilket netop var formålet. Efter hans foredrag i Næstved 1838-39 sendte byrådet et meget rosende brev, hvori de udtalte, at foredragene langt havde overtruffet deres forventninger.

Parallelt med sine forelæsninger for SNU holdt Schythe en række private foredrag over forskellige naturvidenskabelige emner i Næstved. Disse var endnu mere populære med over 200 tilhørere.

Undersøgelse af kulforekomster i Grønland

I sommeren 1838 besøgte Schythe Disko og Vaigattet i Nordvestgrønland for Rentekammeret ifølge reskript fra Kong Frederik VI med det formål at undersøge potentialet for kommercialisering af kulforekomsterne. Efter hjemkomsten skrev han en rapport til Rentekammeret [5,6], hvoraf det fremgår, at han ankom i Kolonien Egedesminde (Aasiaat) den 27. juni og derfra rejste videre til kolonien Godhavn på Disko-øen (Qeqertarsuaq; Disko er faktisk en samling af mindre øer, for det meste dækket af is og sne), hvor han gjorde de fornødne indkøb. De næste fire uger besejlede han Vaigattet (Sullorsuaq-Strædet) i en hvalfangerslup forsynet med en måneds proviant og en besætning af seks mand (inklusive to færringer og en tjener og kok, "blandingen" Carl Broberg) [7a], hvor han undersøgte kulforekomster langs hele Vaigattets kyst.

På grund af farerne ved at rejse i et lille, åbent fartøj blev han rådet til ikke at trænge længere nordpå i Vaigattet end omstændighederne tillod, for i tilfælde ►

ÅRHUS
15. - 16. september

LabDays 2021

Fagmesse for laboratorieteknik



Laboratorieteknik for alle

Netværk ■ Seminarer ■ Nyheder ■ Alt under ét tag

labdays.dk

af et uheld var der ikke nogen hjælp at forvente på denne årstid, da næsten alle grønlandere var draget sydpå til rensdyrjagt (der var også mange rensdyr på Disko, men grønlanderne havde en overtroisk aversion imod at jage dem). Ankommet til Nakkok den første dag (11. juli) fandt han kullene fremtræde i et 12" tykt lag. Lokale mænd havde efter sigende kunnet udvinde to tønder kul per dag per mand, hvilket bekræftede færingernes udsagn, at det ikke var tilrådeligt at fortsætte arbejdet længere på dette sted, hvor et nogenlunde stort

Jørgen Christian Schythes karriere

Jørgen Christian Schythe var en dansk kemiker med en noget særpræget karriere. Han foretog geologiske undersøgelser i Nordgrønland i 1838 og i Island 1840-41 ifølge kongelige ordrer under Fr. 6 og Chr. 8. Han udførte den dengang mest omfattende og nøjagtige beskrivelse af Hekla samtidig med Robert Bunsens, Sartorius von Waltershausens og Alfred Des Cloizeaux's videnskabelige expedition i Island i 1846 [1]. Han skrev et digert værk om Skanderborg Amt for Landhus-holdningsselskabet, blev redaktør for Carstensens *Ny Portefeuille* og medlem af Carstensens komité for oprettelsen af Tivoli. Men efter den politiske omvæltning i Danmark 1848-50 og guldalderens uigenkaldelige ende emigrerede han til Chile, hvor han ved hjælp af indflydelsesrige kontakter (videnskabsmændene Ignacio Domeyko og Rudolf Philippi) blev professor i fysik og naturhistorie ved *Liceo de Concepción* (som havde skiftende navne såsom *Colejio Provincial* og *Instituto Literario*) og kort efter guvernør for *Territorio de Magallanes*, hvor han også bidrog til zoologiske og etnografiske samlinger og udførte omfattende meteorologiske målinger, som blev brugt og citeret af andre forskere [2]. Det førte til hans udnævnelse til korresponderende medlem af Fakultetet for de Fysiske og Matematiske Videnskaber ved *Universidad de Chile*; derfor er også den meteorologiske station Jorge Schythe i Punta Arenas opkaldt efter ham. Efter 12 år som guvernør tog han sin afsked, og i 1870 blev han bestyrer (*agente*) for Banco Nacional de Chile i Chile nær Concepción.

quantum kul umuligt kunne bringes til veje. Efter aftale med Hr. konstitueret inspecteur Petersens befuldmægtigede Hr. Møldrup, som stod for tilsynet med kulbrydningen, sejlede han med færingerne fra Nakkok til Skandsen, hvor han fandt, at kulbrydning ville kunne foretages med langt større udbytte, om end lagene kun var på 8-16" tykkelse ("mægtighed"). Kullagene lå ofte på, og var omgivet af, gult, gulbrunt eller rødbrunt sand, somme tider hærdet til en fast sandsten. Den rødbrune farve skyldes jern, figur 1a. Selvom kullene nok kunne udvindes, ville egentlig bjergbygning med gange ikke kunne udføres hverken her (Skandsen) eller i Nakkok. Desuden kunne man højst arbejde i de tre sommermåneder juli-september. Imidlertid mente han, at man med de fornødne sikkerhedsforanstaltninger ville kunne bryde og udskibe kullene til Godhavn. Faktisk etablerede den danske stat en underjordisk mine i Qullissat i 1924, og indtil dens nedlæggelse i 1972 blev 600.000 tons kul udskibet [8].

Basalt, mandelsten, m.fl.

Schythe benyttede "den stadige Varme, der havde hersket i nogle Dage, 11-14°C i Skyggen" til med sit mandskab at sejle til Hareøen; en lille klipperig ø, som ligger udenfor munden af Vaigattet i det åbne hav. Ligesom Disko består den af høje, stejle basaltfjælde af vulkansk oprindelse og rige på mandelsten, figur 1b, hvor det nedre lag er rigt på olivin (et mafisk, pyroxenisk (toleittisk) mineral hovedsageligt sammensat af Mg_2SiO_4 og Fe_2SiO_4) samt pimpsten (et felsisk, ryolitisk mineral af nyere vulkansk oprindelse bestående hovedsageligt af kvarts (SiO_2) og alkalifeldspat ($K,Na,CaAl_3Si_3O_8$) [1]). Det højere basalt-lag er rigt på plagioklas feldspat ($NaAlSi_3O_8 - CaAl_2Si_2O_8$).

Ifølge Schythe indeholdt mandelstenerne på Vaigattets kyster chalcodon (fintrådet varietet af kvarts), kalkspat (calcit, calciumkarbonat) og andre mineraler.

Grønland var oprindeligt bevokset

med skove, som i tidens løb førte til dannelsen af kullag. Senere hævdede opstigende lava de kulførende lag, så de kom frem i dagen. Den vulkanske varme startede nu en smeltningssproces mellem den jernrige basalt, figur 1a, og kullene, som førte til reduktiv dannelse af metallisk jern [9].

Hareøen og tørv i Diskobugten

De nåede Hareøen kl. 1 om natten den 18. juli, men i den meget kolde nat havde vandet tildels iset over. Kul fandtes kun omkring sydøstpynten. "Kullene ligger her i en Sandbanke, der brat afskæren vender ud imod Havet og til en betydelig Højde bedækkes af Gruus og Stene, nedstyrede fra de bagved liggende plutoniske Bjerge", men disse kul var dog egentlig brunkul af meget nyere dannelse end de engelske og skotske stenkul. Forkullede grene og kviste og hele træstammer kunne tydeligt skelnes. De var begrænsede af mægtige bjergmasser, som ville gøre bortrydning meget vanskelig og omkostelig, og den stejle klippekyst gjorde al sejlads farlig. Den 21. juli vendte de tilbage fra Hareøen langs den anden og langt mindre kendte nordøstlige kyst af Vaigattet.

På mange steder i Diskobugten fandtes også tørv, som blev brugt som brændsel, men Schythe rådede til at skære tørvten med stor tilbageholdenhed, da lagene var ret tynde, og han foreslog den høje Direction for den Kgl. Grønlandske Handel at pålægge vedkommende kolonibestyrere, så vidt muligt at tage tørveskæringen under opsigt, "hvilket med Lethed lader sig gjøre hvad Kolonisterne angaar, men sikkert vil have sine Vanskeligheder med Grønlanderne". Han besøgte de "tildels udøbte" Grønlandere i deres "reenlige og rummelige telte" og underrettede dem gennem sin tolk om de nye træhuse, der var sendt op fra Danmark. Grønlanderne var særlig interesserede i udrustningen med "Kakkelovne og dertil hørende Koge-Indretninger".

Glad for Grønland

Schythe skrev mere romantisk i *Portefeuillen* [7] og avisen *Dagen* [10] om den storslåede nordgrønlandske natur med de stejle, ofte næsten lodrette, mørke mandelstensfjælde, hvis flade rygge var bedækkede med blændende hvide gletchere; om de tusindvis af isbjerge ("Isfjælde") der kælder og næsten fylder hele Vaigattet. I talrige, smalle kløfter kommer isbræerne helt ned til stranden. Endvidere berettede han om mødet med



Figur 1. (a) Basalt fra Disko med brunlige korn af metallisk jern; (b) Grønlandsk mandelsten (tholeiittisk basalt (størknet lava) med zeolitkorn) fra Skoresbysund (Hannes Grobe/AWI, https://da.wikipedia.org/wiki/Fil:Mandelstein-greenland_hg.jpg).

grønlanderne ("ægte eskimoer") fra Ritenbenks Land den 23. juli, hvor det var ulideligt varmt (17°C), hvilket også medførte millionvis af små, sorte myg, som gjorde livet uudholdeligt. Grønlanderne var klædt i sælskind og boede i spidse skindtelte om sommeren, men i tykvægede jordhuse om vinteren [7b]. Han gjorde det til en vane at gå ind i deres telte med en tændt cigar i hånden, men sommervarmen forårsagede en ulidelig stank af grønlandernes fødevarer og madrester, som cigarrøgen ikke formåede at overdække. Han deltog i en sælhundejagt med dem; grønlanderne i kajak; Schythe i sin slup [7b]. Grønlanderne elskede at spille musik og danse, og de havde fortræffeligt gehør [7d]. Dagen før hjemrejsen arrangerede han en fest med musik og dans for Egedesminde indbyggere på skibsdækket af *Navigationen*.

Han bemærkede, at de fleste par i kolonierne var "blandinger", dvs. dansk mand, grønlandsk kvinde. Blandt pigerne havde mange af de unge "blandinger" ret kønne, endda smukke, ansigter [7d]. Alt i alt gav han et meget positivt indtryk

af Grønland og grønlanderne. Han var mindre begejstret for islænderne, som det vil fremgå af den næste artikel, der bringes i næste nummer af Dansk Kemi.

Taksigelse

Forfatteren takker Hanne Espersen (Statens Naturvidenskabelige Museum), Robert J. Sunderland (Niels Bohr Arkivet) og Dorte Olesen (SNU) for hjælp med fremskaffelse af arkivalier og litteratur.

E-mail:

Curt Wentrup: wentrup@uq.edu.au

Referencer:

1. C. Wentrup, Bunsen the Geochemist, *Angewandte Chemie International Edition*, **2020**, DOI: 10.1002/anie.202008727R1 og 10.1002/ange.202008727R1.
2. V. Perez, Jorge Cristian Schythe: El Gobernador (1853-1858) y Meteorólogo de Punta Arenas, Region de Magallanes, *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, **2012**, 40, 169-172.
3. a) J.C. Schythe biografier: S. A. Andersen, J.C. Schythe i *Dansk Biografisk Leksikon*, 3. Ed., Gyldendal, Copenhagen, **1979-84**, http://denstoredanske.dk/Dansk_Biografisk_Leksikon/Naturvidenskab_og_teknik/Geolog/J.C._Schythe; b) O. Schythe, *Geografisk Tidsskrift* **1877**, 1, 202.
4. M.C. Harding, *Selskabet for Naturlærens Udbredelse*, Gjellerup, København, **1924**.
5. J.C. Schythe, *Indberetning til det høje kongelige Rentekammer om min, efter allerhøieste Resolution af 26de April 1838, i denne sommer foretagne Reise i Nordre-Grønland. Med et Kaart og en Skizze*, Statens Naturhistoriske Museums Arkiv, København.
6. Også nævnt i A. Garboe, *Geologiens Historie i Danmark*, C. A. Reitzels forlag, København, **1961**, bind II, p. 140-154, og 484.
7. J.C. Schythe, Blade fra min Dagbog fra en Reise i Nordgrønland i Sommeren 1838, *Portefeuillen*, København, **1839**, 2, (a) 110-122, (b) 159-178, (c) 194-200 and (d) 217-225; udtræk om grønlanderne blev publiceret i *Københavnsposten* 26. May, **1839**.
8. https://da.wikipedia.org/wiki/Grønlands_geologi#Kulminen_Qullissat_på_Disko
9. https://da.wikipedia.org/wiki/Grønlands_geologi#Vestgrønlandske_vulkanprovinser
10. J.C. Schythe, En Sommer i Waigatt (Nordgrønland), *Dagen*, 18.3.1841.

TOTALLØSNINGER TIL LABORATORIET

hos MSC

KURSER

Standardkurser - Tilrettede kurser - Seminarer og Workshops

Biotek
Celledyrkning
Histologi
PCR
ELISA
Antistoffer
Proteinkemi
Immunologi m.fl.

