

# Havsvampes hemmeligheder

**Havsvampe gemmer på recepter til fremtidens materialer og strukturer, men afslører samtidig basale biokemiske mekanismer, der er stadier på vejen til udviklingen af højere dyrs komplekse organer**

Af Carsten Christophersen, [carsten@techmedia.dk](mailto:carsten@techmedia.dk)

Svampe eller Porifera er de ældste flercellede dyr, der stadig lever og trives. De sidder inde med 250 millioner års erfaring om, hvordan man overlever og tilpasser sig ændrede omgivelser. Den erfaring er de nu langsomt ved at dele med en af de nyeste



Svamp fra et koralrev i Stillehavet. De små åbninger på siden af svampen tjener til indtag af vand, som efter at være filtreret for fordøjelige partikler, udledes gennem den store runde åbning øverst.

Foto: Jay Burreson.

og i den forbindelse mest uerfarne arter på jorden – mennesket. I takt med at kemien undersøges vælder overraskende inspirationskilder til ny forskning frem. Det kan dreje sig om intelligente materialer og metoder til produktion af teknolo-

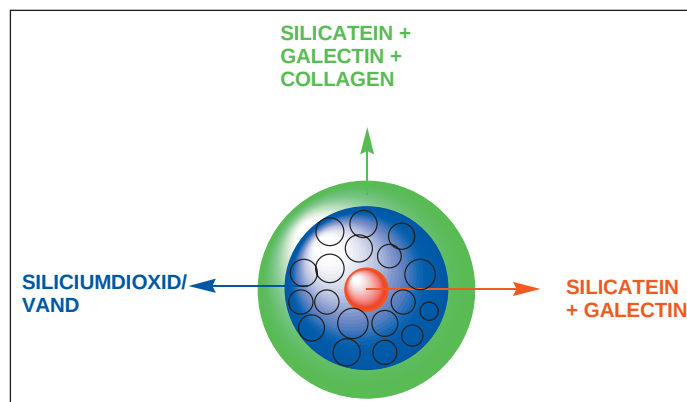
gisk vigtige komponenter. Med stigende kendskab til svampes biokemi vindes ny indsigt i vigtige basale funktioner som f.eks. immunsystemets udvikling. Med variationer er de grundlæggende reaktioner til stede i mange levende væsener, og indsigten inspirerer til nye angrebsvinkler inden for mange moderne discipliner og specielt lægevidenskab.

## Svampe med spikler – havets kaktus

Dannelse af bio-silicium er genstand for intens forskning, dels pga. den erkendelsesmæssige betydning, men også fordi nye metoder inden for siliciumteknologien har stor industriel bevågenhed.

Kiselsvampene har glasagtige nåle af vandholdigt amorft siliciumdioxid - opal. Det er spiklerne, som danner svampes indre skelet. De kan være simple nåleformede, men mange svampe har yderst kunstfærdigt udformede spikler, der kendetegner arten. Nogle spikler er meget små, mens andre kan antage anselige dimensioner. F.eks. lever en glassvamp fra dybhavet, *Monorhaphis chuni*, sit liv stående på en op til 3 m lang spikel med en diameter på 10 mm.

Linseagtige strukturer i svampen *Rossella racovitzae* opsamler lys og leder det via spiklerne til det indre af svampen, hvor



Spiklen er bygget op over en central streng af silicatein hæftet sammen på en galectinstreng. Det næste uorganiske lag består af opal-nanokugler. Derefter kommer et organisk lag med silicatein. Denne opbygning med vekslende organisk-uorganiske lag gentages gennem hele spiklen.

symbiotiske alger fotosyntetiserer. *Hyalunema sieboldi* har 30 cm lange spikler med en diameter på 300 µm. Disse lysledere tillader kun bølgelængder mellem 614 og 1310 nm at passere. Mekanisk er spikler langt mere fleksible og robuste end konventionelle lysledere.