Chromatografi
GC - GCMS - HPLC - LCMS m.fl.
Teori og hands-on
Intro- og videregående kurser
Træning on-site

Tjek hele kursuskalenderen på
www.msconsult.dk

MSC Bøgesvinget 8 DK-2740 Skovlunde +45 44 53 93 66 info@msconsult.dk www.msconsult.dk

Umami-potentiale af fermenterede drikkevarer

Fermenterede drikkevarer som vin, champagne, øl og sake indeholder frie aminosyrer, som især fremkommer ved autolyse af den anvendte gær. Salte af glutaminsyre, glutamater, har potentiale til at give umami-smag, og drikkevarer med meget glutamat kan forstærke umami-smagen af for eksempel skaldyr.

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

Vi drikker mange forskellige drikkevarer, ikke alene for at slukke vores tørst, men også for at nyde smage og aromaer og for at komplementere eller matche smagsindtrykkene fra maden. Brugen af bestemte drikkevarer er meget afhængig af madkultur og tradition, herunder om man accepterer alkoholholdige drikke. Desuden er parring af drikkevarer og mad ofte baseret på kultur snarere end kemi [1], og de forskellige systemer, som anvendes af for eksempel sommelier, er ikke baseret på videnskabelige principper eller en standardiseret terminologi og skal nok betragtes mere som en kunst end en videnskab [2].

Drikkevarer, der er fremkommet ved fermenteringsprocesser under indvirkning af svampe, gær og bakterier, indeholder en bred vifte af komplekse smage og aromaer. Fermentering fører også ofte til dannelse af alkohol og et arsenal af organiske syrer. I nogle tilfælde, for eksempel mousserende vine som champagne, er den ved fermenteringen udviklede kuldioxid søgt bevaret i drikken, som derved er blevet karboneret og har fået en speciel mundfølelse. I nogle tilfælde indgår der dobbeltfermentering, som for eksempel ved brygning af sake og champagne, og nogle fermenteringssystemer har indbygget to slags mikroorganismer, for eksempel en såkaldt SCOBY (sybiotisk kultur af bakterier og gær) i kombucha-produktion.

Det samlede smagsindtryk af en drikkevare omfatter både aroma, smag og tekstur, og det er i høj grad aromaen, dvs. effekten af de flygtige aromastoffer, som karakteriserer smagsoplevelsen

af drikkevarer [3]. Af grundsmagene sur, sød, salt, bitter og umami er det overvejende sur (tør), sød, salt (mineralsk) og i en vis udstrækning bitter, der bliver brugt til at karakterisere de fleste drikkevarer. En sjælden gang bruges umami, men da oftest i uspecifik sammenhæng med "velsmag", fylde (body) og lang eftersmag. Umami er imidlertid en veldefineret grundsmag, som skyldes binding af fri glutamat til umami-receptorer i tungens smagsløg [4]. Umami-smagen kan forstærkes synergistisk, hvis der samtidig er visse frie 5'-ribonukleotider tilstede [5]. De fleste drikkevarer indeholder imidlertid sjældent frie nukleotider, men da mange fødevarer, for eksempel fisk, skaldyr og kød, gør, kan synergien opstå ved kombination med mad.

For at fastlægge umami-potentialet af forskellige fermenterede drikkevarer, specielt vin, champagne, sake og øl, har

vi målt indholdet af frie aminosyrer i en lang række fermenterede drikkevarer med analytisk-kemiske metoder [6,7]. Desuden har vi studeret disse drikkevarers potentiale for at matche godt til skaldyr som østers ved at etablere en effektiv synergi i umami-smagen [6].

Umami i fermenterede drikkevarer

Drikkevarer, der fremstilles af ekstrakter af frugter og cerealer, har potentiale til at udvikle umami-smag ved fermentering med gær og bakterier, som hydrolyserer proteinerne i ekstrakterne til blandt andet frie aminosyrer og glutamat. Imidlertid kan mikroorganismerne også bruge de udviklede aminosyrer som substrat, hvilket betyder, at slutbrygget ikke nødvendigvis indeholder meget glutamat. På den anden side er der mulighed for, at mikroorganismernes egne enzymer udfører autolyse af deres proteiner, efter fermenteringen er ophørt, hvilket kan være en kilde til frigørelse af glutamat. Det bliver herved varigheden af bryggets kontakt med de døde mikroorganismer, for eksempel gær, der bliver af betydning for den endelige umami-smag.

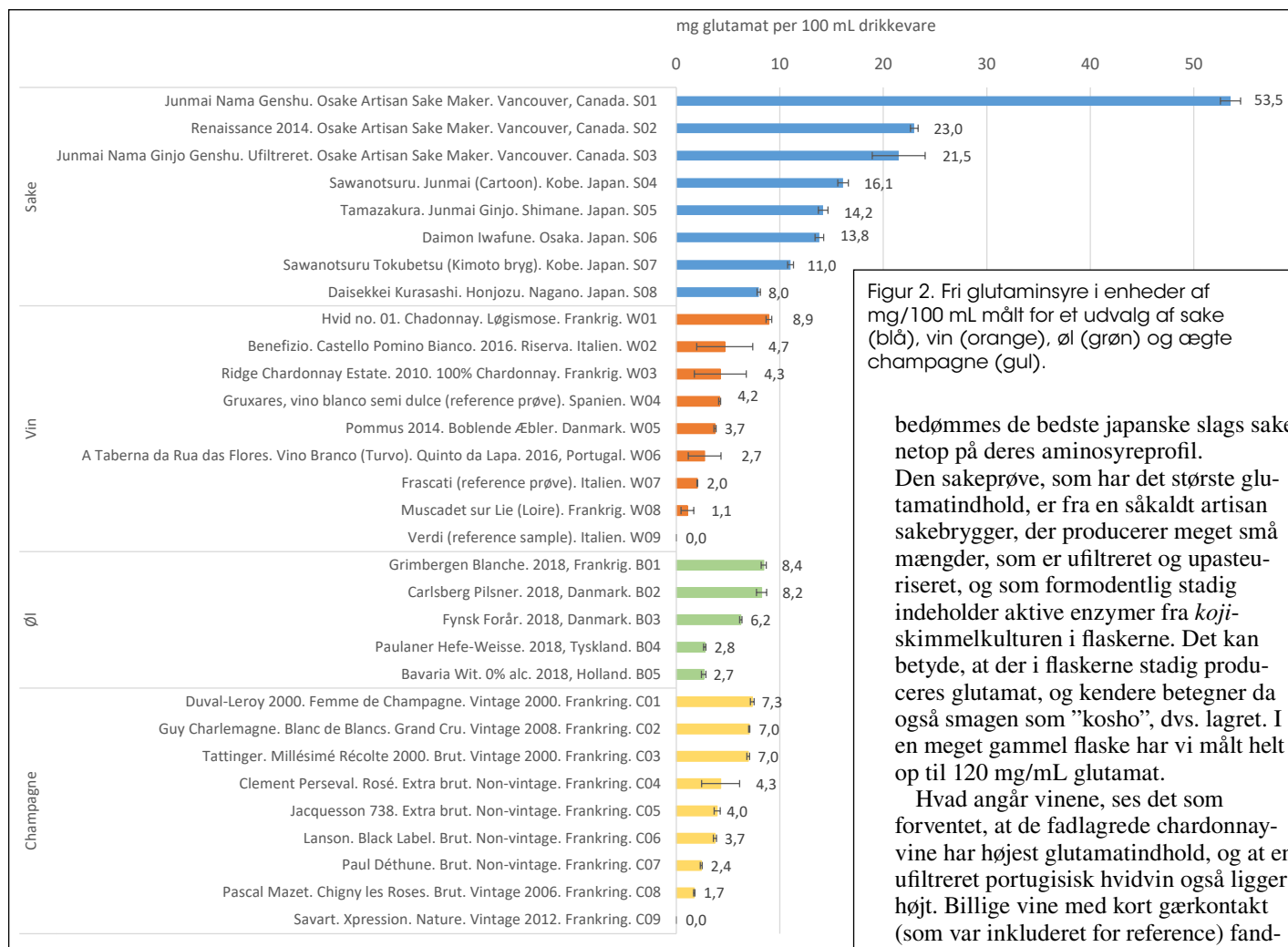
Det er sidstnævnte forhold, som gør, at visse dobbeltfermenterede drikkevarer som champagne og sake samt vine, der har ligget længe på bærmen, har potentiale for at udvikle betydelig umami. Det gælder champagner og andre mousserende vine, som er fremstillet ved *méthode Traditionelle*, der indebærer en sekundær gæring i flasken. Sake fremstilles også ved en *totrins-proces*, først fermentering med en *koji-skimmelkultur* (*Aspergillus oryzae*), hvorefter der tilsættes gær. Man kunne også formode, at ufiltrerede vine og øltyper, som ikke er pasteuriseret, kunne udvikle glutamat fra gær- og proteinrester.

Kun få ikke-fermenterede drikkevarer



Figur 1. Lagring af ægte champagne giver højt umami-potentiale.

Foto: René Langdahl Jørgensen.



Figur 2. Fri glutaminsyre i enheder af mg/100 mL målt for et udvalg af sake (blå), vin (orange), øl (grøn) og ægte champagne (gul).

bedømmes de bedste japanske slags sake netop på deres aminosyreprofil. Den sakeprøve, som har det største glutamatindhold, er fra en såkaldt artisan sakebrygger, der producerer meget små mængder, som er ufiltreret og upasteuriseret, og som formodentlig stadig indeholder aktive enzymer fra *koji*-skimmelkulturen i flaskerne. Det kan betyde, at der i flaskerne stadig produceres glutamat, og kendere betegner da også smagen som "kosho", dvs. lagret. I en meget gammel flaske har vi målt helt op til 120 mg/mL glutamat.

Hvad angår vinene, ses det som forventet, at de fadlagrede chardonnay-vine har højest glutamatindhold, og at en ufiltreret portugisisk hvidvin også ligger højt. Billige vine med kort gærkontakt (som var inkluderet for reference) fandtes som forventet kun at indeholde meget lidt glutamat.

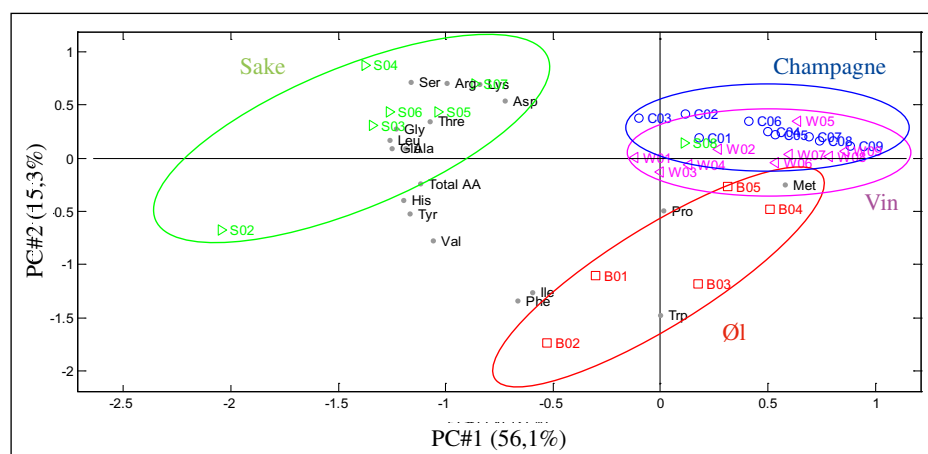
Bortset fra en standard Carlsberg Pilsner var de fleste af de analyserede øltyper ufiltrerede, og en enkelt var en tysk hefeweizen (hvedeøl med gær). Man ville forvente, at de ufiltrerede øltyper indeholdt mest glutamat, og det gælder da også for Grimbergen Blanche og Fynsk Forår, men bemærkelsesværdigt nok ikke for hefeweizen.

har tilstrækkeligt glutamat til at give umami-smag, når de indtages alene. Et særligt tilfælde er grøn te og den japanske tangte (*konbu-cha*), der laves som et vandigt ekstrakt af en brunalge (*Saccharina japonica*), som indeholder meget store mængder af fri glutamat [8].

Glutamatindhold i vin, champagne, øl og sake

Vi har med analytisk-kemiske metoder bestemt indholdsprofilen af frie aminosyrer i et bredt udvalg af fermenterede drikkevarer, med fokus på glutaminsyre (glutamat) [6,7]. Det drejer sig om ni ægte franske champagner, ni vine (hvid, rosé, mousserende), otte slags sake og fem slags øl. Efter ekstraktion af aminosyrer er de blevet identificeret og mængdebestemt ved hjælp af ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) og spektrofotometrisk fluorescensdetektion. Alle data har været underkastet statistisk dataanalyse med henblik på at afklare signifikansen af forskelle målt for de forskellige prøver, ligesom vi har undersøgt korrelationer mellem de forskellige drikkevarer og deres karakteristiske aminosyreprofil.

I figur 2 er vist et udvalg af vores data, som viser spændvidden i indholdet af fri glutamat. Det ses, at de drikkevarer med lang fermenteringstid og lang gærkontakt gennemgående indeholder mest glutamat. Det er især tilfældet for nogle af sakeprøverne og de gamle, lagrede champagner. I alle tilfælde har de undersøgte prøver af sake langt det højeste indhold af fri glutamat. Interessant nok



Figur 3. Korrelationsanalyse der viser, at de forskellige typer af drikkevarer, sake, vin, champagne og øl, har tendens til at samle sig i grupper, der er bestemt af deres aminosyreprofil.

En cluster-korrelationsanalyse, figur 3, side 17, viser, at de fire forskellige drikketyper har hver deres særtræk vedrørende aminosyreprofilen [7]. Der er dog et betydeligt overlap mellem vin og champagne. Den største variation mellem de forskellige drikkevarer af samme type fandtes for sakeprøverne, hvorimod variationen mellem de forskellige typer af øl er lidt mindre. Variationen inden for vine og champagner er væsentligt mindre, som muligvis for champagnes vedkommende skyldes de begrænsninger, der er lagt på produktionsprocessen.

I figur 4 er vist fordelingen af aminosyrer med forskellig grundsmag i et udvalg af sake, vin, champagne og øl, og hvor resultaterne for hver gruppe er midlet sammen for at afklare, om der er en overordnet karakteristisk af aminosyresammensætningen for de forskellige typer. Figuren viser, at sake og champagne har en højere andel af umami-smagsgivende frie aminosyrer end de andre typer af drikkevarer. Bittere aminosyrer dominerer øl og sake, og søde aminosyrer er mere fremtrædende i de undersøgte vine og i champagne.

Umami-smag af vin, champagne, øl og sake

Arbejdet beskrevet i denne artikel er af ren analytisk-kemisk karakter, og vi har ikke foretaget sensoriske studier af smageres oplevelse af de forskellige drikkevarer. Vi kan derfor ikke udtale os om en smagers perception af smagen, specielt umami, men alene om de forskellige drikkevarers umami-potentiale, som det er bestemt af indholdet af fri glutamat.

For at kunne vurdere umami-potentialet må det tages i betragtning, at smagstærsklen for fri glutamat er ca. 30 mg/100 mL, og at denne tærskel kan være individuel og stærkt afhængig af mundvandets sammensætning samt drikkevarens og fødevarens konsistens. Givet denne tærskel kan vi udlede fra data i figur 2, side 17, at bortset fra nogle få slags sake ligger alle de andre drikkevarers glutamatindhold under smagstærsklen. Det er også tilfældet, selv om vi medtager effekten af fri aspartat, hvis umami-potentiale er mindre end 8 procent af fri glutamat [9].

Der er selvfølgelig andre komponenter af de forskellige drikkevarer, som bidrager til den faktiske smagsprofil, og stoffer som di-natrium-succinat og tripeptidet glutathion kan medvirke til at hæve en smagers oplevelse af umami-smagen [6].

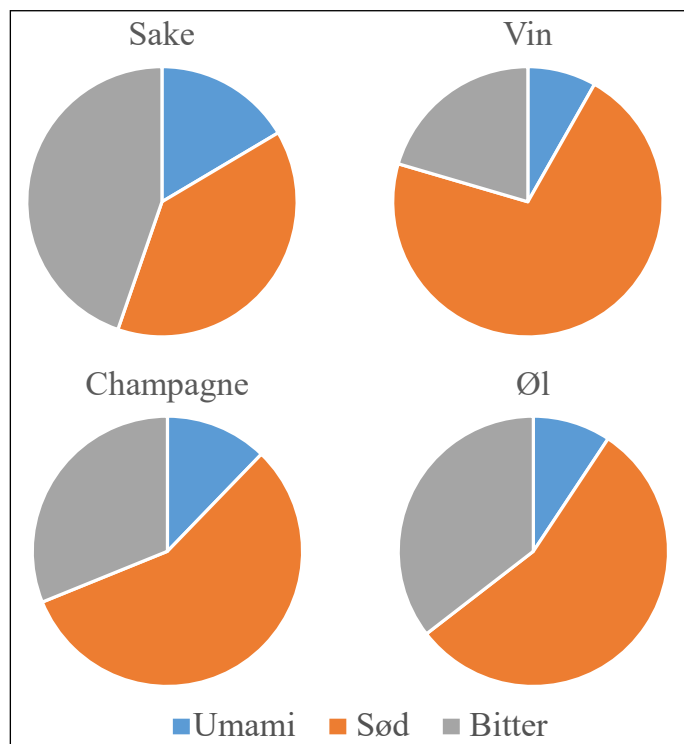
Konklusionen er derfor, at der ikke er meget at hente i form af direkte glutamat-induceret umami-smag i de undersøgte drikkevarer. Men for at vurdere drikkevarernes virkelige umami-potentiale skal de ses i sammenhæng med parring med madvarer, som evt. medbringer de 5'-ribonukleotider, der kan indgå i synergi med glutamat i bindingen til umami-receptoren gennem en allosterisk mekanisme [5].

Smags-parring via umami-synergi: champagne og østers

Klassiske empiriske studier har vist, at synergien mellem fødevarekomponenter (i), som bidrager med fri glutamatkoncentration u_i og fri nukleotidkoncentration $v_{i,N}$ for nukleotidet N kan udtrykkes ved formlen:

$$EUC = \sum_i u_i + (\sum_i u_i) \times \sum_i \sum_N \gamma(N) v_{i,N} \quad (1)$$

hvor summen $\sum_N$ løber over alle de forskellige slags nukleotider, der er til stede. $\gamma(N)$ er et sæt af empirisk fastlagte konstanter, der karakteriserer styrken af synergien for de givne nukleotider. EUC kaldes den effektive umami-koncentration og kan fortolkes som den ækvivalente koncentration af ren glutamat, der skal til for at give den samme umami-intensitet som den givne blanding af glutamat og nukleotider, for eksempel natrium-adenosin 5'-monophosphat (AMP), natrium-guanosin 5'-monophosphat (GMP), natrium-inosin 5'-monophosphat



Figur 4. Diagrammer som viser fordelingen af aminosyrer med forskellig grundsmag i sake, vin (hvid, rosé, mousserende), champagne og øl.

(IMP) og natrium-xanthosin 5'-monophosphat (XMP). Styrkekonstanterne er bestemt eksperimentelt til $\gamma(AMP) = 0.22$, $\gamma(GMP) = 2.8$, $\gamma(IMP) = 1.2$ og $\gamma(XMP) = 0.74$ [10], og deres anførte værdier forudsætter, at alle koncentrationer i ligning (1) udtrykkes i enheder af mg/100 mL.

På grund af den ikke-lineære karakter af ligning (1) kan selv meget små mængder af frie nukleotider løfte den effektive umami-koncentration (EUC) af de studerede drikkevarer, for hvilke glutamatkoncentration ligger under smagstærsklen, til at komme over grænsen og dermed udløse umami-smag. Ligningen gør det muligt at beregne, hvordan kombinationer af drikkevarer og andre fødevarer, for eksempel skaldyr, giver optimal umami-potentiale. Beregningerne kompliceres af, at man skal kende eller estimere blandingsforhold mellem de opløste smagsstoffer i mundvandet fra henholdsvis drikkevaren og fødevaren. Bemærk, at alle umami-smagsstoffer er vandopløselige.

Som et specifikt eksempel vil vi fremhæve kombinationen af østers med champagne, som er et ikonisk eksempel på en parring af en drikkevare og en fødevare. Her kan vi beregne, at en tår champagne med et vist glutamatindhold under smagstærsklen, via umami-synergi med de mængder af fri glutamat og frie nukleotider, som en østers har efterladt i mundvandet efter at være spist, kan danne grundlag for umami-synergi og give den velkendte fornemmelse af, at det passer godt at drikke champagne efter at have spist østers. At det omvendte ikke er tilfældet, skyldes, at en østers i sig selv har glutamat og nukleotider nok til at give sin egen og meget voldsomme umami-synergi, men som klinger af efter, at den er sunket [6].

Der er selvfølgelig mange andre forhold, man kunne fremhæve med hensyn til, hvor godt champagne og østers parrer, og bedømmelsen heraf vil være individuel og afhængig af meget andet end umami-smagsstoffer. For eksempel vil tekstur, saltindhold og noter af jod og brom i østers spille en rolle, ligesom karbonering, mineralitet og syre af champagnen spiller ind. Der er ingen videnskabelige teorier eller kendte mekanismer til at analysere dette komplekse samspil.

Det er helt anderledes, når det kommer til smagsparring baseret på umami-synergi, fordi det er et princip, som er baseret på videnskab og en velbeskrevet molekylær, allosterisk mekanisme i en kendt receptor. Om denne effekt opfattes som den dominerende, eller om den bliver overskygget af andre effekter som beskrevet ovenfor, må vi lade den enkelte smager og sommeliererne diskutere. Dog skal det bemærkes, at umami er kendt for at have en indvirkning på andre stoffer, der bidrager til det samlede smagsindtryk.

Eksempler herpå er øgning af sød og salt smag [11], mindske-ning af bitter smag [12] og intensivering af aroma perception [13,14]. Endelig er der interaktion med såkaldt *koku*-givende stoffer, som bidrager til *kokumi* beskrevet ved fylde, mundfø-lelse og kontinuitet [15]. Dette peger derfor på, at parring af fødevarer og drikkevarer for at opnå en kraftig umami-smag, hvad end den er basal eller synergistisk, kan omfatte andre komponenter end de stoffer, som i sig selv giver umami-smag.

E-mail:

Ole G. Mouritsen: ole.mouritsen@food.ku.dk

Referencer

1. Y.Y. Ahn, S.E. Ahnert, J.P. Bagrow, and A.L. Barabási. Flavor network and the principles of food pairing. *Nature Sci. Rep.* **1**, 196 (2011).
2. A. Eschevins, A. Giboreau, P. Julien, and C. Dacremont. From expert knowledge and sensory science to a general model of food and beverage pairing with wine and beer. *Int. J. Gastronomy Food Sci.* **17**, 100144 (2019).
3. G. Shepherd. *Neuroenology*. Columbia University Press, New York (2016).
4. O.G. Mouritsen and K. Styrbæk. *Umami. Gourmet-aben og den femte smag*. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck, København (2011).
5. O.G. Mouritsen and H. Khandelia. Molecular mechanism of the allosteric enhancement of the umami taste sensation. *FEBS J.* **279**, 3112-3120 (2012).
6. C.V. Schmidt, K. Olsen, and O.G. Mouritsen. Umami synergy as the scientific principle behind taste-pairing champagne and oysters. *Nature Sci. Rep.* **10**, 20077 (2020).
7. C.V. Schmidt, K. Olsen, and O.G. Mouritsen. Umami potential of fermented beverages: sake, wine, champagne, and beer. *Food Chem.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128971>.
8. O.G. Mouritsen, L. Duelund, M.A. Petersen, A.L. Hartmann, and M.B. Frøst. Umami taste, free amino acid composition, and volatile compounds of brown seaweeds. *J. Appl. Phycol.* **31**, 1213-1232 (2019).
9. S. Yamaguchi and A. Kimizuka. Psychometric studies on the taste of monosodium glutamate. In L. J. Filer, S. Garattini, M.R. Kare, W.A. Reynolds, & R.J. Wurtman, eds.) *Glutamic Acid: Advances in Biochemistry and Physiology* (pp. 35-54). New York, Raven Press (1979).
10. J. A. Maga. Flavor potentiators. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **18**, 231-312 (1983).
11. S. Fuke and Y. Ueda. Interactions between umami and other flavor characteristics. *Trends Food Sci. Technol.* **7**, 407-411 (1996).
12. D. Ming, Y. Ninomiya, and R.F. Margolskee. Blocking taste receptor activation of gustducin inhibits gustatory responses to bitter compounds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **96**, 9903-9908 (1999).
13. C. McCabe and E.T. Rolls. Umami: a delicious flavor formed by convergence of taste and olfactory pathways in the human brain. *Eur. J. Neurosci.* **25**, 1855-1864 (2007).
14. J. Niimi, A.I. Eddy, A.R. Overington, S.P. Heenan, P. Silcock, P.J. Bremer, and C.M. Delahunty. Aroma-taste interactions between a model cheese aroma and five basic tastes in solution. *Food Qual. Pref.* **31**, 1-9 (2014).
15. Y. Ueda, M. Yonemitsu, T. Tsubuku, M. Sakaguchi, and R. Miyajima. Flavor characteristics of glutathione in raw and cooked foodstuffs. *Biosci. Biotechn. Biochem.* **61**, 1977-1980 (1997).

LABORATORIEVÆGTE

– EUROPÆISKPRODUCERET VEJUDSTYR I TOPKLASSE

BISCO

WEIGHING SOLUTIONS

- Perfekte til R&D-laboratorier inden for den kemiske, farmaceutiske og kosmetiske industri
- Hurtig og præcis vejning
- Læsbareheder op til 7 decimaler
- Nemt at overføre vejresultater til PC



RADWAG®

BISCO VÆGTE A/S | AVEDØREHOLMEN 84 | 2650 HVIDOVRE
TLF. +45 4495 1996 | SALE@BISCO.DK | WWW.BISCO.DK

Affald er aldrig veldefineret – udvikling af kulilte årsag til dødsulykke

Ni palletanke med svovlsyreaffald skulle til destruktion. De havde stået længe på lageret, så det lovpligtige inspektionsinterval var overskredet. Så må de ikke transporteres. Løsningen var at tømme dem med en slamsuger. Desværre indeholdt nogle af palletankene andet end svovlsyre.



Foto: Morten Melhede, Scanpix.