## Historien om en spikel

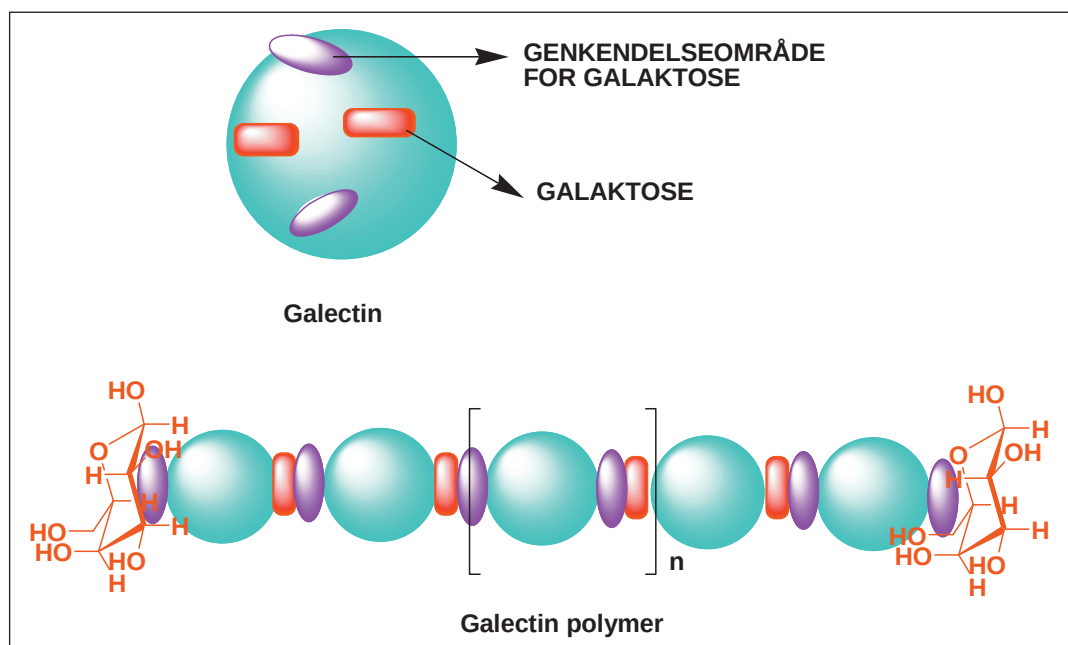
Spikler dannes inde i særlige celler, men afsondres, når de er omkring 10 µm store, hvorefter de bygges færdig uden for cellen. Opbygningen sker rundt om en organisk proteinmatrix, der indeholder former af enzymet silicatein. Det katalyserer poly-

## Silicium

Silicium er det næst hyppigste grundstof i jordskorpen. Ved koncentrationer på 1-2 mM og neutralt pH kondenserer orthokiselsyre ( $pK_a$  9,8) og danner polymere siloxaner med Si-O-Si-bindinger. I havet er middelkoncentrationen af kiselsyre 70 µM. Marine organismer omsætter omkring 6,7 gigatons silicium årligt i deres skeletter.

Bio-silicium træffes især hos svampe og de kunstfærdige komplicerede skaller fra kiselalger (diatomeer). Mekanismen for dannelsen hos diatomeer og svampe viser udprægede paralleller. Mange organismer indeholder siliciumforbindelser, men i mindre mængde f.eks. i mennesket som nødvendigt sporstof og som afstivning i planter.

Svampe har verdensrekord i isotopfraktionering af silicium. Isotopen  $^{30}\text{Si}$  har en værdi,  $\delta^{30}\text{Si}$ , som er  $3,8\% \pm 0,8\%$  mere negativ end kiselsyre fra havvand. Det er den højeste kendte værdi for nogen naturlig proces på Jorden.



De to laktose-genkendelsesområder binder til to galaktoseenheder i lektinmolekylet. Der dannes et 3-dimensionalt netværk, der bindes til silicateinmolekyler.

### Blåtryk til en spikelfabrik

Siliciumstofskiftet involverer en række specielle proteiner. Silicatein optræder ikke alene, men som et kompleks på et stillads af andre proteiner. Galectin er et lektin, der er til stede i stor mængde i svampe. Det genkender og binder til et laktosemotiv, men lektinmolekylet indeholder selv to sådanne motiver. I nærvær af calciumioner binder galec-

tin til dem og danner store netværk. Galectin holdes på plads af specielle trådede collagen-molekyler. Når galectin bindes til silicatein fordobles hastigheden for polymeriseringen, men galectin selv virker ikke katalytisk.

Ved industrielle samleband er forsyningen af de enkelte komponenter helt afgørende for effektiviteten. Det klarer

## Hurtige og pålidelige gasmålinger

### Photoacoustic Field Gas-Monitor – INNOVA 1412

Anvendes i en lang række applikationer, eksempelvis:

- Procesovervågning
- Kvalitetskontrol
- Arbejdsmiljø
- Ventilation og luftkvalitet
- Måling af drivhusgasser
- Forskningsopgaver

Læs mere på [www.lumasenseinc.com](http://www.lumasenseinc.com)



**LUMASENSE**  
TECHNOLOGIES

Energivej 30  
DK-2750 Ballerup  
Tel. 44 200 100

LumaSense Technologies markedsfører INNOVA instrumenter til måling af gasser, farlige stoffer og indeklimaforhold samt avancerede temperatur sensorer baseret på fiberoptikteknologi.

svampen ved en mekanisme, der aktivt transporterer kiselsyre ind i cellen. Kiselsyre blandet med silicatein ophobes i specielle transportørceller, der leverer kemikalierne til det sted på spiklen, hvor de i øjeblikket behøves.

## Silicatein er miljøvenligt

Dannelsen af siliciumdioxid-nanokugler katalyseres af silicatein, men enzymet kan også polymerisere andre materialer og danne nanostrukturer baseret på titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ), zirkoniumdioxid ( $\text{ZrO}_2$ ) og galliumoxid ( $\text{GaOOH}$ ). De nye materialer udviser interessante halvleder-, piezoelektriske-, dielektriske- og/eller elektro-optiske-egenskaber. Materialer fra denne gruppe anvendes inden for bio-kompatible materialer, solceller, heterogen katalyse, fotokatalyse, gas-sensorer og affaldsbehandling. Enzymet kan bindes til metaloverflader og bevarer sin aktivitet. Det åbner mulighed for industriel produktion under "grønne" betingelser som lav temperatur og tryk ved nær neutralt pH. Det er i skarp kontrast til de aktuelle industrielle processer, der ofte kræver høj temperatur og tryk samt ekstremt ætsende reaktions-

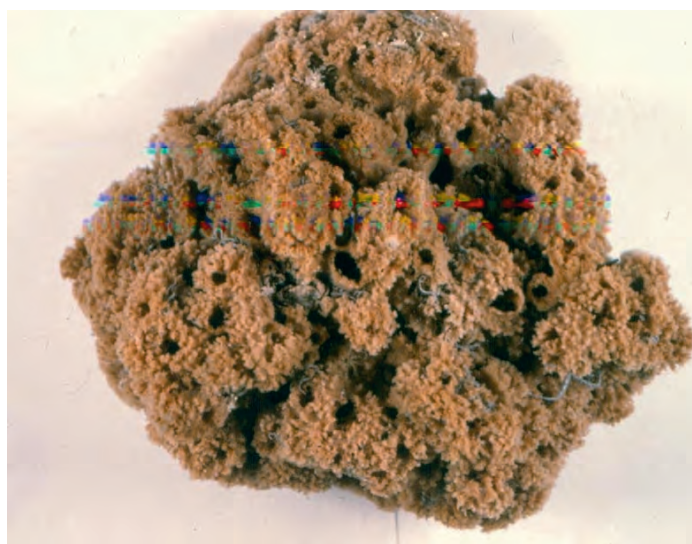
## Lektiner genkender sukker

Lektiner er opløselige proteinstoffer, der genkender specifikke konfigurationer af sukkermolekyler og danner stabile komplekser med dem. Mange dyriske væv indeholder galektiner, der binder til laktoseenheder. De bedst kendte lektiner er det ekstremt giftige ricin isoleret i 1888 og det giftige concanavalin A fra bønner. Det blev krystalliseret i 1919.

betingelser. Silicatein katalyserer polymeriseringen af organiske derivater af kiselsyre og danner de teknisk vigtige siliconer.