Figur 1. En chauffør skulle afhente svovlsyreaffald i nogle palletanke, de står skjult under beredskabets blå presenning bag vognen. I slamsugerens tank reagerede myresyre med svovlsyre og dannede kulmonoxid (kulilte). Chaufføren blev fundet død oven på den hævede forvogn.

■ Serie om ulykker med farlige stoffer

Der er foregået en del ulykker i Danmark. Men der er ikke tradition for efterforskning og systematisk vidensdeling. Med ganske få undtagelser er dyrt høstede erfaringer i fare for at blive glemt.

Santayana har sagt, at de, der ikke kender historien, er dømt til at gentage den.

Artiklen er nummer 16 i en serie, som vil råde bod på denne sorte plet ved at beskrive tidligere hændelser udvalgt for deres læringspotentiale.

Af Frank Hues Hedlund

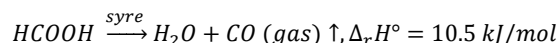
Ulykken skete i september 2009, da Fodercentralen for Holstebro og Omegn, som producerer minkfoder, skulle have bortskaffet nogle affaldssyrer. Al kommunikation med Kommunekemi var telefonisk, og den præcise aftale var senere genstand for kontroverser i byretten. Kommunekemi siger, at opgaven var at bortskaffe seks kubikmeter 80 procent svovlsyre med et ukendt indhold af eddikesyre fordelt i ni palletanke. Fodercentralen siger, at opgaven var at bortskaffe noget kemikalieaffald på lageret.

Faktum er imidlertid, at der også blev stillet en palletank med



Figur 2. Chaufføren blev forgiftet af tre omgange. CO kan ikke lugtes og begyndende forgiftning er tit uden symptomer. 1) Slamsugerens vakuumpumpe afleverede afkastet i terræn og ikke i højden. 2) Chaufføren opdagede, at tanken var blevet varm, og aftalte med sin formand at pumpe affaldet tilbage. 3) Fortrængningsgasser fra palletankene havde meget højt CO-indhold. 4) Chaufføren ville skylle de sidste rester ud. Dampene fra det åbne domedæksel slog ham ud.

myresyre frem til den slamsuger, som afhentede affaldet. I slamsugerens tank reagerede myresyre med svovlsyre og dannede kulmonoxid (kulilte), som dræbte chaufføren.



Ulykken udstiller alvorlige strukturproblemer i branchen for farligt affald og har mange vigtige læringspunkter for forebyggelse af lignende ulykker, også i et internationalt perspektiv [1], mere om det senere. Men myndighedernes undersøgelser og retssagerne udmærker sig ved ikke at identificere et eneste af dem. Hvis man skal være venlig, må opklaringen karakteriseres som en farce. For så vidt at Sorteper bliver placeret langt nede i hierarkiet hos en formand ved et transportfirma, som med sine begrænsede kundskaber gav et velment, men, kunne det senere bevises i retten, et forkert råd til chaufføren, formanden begik altså *en fejl*, så er forløbet en skandale.

Frem for alt viser forløbet, at opklaringen af alvorlige ulykker ikke blot er i krise, den er tilnærmelsesvist ikke-eksisterende.

Regler, regler

Syren havde været anvendt til nogle forsøg med konservering af de biprodukter, der indgår i minkfoder. Resultatet havde ikke været tilfredsstillende. Affaldet havde derefter hensynet på lageret i længere tid.

Den letteste måde at bortskaffe affaldet på ville selvfølgelig være at sætte de ni palletanke på en lastbil til Kommunekemi. Men det var ikke muligt. Kemisk affald er omfattet af regler for transport af farligt gods på vej (ADR), og det særdeles omfattende regelværks punkt 6.5.4.4.1 kræver, at inspektion af palletanke foretages minimum hvert 2½ år. Palletankene havde stået på lageret for længe og kunne derfor ikke accepteres for transport.

En løsning ville være at låne ni godkendte palletanke og flytte affaldet over i dem. Men det er ikke ligetil at flytte syreaffald. Det kræver særlige pumper og slanger, som ikke umiddelbart fandtes på Fodercentralen. Sikkerhed ved arbejdet skal også styres, osv. Det løste heller ikke problemet, hvad man skulle gøre med de ni tømte palletanke. Så længe de ikke var rengjort, var de stadig omfattet af ADR (punkt 4.1.2.2), så de kunne stadig ikke transporteres til destruktion. Fodercentralen havde umiddelbart



DEN ENESTE ØJENSKYL I VERDEN DER HOLDER DINE ØJNE ÅBNE UNDER SKYLNING

– op til 15 minutters skyl i en flaske



HELP CARE COMPANY



Industrivej 19 · 8881 Thorsø

Tlf: +45 2220 3064 · www.eyead.dk





Figur 3. Nærlæsning af etiketten viser, at denne palletank har indeholdt et produkt med myresyre. Myresyre og svovlsyre har mange fælles anvendelser. Men der er ingen advarsel om, at myresyre reagerer med svovlsyre og danner giftig gas. Kilde: Sagsdokumenter.

heller ikke udstyr til rengøring. Og hvad med skyllevandet? Det er også omfattet af ADR og skal derfor også transporteres som farligt affald. Nu begynder det at blive langhåret. Og dyrt!

Heldigvis fandt man en løsning med at suge affaldet op i en slamsuger. Det var tilfældigvis også den billigste løsning. Slamsugeren skulle medbringe en anghænger til skyllevandet, hvis Fodercentralen selv ville efterskylle tankene. Transportfirmaet Marius Pedersen bekræftede, at de havde et helt nyt godkendt køretøj til kemikalieopgaven. Både forvogn og hænger skulle være absolut rengjort og tør. Man valgte den bedste mand til jobbet. Han medbragte ADR transportdokumenter for både syre og skyllevand.

At der medbringes hænger og transportdokumenter, selvom transport af skyllevand ikke lader til at være endeligt aftalt, vidner om uformelle aftaler og løs planlægning samt om vanlig jysk endeløs tingen og prangen om prisen.

Affald er af natur aldrig veldefineret

For en del år siden var jeg leder af en HAZOP af et projekteret anlæg i Norge til destruktion af farligt affald. Da anlægget endnu ikke var bygget, havde organisationen af gode grunde ingen driftserfaringer. For at få dette vigtige aspekt med i risikooanalysen havde vi en driftschef fra et lignende anlæg i Finland med på møderne.

Mange af de sikkerhedsmæssige udfordringer, som blev drøftet på møderne, bundede i usikkerhed om, hvorvidt man kunne vide, hvad det indkommende affald reelt indeholdt. Den finske driftschef havde en del forbehold på dette punkt. Men fremgik det ikke tydeligt af affaldets deklaration, udfordrede jeg ham. Nej, affaldets sammensætning er per definition aldrig veldefineret, svarede han.

Hans argument var simpelt. Hvis man kendte affaldets præcise sammensætning og kunne antage, at det var homogent, så kunne man nok finde på en eller anden

snedig anvendelse af det. Så ville affaldet have en værdi. Men affald er ofte affald, netop fordi der er usikkerhed om dets præcise sammensætning, eller fordi dets variabilitet er for stor.

Denne grundlæggende usikkerhed gør, at sikkerhedsarbejdet ved håndtering af farligt affald er vanskeligere end ved håndtering af farlige stoffer i produktionen [2]. Sammenblandinger er særligt problematiske. En undersøgelse af 142 rapporterede hændelser med utilsigtet blanding af inkompatible stoffer viste, at næsten 2/3 af alle hændelser skete ude hos affaldsproducenten, når indholdet af mindre beholdere blev overflyttet til større beholdere, der blev formodet at indeholde det (næsten) samme stof [3]. Det er absolut bemærkelsesværdigt i lyset af, at affaldsproducenten, af alle, er den aktør, der har de bedste forudsætninger for at vide, hvad beholderne reelt indeholder.

Den naturlige konklusion er, at sammenblanding eller for den sags skyld manuel håndtering af farligt affald bør undgås i videst mulig udstrækning. Det er denne ulykkes første og måske vigtigste læringspunkt.

Ulykken

Under tomsugning af palletankene blev chaufføren opmærksom på nogle uregelmæssigheder. Slamsugeren havde lidt svært ved at holde sugetrykket, særligt ved tømning af den sidste palletank. Da han var færdig, opdagede han, at tanken på bilen var blevet varm. Så varm, at den var ubehagelig at holde på. Bekymret og urolig ringede han til sin formand hos Marius Pedersen, som rådede ham til hurtigt at føre indholdet tilbage til palletankene, nødtørftigt skylle bilens tank og så skynde sig til et servicecenter for at få den grundigt rengjort. Chaufføren førte indholdet tilbage og hævdede forvognens tank for at få det sidste til at løbe ud. Derefter klatrede han op på tankbilen med en skylleslange og åbnede det forreste domedæksel. Han blev fundet livløs ved det åbne domedæksel.

En rekonstruktion [1] konkluderer, at han blev forgiftet ad tre omgange. Først af afkastet fra bilens vakuumpumpe, som var ført ud bag venstre forhjul og kunne forurene chaufførens arbejdsområde. Dernæst da han førte indholdet tilbage og stod umiddelbart ved siden af palletankene, som afgav koncentreret fortrængningsgasser. Og endelig af gasser fra bilens tank, da han åbnede domedækslet.

Lokalpolitiets undersøgelse

Lokalpoliti i Holstebro rykkede straks

ud til gerningsstedet. Lederen af patruljetjenesten oplyste til medierne, at chaufføren var fuldt uddannet med et såkaldt ADR-bevis og vidste, hvad han havde med at gøre. Men "så skete der et eller andet", så manden mistede bevidstheden i en damp af giftig svovlsyre, og heldigvis var Arbejdstilsynet netop landet for at undersøge, hvad der gik galt [4]. Andre medier skrev, at chaufføren døde som følge af indånding af svovldampe [5].

Arbejdstilsynets undersøgelse

Den tilsynsførende kunne relativt hurtigt konstatere, at chaufføren ikke havde benyttet en gasmaske. Det var også klart, at tanken var blevet varm og chaufføren i samråd med sin formand havde ført indholdet tilbage i palletankene. På stedet udstedte Arbejdstilsynet derfor et forbud og et påbud til Marius Pedersen om at standse arbejdet *straks*.

Manglende anvendelse af personlige værnemidler er en grov overtrædelse af arbejdsmiljøloven. I samme øjeblik, der

konstateres en grov overtrædelse, er den tilsynsførende juridisk forhindret i at foretage yderligere opklaring. Der mangler ganske enkelt hjemmel [6]. Undersøgelsen var derfor slut, og den tilsynsførende kunne forlade stedet. Tilbage på kontoret blev et bødevarsel og andet nødvendigt papirarbejde gjort klar, så sagen kunne overdrages til Arbejdstilsynets jurister for et strafferetligt efterspil. Dagen efter udfyldte den tilsynsførende også et skema, en såkaldt *vurdering*, der er så speciel, at den er gengivet i sin helhed i figur 5. I sagsakterne [7] er der ikke senere bidrag fra den tilsynsførende.

I besøgsnotatet bemærker den tilsynsførende korrekt, at det ikke var godtgjort, om der fandtes andet end svovlsyre og eddikesyre i beholderne, ligesom det heller ikke kunne konstateres, hvilken form for dampe chaufføren havde indåndet. Det er gode observationer, særligt i betragtning af det korte tidsrum den tilsynsførende havde hjemlet mulighed for at opklare ulykken.

Senere opklaring

Senere på dagen ankom Kommunekemi. Der var stadig tydelig gasudvikling i palletankene, og der var øverst dannet et organisk lag, som gjorde repræsentativ prøvetagning svær. En mærkat viste, at en af palletankene havde indeholdt *Selko-Furacid* (handelsnavn) med indhold af myresyre, hvilket ledte til en hypotese om kulmonoxidforgiftning. Obduktionen bekræftede dette. Der var ingen syreskader.

Det efterfølgende forløb er ikke velbeskrevet. Men juristerne i Arbejdstilsynet må have været i vildrede. Dels findes der slet ikke filtermasker, som beskytter mod kulmonoxid, hvilket måske har svækket grundlaget for den tilsynsførendes forbud og strakspåbud. Dels gik der hele syv måneder, før Arbejdstilsynet anmeldte Fodercentralen til politiet med påstand om, at der var afgivet forkerte oplysninger om, hvad der var i palletankene.

Anmeldelsen har ikke været god, for den efterlod juristerne ved anklagemyndigheden hos Midt- og Vestjyllands Politi "med flere spørgsmål end svar" [8], så fire måneder senere sendte de sagen tilbage til efterforskerne ved Lokalpolitiet i Holstebro. En politifuldmægtig ved anklagemyndigheden oplyste, at sagen var prioriteret, men ikke bare var lige til. Den krævede en ekstra indsats, og "man skal måske involvere nogle specialister" [9]. I januar 2011, næsten halvandet år efter ulykken, efterforskede man stadig ulykken.

I juli 2011 tiltalte politiet både Fodercentralen og Marius Pedersen. Den oprindelige konklusion, at chaufføren ikke havde passet godt nok på ved ikke at have båret det fornødne sikkerhedsudstyr, og at det derfor var hans egen skyld, var nu endelig droppet. I stedet blev flaskehalsen for ansvaret rettet mod chaufførens formand. Hans råd om at føre indholdet tilbage til palletankene, mente politiet og Arbejdstilsynet nu, var både skæbnsvangert og forkert.