## Immunsystem i simpel udgave

Højere dyrs immunsystem er kolossalt kompliceret. Det er vigtigt at kende systemets funktion og begrænsninger for at behandle fejlreaktioner. Svampe har ikke et immunsystem, men de kan genkende egne celler. Hvis adskilte celler fra to forskellige svampe – en gul og en orange – blandes og efterlades, finder de i løbet af nogen tid sammen til en gul og en orange svamp igen. Det skyldes enormt komplicerede proteoglykan-komplekser med molekyelvægt i størrelsesordenen 20 millioner

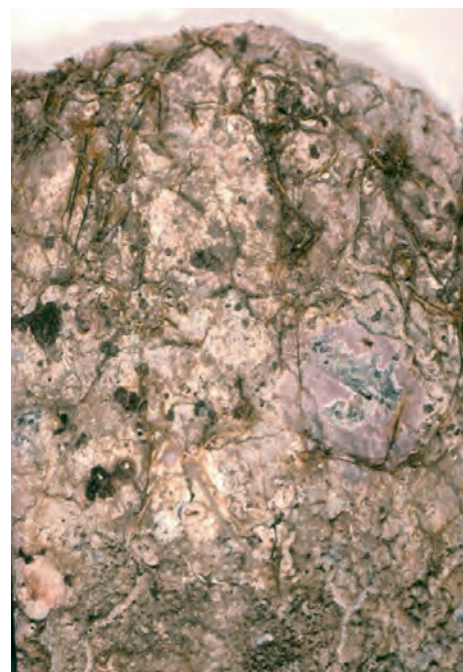


Havsvamp fra Cortéshavet. Der er ingen begroning på svampen, kun små slangestjerner bebor overfladen.  
Foto: Carsten Christophersen.

## Svampe er ikke ukomplicerede

På den ene side er de dyriske svampe blot en samling celler uden organer. De befinder sig helt nede i bunden af dyrriget. Men på den anden side afsløres flere og flere geniale træk ved deres konstruktion og fysiologi, efterhånden som de bliver grundigt undersøgt. Svampene tilhører Porifera og underinddeles i tre grupper Hexactinellida (glassvampe), Demospongia (hornsvampe) og Calcarea (kalksvampene). Demospongia har et skelet af spongin og kan have spikler af siliciumdioxid. Over 90% af alle svampe tilhører Demospongia. De har været her siden Prækambrium for omkring 550 millioner år siden og har haft god tid til at udvikle sig sammen med miljøet.

Dalton. De genkender proteiner med molekyelvægt omkring 200.000 på cellens overflade og forbinder sig med dem. På den måde bringes ens celler fysisk sammen og klistrer til hinanden. En variant af denne reaktion bevirker, at væv kan transplanteres til et individ med samme arvmasse. Hvis vævene er forskellige dannes en krigszone mellem svamp og transplantat. Så dræber de to væv hinanden og går til grunde. Et lignende problem opstår, hvis et donororgan ikke er forligeligt med modtagerens vævstype, idet organet afstødes. Ved transplantation af organer dæmpes immunresponsen med cyclosporin A. Utroligt nok virker det også på svampe, således at transplantatet ikke umiddelbart afstødes. Virkemåden minder om antistoffers funktion og repræsenterer måske et tidligt trin i udviklingen af et immunsystem.



Skinkemusling fra Cortéshavet. I modsætning til svampene er muslingeskallen begroet med utallige arter af alger og hvirvelløse dyr.  
Foto: Carsten Christophersen.

Kilder

P. R. Bergquist *Sponges* 1978 Hutchinson & Co. Ltd London.  
Biofabrication of biosilica-glas by living organisms H. G. Schröder, X. Wang, W. Tremel, H. Ushijima og W. E. G. Müller *Natural Product Report* 2008, Bind 25, side 455-474.

Silicon isotope fractionation by marine sponges and the reconstruction of the silicon isotope composition of ancient deep water C. L. De La Rocha *Geology* 2003, Bind 31, side 423-426.