Formanden burde have bedt chaufføren om at forlade stedet og den usynlige kuliltesky, der endte med at slå ham ihjel. Det er en ren juridisk vurdering, sagde anklagemyndigheden. Det har vi ikke gjort godt nok, sagde direktøren for Marius Pedersen. I Holstebro mente direktøren for Fodercentralen stadig, at de havde oplyst tilstrækkeligt om, at man var usikker på, hvilke kemikalier man havde bedt om at få kørt væk. Det er en ulykkelig sag, som vi ikke mener, vi er part i, sagde han [10].



Figur 4. Palletanke med affaldssyrer som afgiver giftig CO. Beredskabet har overdækket dem med presenning. Kilde: Sagsdokumenter. Kilde: Sagsdokumenter.

Vurdering af dødsulykken i sag nr. 20090069993	
Spørgsmål	Vurdering
Er ulykken arbejdsrelateret, altså var tilskadekomne i arbejde på ulykkestidspunktet, dvs. omfattet af arbejdsmiljøloven?	Ja
Afgik tilskadekomne ved døden som følge af arbejde og ikke som følge af naturlig død?	Sandsynligvis pga. arbejdet, blev fundet bevidstløs/død
Afgik tilskadekomne ved døden som følge af en ulykke, hvor et teknisk hjælpemiddel var involveret?	Ingen tekniske hjælpemidler, sandsynligvis kemisk reaktion
Afgik tilskadekomne ved døden som følge af en trafikulykke?	Nej
Skete ulykken indenfor søfart, offshore eller luftfart?	Nej
Skete ulykken i udlandet?	Nej
Undersøgt 17 september 2009	
(tilsynsførendes underskrift)	

Figur 5. Arbejdstilsynets skriftlige vurdering/undersøgelse af ulykken. Kilde: Sagsdokumenter.

Straffesagen

I slutningen af februar 2012 kom straffesagen endelig for byretten i Holstebro. De tiltalte ville ikke erkende skyld. Der var derfor afsat hele to retsdage til påstand, forklaring, procederen, advokatretorik, faktum, jus og kvalificeret juridisk subsumption. Det var en fest.

Fodercentralens forsvarer lagde hårdt ud med påstand om, at myresyre slet ikke havde været til stede på ulykkesdagen. Der kunne jo ikke konstateres myresyre i de prøver, der var taget fra gerningsstedet. Det var snedigt procederet, for så ville hele sagen kollapse. Stillet over for denne udfordring måtte det tunge skyts køres frem. En kemiker, ph.d., fra Beredskabsstyrelsens kemiske beredskab blev indkaldt som ekspertvidne. Hun har vel argumenteret, at myresyren blev omdannet til giftig gas og derfor ikke længere var til stede i væsken, men i den døde chaufførs lunger og indre organer. Hvis hun var i det lyriske hjørne, kunne hun citere Antoine Lavoisiers berømte ord fra 1789: *Intet forsvinder, intet skabes, alt omdannes* om massebevarelse. En gymnasieelev ville også kunne have svaret. Det tjener til dommerstandens anseelse, at forsvarers påstand blev afvist.

Fodercentralens forsvarer måtte nødtvungent acceptere, at der havde været myresyre til stede, men nedlagde nu påstand om, at det ikke var en fejl, men efter aftale. For Fodercentralen havde bedt om at få afhentet "noget kemikalieaffald", og så måtte det være op til andre at finde ud af, hvordan det skulle foregå sikkert. Det var et af de helt centrale punkter i retssagen, som der gik rigtig meget tid med. Endvidere var det chaufførens egen fejl, mente Fodercentralens forsvarer. For det produkt, der indeholdt myresyre, havde en helt anden konsistens, farve og lugt end svovlsyren. Så det var ikke til at tage fejl af. Ikke nok med det. Det stod også på tankene, hvad der var i dem, sagde han.

Resultatet af små to års politiefterforskning blev opsummeret af den offentlige anklager således: "Vi ved ikke, hvad der er sket, men vi ved, at der ikke er udvist tilstrækkelig forsigtighed" [11].

Selvom der var betydelig usikkerhed om, hvem der havde ansvaret for myresyren, var der juridisk bevis for, at slamsugerformanden hos Marius Pedersen havde begået en alvorlig fejl. At han formentlig er helt blank på kemisk indsigt, spiller ingen rolle. Hvis en bekymret chauffør ringer og fortæller, at tanken er blevet varm, så skal han bede chaufføren om at løbe sin vej.

Retten konstaterede, at Fodercentralen ikke havde kontrolleret, hvad palletankene egentlig indeholdt. Det var en overtrædelse af særlig grov karakter, så bøden var på 100.000 kroner. Marius Pedersen havde givet forkert instruktion til deres medarbejder og fik en bøde på 80.000 kroner [12].

Det er et relevant spørgsmål, om der er proportionalitet mellem bødestørrelser og de mange ressourcer, der er brugt på efterforskning og juridiske spidsfindigheder. Men dommen har selvfølgelig haft en vis indflydelse på udfaldet af den efterfølgende civile erstatningssag anlagt af enken med bistand fra fagforeningen 3F. Hun vandt sagen i 2013 og fik en erstatning på 1,5 millioner kroner [13].

Varm tank

Da syreaffaldet blev blandet i slamsugerens tank, skete der en kraftig varmeudvikling. Tanken blev så varm, at den var ubehagelig at holde på. Det er helt centralt i sagen, da chaufføren derved opdagede, at der var noget galt. Det var også årsagen til, at formanden gav det ulykkelige råd at pumpe blandingen tilbage i palletankene. Det lå også til grund for skyldsspørgsmålet, for Marius Pedersen burde have haft en skriftlig procedure for, hvad de skulle gøre, hvis en tank blev varm.

Hvor kom varmen fra? Opmærksomme læsere har nok rynket panden længe. For reaktionsenthalpien $\Delta_r H^\circ$ er jo positiv. Reaktionen, der danner giftgas, *afkøler* blandingen! Der dannes godt nok lidt vand, som på grund af svovlsyrens fortyndingsvarme giver noget varme [14]. Men det kan umuligt forklare den rapporterede temperaturstigning.

Nu begynder det at blive vanskeligt, for hvad indeholder dette Furacid produkt egentlig? Producenten var ikke videre meddelsom, og ville ikke engang udlevere en brugsanvisning. Men Google kunne finde kilder på ukrainsk og hollandsk, at indhold af myresyre nok var 46 procent og vand måske 16 procent, formentlig massebasis. Flere antagelser og grove overslagsberegninger viser, at der mangler mellem 700 kilo og 1.200 kilo vand i regnskabet, for at tanken bliver "ubehageligt varm".

Hvor kom alt det vand fra? Det mest nærliggende er, at (mindst) en af palletankene ikke indeholdt syreaffald, men vand. Måske et mislykket foderkonserveringsforsøg, hvor indholdet over tid var blevet til ensilage. Det ville også kunne forklare det organiske lag i overfladen, som gjorde repræsentativ prøvetagning besværlig. Kun detaljerede kemiske analyser kan besvare dette. Men de foreligger selvfølgelig ikke, når Arbejdstilsynets opklaring stopper ved første konstatering af, at chaufføren ikke brugte gasmaske (gentager: gasmaske beskytter ikke mod kulilte).

På stående fod kan man vel ikke uden videre bare afvise, at disse oplysninger eventuelt ville kunne have været relevante for juraen og retssagens udfald. Det er bedst at afstå fra kontrafaktisk spekulation.

Læringspunkter, spildte muligheder

Som tidligere nævnt er der en iboende og grundlæggende usikkerhed om sammensætningen af affald. Det viser denne sørgelige ulykke da også med al tydelighed. Derfor bør sammenblanding eller for den sags skyld manuel håndtering af farligt affald undgås i videst mulig udstrækning. Altså: blanding med slamsuger forbudt. Det er denne ulykkes første og måske vigtigste læringspunkt.

Problemet opstod, fordi emballagen var udløbet. Ironisk nok fordi en sikkerhedsregel (ADR) var overtrådt. Spørgsmålet er selvfølgelig, om emballagen fejlede noget af den grund. ADR-reglen er fornuftig nok. Den skal tage højde for transport over landegrænser, måske med skiftende transportmidler, midlertidige henstillinger, omlastninger og lejlighedsvis hårdhændet håndtering. Men situationen er mere benign for indenrigstransport over kort afstand direkte til destruktion. En form for smiddiggørelse af reglerne (national dispensation) ville løse nogle af problemerne. Det er et muligt læringspunkt.

Praktikere inden for transport af farligt affald oplyser, at der ofte er behov for bortskaffelse af farligt affald i beskadigede eller på anden måde ikke-ADR-acceptable emballager. Det løses rutinemæssigt ved at anbringe emballagen i en lidt større såkaldt bjærgningsemballage (salvage packaging). Sådanne bjærgningsemballager eksisterer imidlertid ikke for palletanke. Det er et alvorligt strukturproblem i branchen og et muligt læringspunkt.

Hvordan skal det meget store flertal i befolkningen uden en universitetsuddannelse i kemi vide, at det kan være livsfarligt at blande myresyre og svovlsyre? Det står ikke på etiketten, figur 3. Det står heller ikke i sikkerhedsdatablade for myresyre [1]. Eksempelvis nævner et sikkerhedsdatablad, som med bilag iht. EU-forordning 1907/2006 (REACH) fylder horrible 83 sider godt nok, at et "nedbrydningsprodukt" er CO, men nævner ikke reaktionen med stærke syrer. Bilaget er ubrugeligt. Maskinelt genereret nonsense. Det kunne man måske kigge på. Særligt i lyset af at flere brancher anvender store mængder af både svovlsyre og myresyre. Det er da et muligt læringspunkt.

Men hverken Arbejdstilsynets Formel-1 pitstop opklaring, lokalpolitiet i Holstebro's efterforskning over små to år, anklagemyndighedens omfattende juridiske overvejelser eller forsvarsadvokaternes heroiske indsats formår at identificere et eneste af disse læringspunkter.

Succeshistorie

Opklaringen af denne ulykke er elendig. Arbejdstilsynet tilkaldes for at undersøge, hvad der gik galt. Den tilsynsførende konstaterer hurtigt en grov overtrædelse; der blev nemlig ikke anvendt gasmaske. Så skal opklaring afsluttes, og sagen overgå til juristerne, for der mangler hjemmel [6].

De mest kompetente observationer i denne sag kommer fra den tilsynsførende. Men i stedet for at opklare ulykken, bliver hun sat til at udfylde papirer af forvaltningsretlig karakter. Der er selvfølgelig grænser for, hvad man tør overlade til en tekniker, men banaliteter af typen: Skete ulykken i udlandet/til lands/til vands/i luften går an. Juristerne kan ikke finde ud af sagens faktuelle indhold og overdrager den til lokalpolitiet i Holstebro, som heller ikke har de nødvendige kompetencer og ikke siger fra, selvom de reelt ikke magter opgaven. Intet tyder på, at specialister med kemisk indsigt er inddraget. Systemet er åbenbart indrettet således, at alle gør det, de er mindst kompetente til. Små to års efterforskning kulminerer med konstateringen, at man ikke ved, hvad der skete.

Men Sorteper kan sendes nedad til en lille slamsugerformand. Han burde vide, at når tanken bliver varm, så er det livsfarligt. At den farlige reaktion slet ikke udvikler varme, men tværtimod medfører afkøling, opdager ingen.

Beskadigede emballager med farlige stoffer anbringes rutinemæssigt i lidt større bjærgningsemballager, så de kan transporteres til destruktion på sikker vis. Men ingen interesserer sig for, at denne mulighed ikke eksisterer for palletanke, og afhentning med slamsuger derfor er en nærliggende nødløsning. Ingen interesserer sig for, at der mangler advarsler på både etiketter og i brugsanvisninger på, at to kemikalier, som

har mange fælles anvendelser, ved sammenblanding udvikler giftig gas.

Nu tænker læseren måske, at så kan det da heller ikke blive værre? Men det kan det faktisk godt. For en del tyder på, at forløbet bliver fortolket omvendt, som en succes.

Arbejdstilsynet griber jo resolut ind og standser arbejdet med strakspåbud. De udarbejder tilmed en skriftlig vurdering/undersøgelse. De vinder straffesagen efter et ægte retssalsdrama, endda med skærpet straf. Landsdækkende aviser følger sagen. Fagforeningen 3F træder til og hjælper enken med at rejse en civil erstatningssag. De vinder stort. Erstatningen er næsten ti gange større end straffesagens bøder. Der bliver blæst i basuner i medlemsbladet. Jeg har fået oplyst, at lovgivningen er ændret som følge af ulykken, så aftaler om transport af farlige stoffer nu skal være sporbare. Ingen telefoniske aftaler som i denne sag, der trak skyldsspørgsmålet i langdrag. Hvis man ser ud over landskabet af målbare resultater, ser det godt ud. Alle lamper lyser grønt. En rigtig succeshistorie.

Men i det skjulte udstiller ulykken alvorlige strukturelle problemer. Der findes ikke godkendte standardløsninger (bjærgningsemballage). Faren ved sammenblanding nævnes ikke på etiket eller i brugsanvisning. Økonomiske incitamenter og almindelig priskonkurrence vil tale for igen at anvende en slamsuger til bortskaffelse af ikke-ADR-godkendte palletanke med "samme slags farligt affald" – for det er trods alt den nemmeste og billigste løsning.

Det er naturligvis betryggende at vide, at retssagen vil køre mere smidigt, næste gang det sker.

Epilog

Artiklen er skrevet som frivilligt arbejde. Jeg udtaler mig som privatperson, ikke på vegne af mine arbejdsgivere eller andre.

Frank Hedlund (ph.d.) er risikoekspert i Cowi og ekstern lektor på DTU i risk management.

E-mail:

Frank Huess Hedlund: fhhe@cowi.com

Referencer

1. F.H. Hedlund, P.T. Aldrich, Inherently ill-defined nature of waste: Fatal outdoor poisoning of hazmat waste collection driver - lessons learned, *Process Saf. Prog.* (2021). doi:10.1002/prs.12233.
2. D. Morrison, M. Stern, C.H. Osorio-Amado, Waste Solvents to Trash Haulers: Lessons Learned from Hazardous Waste Accidents, *Process Saf. Prog.* 37 (2018) 427-441. doi:10.1002/prs.11966.
3. J.C. Etchells, M. James, H. Jones, A.J. Summerfield, Handling of reactive chemical wastes - A review, *Inst. Chem. Eng. Symp. Ser.* (2008) 671-681.
4. M. Kiilerich, Trelde: Chauffør omkom i giftig damp, *Fredericia Dagbl.* (17 sep 2009).
5. Chauffør død af svovldampe, *Lastbilmagasinet*. (17 sep 2009).
6. F.H. Hedlund, Opklaringen af alvorlige ulykker er i krise, *Dansk Kemi*. 101 (2020) 22-26.
7. AT, Aktindsigt i sag 20090069993. Dødsulykke d. 16. sep 2009 hos Holstebro Minkfodercentral.
8. Dødsfald fortsat et mysterium, *BAR Transp. Og Engros*. (2010).
9. J. Lambertsen, Dødsulykker samler støv hos politiet, *Jyllandsposten*. (7 jan 2011).
10. T.G. Svaneborg, Vognmandsfirma tiltalt efter giftulykke, *Jyllandsposten*. (12 jul 2011).
11. H.L. Jørgensen, Carsten blev kastebold i retten, *Dagbl. Holstebro*. (25 feb 2012).
12. Dom i sag om dødsfald ved arbejdsulykke i Holstebro, *Retten i Holstebro*. (2012).
13. J.W. Kristensen, Dødsulykke udløser million-erstatning, *Dagbl. Holstebro*. (9 aug 2013).
14. F.H. Hedlund, J. Frutiger, G. Sin, Svovlsyres fortyndingsvarme, *Dansk Kemi*. 99 (2018) 16-20.

Ozon i højarktis, klimaforandringer og brom kemi

Danske og internationale forskerhold studerer atmosfærekemi ved Villum Research Station i Nordgrønland.

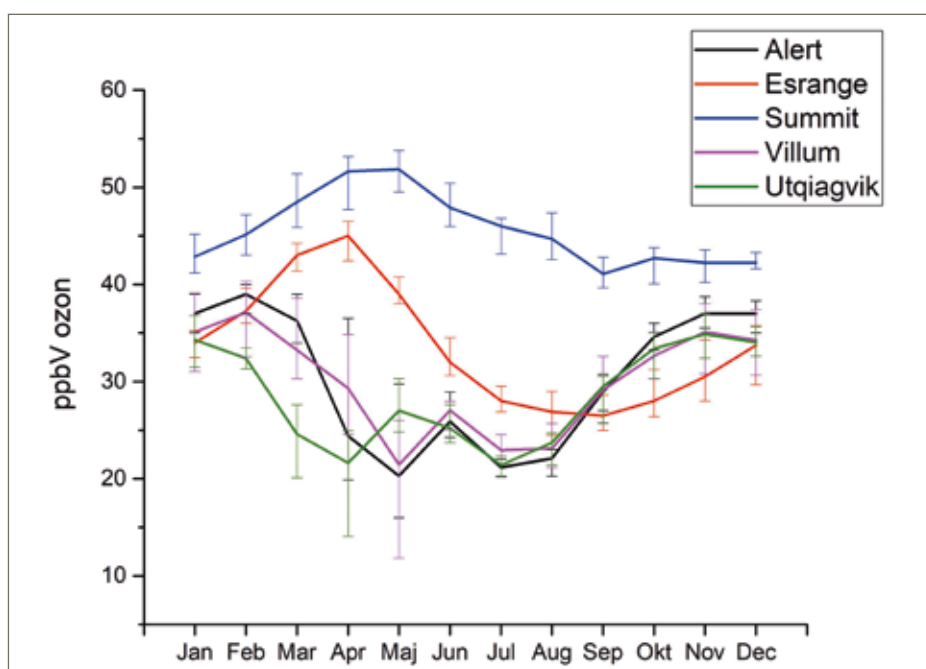
Af Jens Hjorth, Jakob Boyd Pernov, Claus Nordstrøm og Henrik Skov, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

Ozon i den nedre del af atmosfæren (troposfæren) er en ofte overset, men betydningsfuld drivhusgas, der også spiller en rolle i opvarmningen af Arktis [1]. På den danske Villum Research Station (i det følgende kaldt Villum) følges udviklingen i koncentrationerne af ozon og andre kemiske komponenter i luften, blandt andet med henblik på at forstå hvordan de påvirkes af klimaforandringerne. Her og ved andre højarktiske, kystnære målestationer viser ozonmålinger en årstids variation, som er helt forskellig fra, hvad der observeres andre steder: Om foråret, hvor koncentrationerne forventes at have et maksimum, ses der tværtimod ofte meget lave koncentrationer. Hvorfor det? Svaret ser ud til at ligge i den halogenkemi, der også kan forklare, at meget kviksølv forsvinder fra atmosfæren i samme periode.

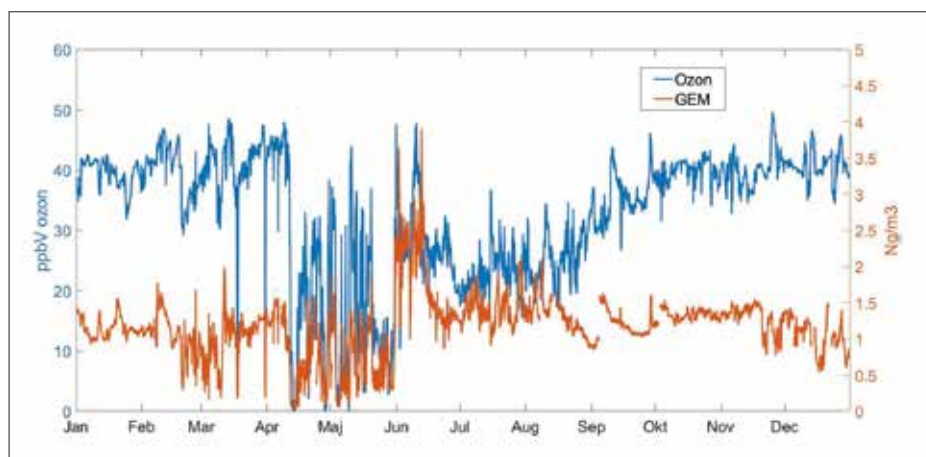
Ozon i troposfæren

Der er to kilder til forekomsten af ozon i troposfæren: fotokemiske processer i troposfæren og udveksling af luftmasser mellem troposfæren og stratosfæren. Sidstnævnte kilde menes at svare til omkring 10 procent af den ozon, der dannes i troposfæren [2], men stratosfæreozonens bidrag er varierende og kan i perioder have meget stor indflydelse på ozonkoncentrationerne i troposfæren.

Udgangsstofferne for den fotokemiske dannelse af ozon i troposfæren er nitrogenoxider (NO_x , $\text{NO} + \text{NO}_2$) sammen med metan og andre flygtige organiske forbindelser (VOC, "Volatile Organic Compounds") eller med kul monoxid, CO. Det sker ved en række radikal-reak-



Figur 2. Månedlige medianværdier af ozon ved Villum og andre arktiske målestationer. Fejlbjælkerne angiver øvre og nedre kvartil. Utqiagvik (Alaska) og Alert (Canada) er, som Villum, højarktiske, kystnære stationer. Summit er placeret midt på den grønlandske indlandsis i 3.211 meters højde, mens Esrange ligger ved Kiruna i Sverige, tæt på den Arktiske Cirkel og langt fra kysten.



Figur 3. Observerede koncentrationer af ozon og metallisk kviksølv (på engelsk, "gaseous elemental mercury", GEM). Her er året 2017 valgt som eksempel.

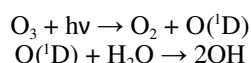
■ Ozon i atmosfæren

Ozon (O_3) i atmosfæren er mest alment kendt i forbindelse med stratosfæren, hvor den dannes ved processer, der starter med fotolytisk spaltning af ilt. Det resulterer i en høj koncentration i "ozonlaget", som hjælper med at beskytte os mod stråling i den mest energirige del af UV-spektret. Ozon findes imidlertid også i den nedre del af atmosfæren, troposfæren, hvor den har væsentlig betydning på tre områder:

- Den er en komponent i fotokemisk "smog" og vides at have skadelige virkninger på både menneskers helbred og på vegetation.
- Den er en vigtig drivhusgas, da den både absorberer sollys og infrarødt lys (varmestråling) fra jorden.
- Den har en nøglerolle i kemiske og frem for alt fotokemiske processer. Blandt andet leder fotolyse af ozon til dannelse af hydroxyl-radikalet, som er hovedansvarlig for at igangsætte de oxidationsprocesser, der fjerner de fleste forurenende stoffer fra atmosfæren.

tioner, der involverer OH-radikalet. Dannelsen af ozon konkurrerer med andre reaktioner, så hvis NO_x -koncentrationen er lav, dannes der ikke ozon.

OH dannes først og fremmest ved fotolyse af ozon, efterfulgt af en reaktion med H_2O :



Hvis NO_x -koncentrationen er lav, så OH-reaktionerne ikke fører til dannelse af ozon, vil fotokemien nedbryde ozon. Man kan altså forvente at se et ozon-minimum om sommeren på steder, hvor NO_x -koncentrationen er lav, som den oftest er i Arktis på denne årstid. På arktiske målestationer er der generelt lavere forureningsniveauer om sommeren på grund af, at den polare front er placeret højt mod nord og dermed hindrer transport af forurening, herunder NO_x , fra de store kildeområder ved vore breddegrader til Arktis.

I mere forurenede, smogplagede områder ser man tværtimod de højeste ozonkoncentrationer om sommeren. På målestationer i mindre forurenede områder på den nordlige halvkugle ses derimod generelt et maksimum om foråret (figur 2). På mange arktiske målestationer ses et ozonmaksimum i april måned.

Ozon forårsmaksima og -minima

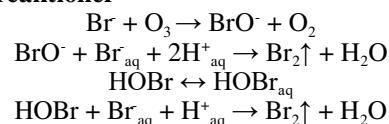
Forårsmaksima er et meget udbredt fænomen, men årsagerne til det er stadig omdiskuterede: Der kan være tale om en større indflydelse af stratosfære-ozon om foråret, men der er også klare tegn på, at fotokemisk dannelse af ozon i troposfæren er en del af forklaringen. Et fænomen, der formentlig spiller ind, er ophobning af både ozon og fotokemiske aktive forbindelser i troposfæren om vinteren, hvor deres levetid i atmosfæren, specielt i Arktis, er meget længere end om sommeren. Når solen får magt, kan det føre til relativt høje ozonkoncentrationer.

Den målte årstidsvariation af ozon ved Villum er vist i figur 3. Det ses, at i stedet for et forårs maksimum er der et lokalt minimum i maj. En lignende opførsel ses på de andre højarktiske, kystnære stationer i Canada, Alaska og Rusland. De lave ozon-middelværdier hænger sammen med en række episoder, hvor ozonkoncentrationerne pludseligt reduceres kraftigt (på engelsk "ozone depletion events"). Samme mønster ses for metallisk kviksølv i luften, og de to fænomener er kraftigt korrelerede (figur 3).

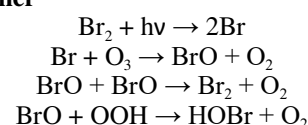
Brom kemi og ozon

En lang række studier [3,4,5,6] peger på, at årsagen er brom kemi. Mange observationer har vist forekomsten af episoder med høje koncentrationer af bromoxid (BrO) i luften over arktiske områder; satellitobservationer viser BrO -"skyer", der kan dække flere tusinde kvadratkilometer [3,7,8]. Brom findes i havvand og derfor også i havis og i de snefnug, der dannes, når en kraftig vind blæser over havisen. Kædereaktioner, der involverer både gasfase og overflade ser ud til at forårsage episoder med høje BrO -koncentrationer. Følgende mekanisme menes at kunne føre til de såkaldte "brom-eksplosioner" [5,6].

Heterogene reaktioner



Gasfase reaktioner



hvor først heterogene reaktioner mellem atmosfærisk O_3 og bromid fører til udsendelsen af brom, der herefter katalytisk nedbryder ozon. Brom-atomer reagerer ikke blot med ozon, men også med kviksølv og det forklarer sammenhængen mellem de to fænomener [4].

Når der observeres et minimum i stedet for et maksimum i ozonkoncentration om foråret, tyder det på, at brom-kemien har stor indflydelse på ozonkoncentrationerne i kystnære højarktiske områder. Det vil derfor være væsentligt at forstå, om de klimaforandringer, der nu foregår i Arktis, vil have en indflydelse på ozonkoncentrationerne om foråret. Undersøgelser, blandt andet observationer på Villum, viser, at ozon-nedbrydnings-episoderne ofte finder sted ved høje vindhastigheder, men et andet maksimum findes ved meget lave vindhastigheder. Sammen med andre observationer og modelberegninger peger det på, at snefnug fra havis skabt af kraftig vind spiller en væsentlig rolle, men også reaktioner på havis-overflader og specielt på våger, der fryser til igen, kan være væsentlige processer. Der er også formodninger om, at førsteårs havis er mere reaktiv end ældre havis. Det er nogle brikker i et større puslespil, men der mangler stadigvæk en samlet forståelse af, hvordan brom-kemien i Arktis påvirkes af klimaforandringerne.

Tendenser i ozonkoncentrationen ved Villum

Ozon-målingerne på Villum startede allerede i 1996 og fortsætter stadig, dog har der været en afbrydelse fra 2003-2007. Den ►

Pipettecenteret

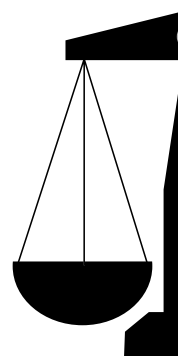
Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

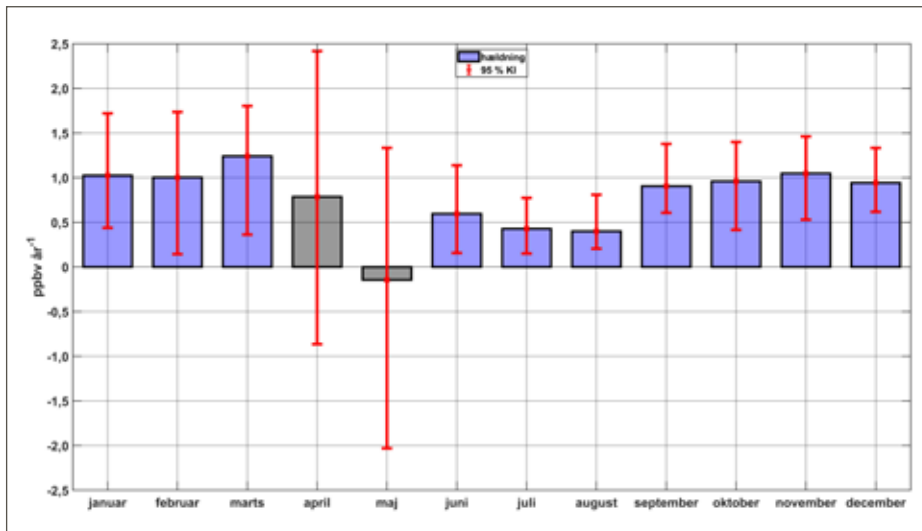
Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

Salg af pipetter og laboratorie varer.



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





Figur 4. Hældninger af de månedlige medianværdier af ozon over årene 2007-2019 ved Villum, beregnet med Theil Sens metode. Fejlbjælkerne angiver øvre og nedre 95 procent konfidens intervaller, beregnet med Mann Kendalls test.

lange tidsserie har gjort det muligt at undersøge tendenser i koncentrationerne målt over en årrække (figur 4). Mens der ikke er nogen signifikant tendens over hele perioden, så er der en klart stigende tendens over perioden fra målingerne blev genstartet i 2007 frem til i dag. Hvis man ser på de enkelte måneder, så er det tydeligt, at stigningen er kraftigst om vinteren. Mere ozon om vinteren kan forklares med, at der er færre udledninger af NO_x, som reagerer med ozon [9]. Mere ozon om sommeren kan derimod

ikke forklares på samme måde, fordi lavere NO_x-koncentrationer nærmere skulle føre til lavere ozonkoncentrationer.

Ozon-kemi i troposfæren er kompleks og der er stadig meget, vi ikke fuldt ud forstår. Heldigvis har der i de allersejeste år foregået en række avancerede målinger, som vil kunne bidrage betydeligt til en bedre forståelse. Blandt andet har vi netop fået de første resultater af målinger af både bromoxyl og jodoxyl radikaler i luften ved Villum. Det er spændende resultater, som vil kunne

gøre os klogere også på både halogen- og ozon-kemien.

Taksigelse

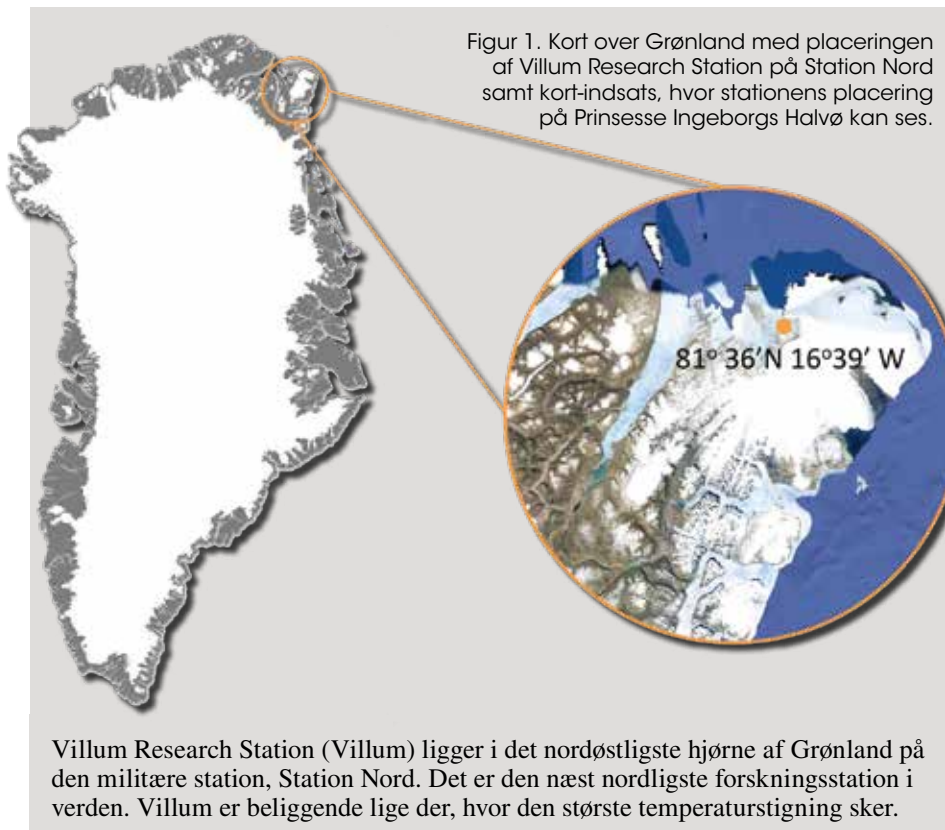
Miljøstyrelsen takkes for finansiell støtte fra DANCEA-midler til dette arbejde. Forsvaret takkes for hjælp med logistikken på Station Nord. Endelig takkes ERA-Planet projektet iGOSP for økonomisk støtte.

E-mail:

Jens Hjorth: jens.hjorth@envs.au.dk

Referencer

1. IPCC. (2013). *IPCC Fifth assessment report*. <https://pubs.giss.nasa.gov/abs/ip02000c.html>. Downloaded 8. marts 2021.
2. Monks, P.S., Archibald, A.T., Colette, A., Cooper, O., Coyle, M., Derwent, R., ... Williams, M.L. (2015). Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcers. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(15), 8889-8973. doi:10.5194/acp-15-8889-2015.
3. Skov, H., Christensen, J.H., Goodsite, M.E., Heidam, N.Z., Jensen, B., Wählin, P., & Geernaert, G. (2004). Fate of elemental mercury in the arctic during atmospheric mercury depletion episodes and the load of atmospheric mercury to the arctic. *Environmental Science & Technology*, 38(8), 2373-2382.
4. Skov, H., Hjorth, J., Nordstrom, C., Jensen, B., Christoffersen, C., Poulsen, M.B., ... Christensen, J. H. (2020). Variability in gaseous elemental mercury at Villum Research Station, Station Nord, in North Greenland from 1999 to 2017. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(21), 13253-13265. doi:10.5194/acp-20-13253-2020.
5. Wang, S.Y., McNamara, S.M., Moore, C.W., Obrist, D., Steffen, A., Shepson, P.B., ... Pratt, K.A. (2019). Direct detection of atmospheric atomic bromine leading to mercury and ozone depletion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(29), 14479-14484. doi:10.1073/pnas.1900613116.
6. Yang, X., Blechschmidt, A.M., Bognar, K., McClure-Begley, A., Morris, S., Petropavlovskikh, I., ... Zhao, X. Y. (2020). Pan-Arctic surface ozone: modelling vs. measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(24), 15937-15967. doi:10.5194/acp-20-15937-2020.
7. Blechschmidt, A.M., Richter, A., Burrows, J.P., Kaleschke, L., Strong, K., Theys, N., ... Zien, A. (2016). An exemplary case of a bromine explosion event linked to cyclone development in the Arctic. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(3), 1773-1788. doi:10.5194/acp-16-1773-2016.
8. Christensen, J.H., Brandt, J., Frohn, L.M., & Skov, H. (2004). Modelling of mercury in the Arctic with the Danish Eulerian Hemispheric Model. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 4, 2251-2257.
9. AMAP 2021 Assessment: Air Pollution in the Arctic with a Focus on Short-Lived Climate Forcers (SLCFs) in press 2021.



Figur 1. Kort over Grønland med placeringen af Villum Research Station på Station Nord samt kort-indsats, hvor stationens placering på Prinsesse Ingeborgs Halvø kan ses.

Villum Research Station (Villum) ligger i det nordøstligste hjørne af Grønland på den militære station, Station Nord. Det er den næst nordligste forskningsstation i verden. Villum er beliggende lige der, hvor den største temperaturstigning sker.

G-proteinkoblede receptorer på tungen

Af Jens Folke, lean6sigma.eu

Igennem de sidste knap to år har Køkkenkemisten handlet om tungen smagsløg illustreret ved en udvidelse af smagshjulets fem grundsmage (surt, salt, sødt, bittert & umami) til en smagssekskant, hvor også frie-fedtsyre smagsløget (oleogustus) er inkluderet. Uanset om den gastronomiske verden bruger smagshjulet med fem grundsmage, eller smagssekskantens seks grundsmage, er der tale om en abstraktion, som kan være relevant for kokken, når maden skal tilsmages. Biokemisk set er denne opdeling nemlig ikke helt så meningsfuld. Mennesker har to biokemisk forskellige typer af smagsløg på tungen, nemlig smagsløg i det uorganiske kompleks med salt ↔ surt (se DK 2020(03) & DK 2020(05)), og smagsløg i det organiske kompleks med de G-proteinkoblede receptorer (GPCR'er), der stimuleres af specifikke organiske forbindelser (se DK 2020(06-08)). Som mine tidligere artikler i Dansk Kemi således har påvist, er den søde smag ikke bare sukkersmag. Der er identificeret mindst otte forskellige sukkerreceptorer og nok 25 bitterstofreceptorer, foruden umami/kokumi- og oleogustus-receptorerne (DK 2020(08)). De er alle af typen GPCR'er, så lad os se lidt nærmere på dem [1].

G-proteinkoblede receptorer (GPCR'er) udgør en stor gruppe af evolutionært relaterede proteiner, som er celleoverfladereceptorer, der detekterer molekyler uden for cellen og aktiverer cellulære reaktioner. GPCR'er findes kun i encellede eukaryoter, herunder gær og flagellater, og i dyr, men ikke i planter. De ligander, der binder og aktiverer disse receptorer, indbefatter smag, lugt, feromoner, hormoner og neurotransmittere, og de varierer i størrelse fra små molekyler til peptider og til store proteiner. GPCR'er er stærkt involveret i det intercellulære stofskifte og mange sygdomme skyldes defekter i disse receptorer. (I 2012 fik Brian Kobilka og Robert Lefkowitz Nobelprisen i kemi for deres udredning af GPCR-komplekset).

DNA-analyser af det humane genom viser, at vi potentielt har 831 GPCR'er, men

det vides ikke, hvor mange af dem der er aktive. De er involverede i utrolig mange fysiologiske processer, for eksempel syns-, smags- og lugtesansen, neurotransmittere i hjernen (serotonin, dopamin m.fl.). De findes i det autonome nervesystem, medvirker til immunsystem responser og til at holde vandbalancen i kroppen. GPCR'er i smagsløgenes sanseceller medierer frigivelse af gustducin (sødt og bittert) eller transducin (umami/kokumi), som en reaktion på søde, bitre, umami og oleogustus smagende stoffer.

Gustducin og transducin er G-proteiner (G=guanine nucleotid-bindende protein), der virker som kontakter inde i cellen, når den stimuleres udefra. Det udløser et nervesignal i et smagsløg ved en passende smagsstimulus. Gustducin findes også i mave-tarm-systemet, og der spekuleres i, at det er en sekundær reaktion på bitre giftstoffer, der sikrer, at de udskilles gennem opkast, hvis personen skulle ignorere kraftige bitter-smags-signaler fra smagsløgene. Vores sukker-smagsløg kan adskille sukkerarter som sukrose, fruktose, glukose m.fl. fra kunstige sødestoffer. Måske er det derfor, at kunstige sødestoffer ikke tilfredsstiller smags-komplekset, da der i mave-tarm-systemet findes specifikke receptorer for de enkelte sukkerstoffer (DK 2020(6)). Det er alt sammen ret komplekst, men ref. [1,2] giver en glimrende indgang til stoffet, hvis man er interesseret.

Alt dette giver selvfølgelig uanede muligheder for kokekunsten, når man ikke i tilsmagningen alene skal forholde sig til smagshjulets fem kategorier eller smagssekskantens seks. Vi har mulighed for i madlavningen at skabe et samspil med måske et halvt hundrede forskellige smagsløg, der interagerer. Tungen smagsløg er både en sidste barriere mod at indtage dødeligt giftige fødeemner ved den "grimme smag" af oversaltet, -surt, -bittert, råddent osv. og en stimulans til at spise en balanceret kost af de fødeemner, der trigger sødt (frugt/kulhydrater), surt (C-vitamin), salt (Na^+/K^+ -balancen), umami (protein), oleogustus (fedt) og

bittert (antioxidanter, vitaminer). Man kan spekulere i, at hjernen sender signal om at indtage bestemte fødeemner som funktion af det intercellulære stofskifte. Når vi har lavt blodsukker, får hjernen signal herom fra insulin-komplekset; når vi har behov for fedtkalorier, kommer glukagon i spil, så sultfornemmelsen er ikke entydig. Professor Charlotte Erlanson-Albertsson [3] argumenterer for, at et frit fødevalg fører til, at mennesker foretrækker 40 procent kulhydrater, 50 procent fedt og 10 procent protein i kosten.

Sultfornemmelsen får os typisk til at indtage en stivelses- og fiberrig kost, der stabiliserer blodsukkeret og giver tyktarmen noget at arbejde med, så vi får et sundt tarm-mikrobiom. Lysten til fedt er et darwinistisk princip, da fedt er meget energirigt og derfor et godt energidepot til lange tider. Vi har både smagsløg og nerveceller, der reagerer på fedt, og sandsynligvis skelner vi ubevidst mellem de flerumættede fedtstoffer, der har karakter af vitaminer, og de mættede fedtstoffer, der alene giver energi, og som vi selv kan lave i leveren af sukker og proteiner. Vi bliver hurtigt trætte af en umami-overstimulering og begrænser således lysten til protein i maden ved ca. 10 procent indtag. Overdrevent proteinindtag belaster såvel lever- som nyrefunktionen på grund af deamineringen, der sker ved nedbrydning af det protein, vi bruger til energi i Krebs' cyklus. Når alt er til rådighed hele tiden, kan den naturlige appetitregulering dog blive afkoblet. Overvægtige kvinder har en tendens til at overspise en kombination af fedt og sukker (kager og kiks), mens overvægtige mænd vælger de fede retter [3].

Den moderne livsstil med moderat motion og stillesiddende arbejde gør, at vi ikke har brug for den naturlige model med kulhydrat:fedt:protein i 40:50:10 forholdet. Det fører let til overvægt, når vi ikke skal bruge døgnets vågne timer på dyrejagt eller i det marine på jagt efter bløddyr såsom østers og muslinger, samt urte- og insektindsamling - det vi genetisk set for mere end 1 million år siden blev disponeret for. Derfor bør



Blæksprutte & Jomfruhummer

Ingredienser:

8-16
hele jomfruhummere
(afhængig af størrelse)
2 blæksprutter,
500-1.000 g
Salt og peber

Hummersauce

Jomfruhummerskaller
og -hoveder
1 løg
1 gulerod
100 g knoldselleri
1 spsk. olivenolie
3 spsk. tomatpuré
2 fed hvidløg
2 dl hvidvin
1½ l vand (ca.)
1½ dl cremefraiche 38%
2 tsk. majsstivelse
Muskatnød,
salt og peber
1-2 tsk. citronsaft

Blomkålscreme, ristet og revet blomkål

1 lille blomkål,
ca. 800 g
2 dl sødmælk
Salt og peber
1 spsk. smør

Tilbehør

400 g kartofler
1 bundt dild

Fremgangsmåde:

Dampet blæksprutte med jomfruhummer

Pil forsigtigt halerne ud af skallerne og fjern tarmen. Gem alle hoveder og skaller. Rens blæksprutten og skær kappen op på den lange led. Skær i kappen diagonalt på kryds og tværs som kvadrater, men skær ikke igennem. Skær den så på langs i 2-3 cm tykke strimler. Skær arme i centimeter tykke stykker.

Krydr jomfruhummerne med salt og peber og rul 1-3 haler ind i en blækspruttestrimmel, således at kvadraterne vender udad.

Hummersauce

Hak hummerskallerne og -hovederne groft. Hak løget groft, og skær gulerod og selleri i tern. Brun hummerskaller og grøntsager i olien i en stor gryde. Tilsæt tomatpuré og finthakket hvidløg og svits det med i ½ minut. Tilsæt hvidvin og vand, så det dækker skallerne og kog i 1 time. Sigt boullonen og kog den ind til 4 dl. Læg rullerne i en sigte ned i bouillon og kog dem med i ca. 2-3 minutter. Tag blæksprutte-rullerne op og lad dem dryppe af.

Rør cremefraiche med majsstivelse og jævn hummersaucen, kog saucen op og smag den til med salt, peber og lidt citronsaft.

Blomkålscreme og ristet blomkål

Skær halvdelen af blomkålen i små buketter. Skær 1/3 af resten af buketterne af og riv dem til blomkålsris. Skær det sidste og stokken i grove stykker og kog dem i mælk, til de er helt møre. Blend blomkålen med mælken til en blød puré og smag den til med reven muskatnød, salt og peber. Steg blomkålsbuketterne i smør på panden, til de er gyldne og møre med lidt bid. Krydr med salt og peber og kom blomkålsrisene i.

Anret rullerne med blomkålspuré, hummersauce og drys med ristet blomkål og grofthakket dild.

m.m. Fedtet bør inkludere ω -3 fedtsyrer, gerne fra marine kilder (C_{18} -fedtsyrer), men kun mættet fedt fra drøvtyggere i begrænsede mængder: Begrænsningen gælder også for terrestriske ω -6 fedtsyrer (C_{16} -fedtsyrer) fra planter, da en ubalance i ω -6/ ω -3-forholdet for C_{16} -fedtsyrer, altså fedtsyrer fra planteverdenen, giver anledning til hjerte-kar-sygdomme (se DK 2015(05)) [5].

De sunde fedtstoffer i køkkenet er olivenolie, rapsolie og smør [6]. Spis mange grøntsager, der vokser over jorden, da de generelt er mindre stivelsesholdige og mere fiberrige, for eksempel korsblomst-familiens mange kålplanter med broccoli i spidsen [7]. Spar lidt på de mange rodfrugter, der er rige på stivelse eller polyfruktoser. Proteinrige grøntsager som bønner, linser, quinoa m.m. overlapper med de letnedbrydelige kulhydrater, men kommer også med fibre, så de er rigtig gode på tallerkenen. Børn skal have stimuleret såvel fedt- som protein-sansen; det er risikabelt at lade dem klare sig på en diæt som veganere [8].

Sammenfattende kan man sige, at såvel smagscirklen som smagssekskanten er en operationel reduktion af et meget komplekst smagsapparat bestående af i hvert fald et halvt hundrede såvel uorganiske som organiske smagsreceptorer – og så har vi slet ikke talt om lugtesansen. Så der levnes bestemt plads til kogekunst, der går langt videre end den naturvidenskabelige tilgang til neurogastronomi (DK 2019(8)).

I sidste udgave af Dansk Kemi (1, 2021) kom blæksprutten under kærlig behandling [9]. Her kommer en opskrift på blæksprutte med jomfruhummer og blomkål.

Facebook: Køkkenkemisten

Referencer

1. https://en.wikipedia.org/wiki/G_protein-coupled_receptor
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Gustducin>
3. <https://perspektiv.nu/da/artikler/appetitregulering-og-makronaeringsstoffer.aspx?PID=71>
4. <https://casperjespersen.dk/den-modificerede-tallerkenmodel-til-dig-der-gerne-vil-spise-ude/>
5. C. Christophersen: Myter om mættet fedt og sukeryld. Dansk Kemi (95), 2014(111), side 8-9.
6. <https://nexs.ku.dk/forskning/vidensbanken/rapsolie-olivenolie/>
7. C. Christophersen: Broccoli for en sikkerheds skyld. Dansk Kemi (94), 2013(10), side 8-9.
8. <https://www.sundhed.dk/borger/patienthaandbogen/sundhedsoplysning/kost/vegetarkost-for-boern/>
9. C.V. Schmidt, K. Olsen og O.G. Mouritsen: Umami-potentiale af danske østers og

en moderne tallerken nærmere bestå af 25 procent kulhydrat/fedt, 50 procent fiberrige grøntsager og 25 procent protein [4]. Grøntsagerne og proteinet

giver en hurtig mæthedsfølelse og sikrer, at vi ikke overspiser. Kulhydrater i agerbrugs-samfundet udgøres typisk af brød, pasta, kartofler, ris, frugt

Interessegruppe for Gasanalyse
afholder i samarbejde med IDA Kemi et webinar om

Effekter af covid-pandemien på det atmosfæriske miljø

Torsdag den 20. maj 2021 kl. 13:00 - 15:00

Webinaret gennemføres med Zoom som platform. Link til webinaret vil blive sendt til de tilmeldte pr. e-mail.

Pandemien forårsaget af coronavirus SARS-CoV-2 har ført til nedlukninger over store dele af verden: Første gang i foråret 2020 og senere under anden bølge i efteråret 2020. Nedlukningerne har påvirket vores arbejdsliv og fritid. En stor del af arbejdsstyrken arbejder hjemme, hvilket påvirker den private og offentlige transport. Regeringen fraråder ydermere unødvendige rejser til udlandet, hvilket påvirker især flyindustrien. Lukning af forretninger og butikker påvirker ydermere energiforbruget, og følgevirkninger af nedlukningen medfører generelt en dalende aktivitet i samfundet. Samlet betyder det, at udledningen af forurenende stoffer mindskes, herunder drivhus-

gasser. Et studie i Nature Communications fra 2020 beregnede en nedgang i de globale CO₂-udledninger på knap 9%.

Nationalt Center for Miljø og Energi - Aarhus Universitet er netop fremkommet med et notat, der ligeledes viser nedgang i kvælstofoxider og partikler under den danske nedlukning. I dette webinar vil vi se på effekten af nedlukningerne på det atmosfæriske miljø i Danmark og globalt gennem en række foredrag af førende specialister. Vi vil også skue fremad og diskutere, om de midlertidige effekter vil vare ved.

Mødet arrangeres i samarbejde med IDA Kemi. Vel mødt til et spændende møde!

13:00 Velkomst og introduktion

13:10 Effekter på CO₂

13:30 Spørgsmål fra deltagerne

13:35 Effekter på forureningen i Danmark

13:55 Spørgsmål fra deltagerne

14:00 Effect of covid-19 lockdown observed at Villum Research Station in the High Arctic

14:20 Spørgsmål fra deltagerne

14:25 5 minute break

14:30 Luftkvaliteten omkring Københavns Lufthavn under coronaepidemien

14:50 Spørgsmål fra deltagerne

14:55 Den kollektive trafik før, under og efter coronapandemien?

15:15 Spørgsmål fra deltagerne

15:30 Afslutning

Thomas Rosenørn, Infuser

Liselotte Sørensen, Aarhus Universitet

Thomas Ellermann, Aarhus Universitet

Daniel Thomas, Aarhus Universitet

Frantz Bræstrup, FORCE Technology

Harry Lahrman, Aalborg Universitet

Thomas Rosenørn, Infuser

Alle er velkomne. Der er ingen mødeafgift. Tilmelding foretages senest den 14. maj 2021 til:

Karsten Fuglsang, FORCE Technology, e-mail: kfu@force.dk eller IDAs mødetilmelding, <https://ida.dk/arrangementer-og-kurser>, søg på <https://ida.dk/arrangementer/339894>

Jagten på bæredygtige proteiner

Deltag i dette spændende foredrag om, hvordan Unibio har udviklet en bæredygtig og økologisk teknologi, der omdanner metan til alle kilder til proteinprodukter, der anvendes som føde i den 3. verden og til dyrefoder.

Vi får besøg af direktør Henrik Busch-Larsen og teknisk direktør Jess Dragheim fra Unibio, som vil holde foredrag for os om fremstilling og markedsføring af bæredygtige proteiner. Unibio har udviklet en konkur-

rencedygtig, bæredygtig og økologisk fermenteringsteknologi, der kan omdanne metan fra alle kilder til et stærkt koncentreret proteinprodukt. Det har resulteret i spændende projekter.

22. april 2021, online

Læs mere: www.ida.dk/arrangementer/339777

Double Beam UV-Vis/NIR

“One-Drop” & Integrating Spheres accessories

Absolute Reflectance accessory

IQ Accessory recognition

V-780 – Unique High Sensitivity NIR

Simultaneous Dual Wavelength Measurement



V-700 Series ... UV-Vis/NIR Spectrophotometers



Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov

Telefon 8621 2866
E-mail: sales@biolab.dk

