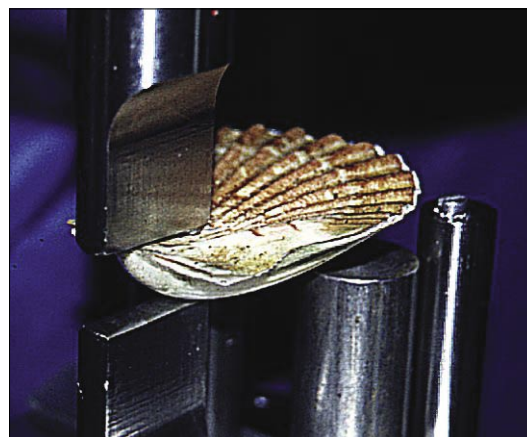


3.5 Skallets styrkeegenskaper – viktig i skjell dyrking?

Ellen Sofie Grefsrud, Havforskningsinstituttet

I arbeidet med å utvikle havbeite med kamskjell (*Pecten maximus*), har høy dødelighet som følge av predasjon fra taskekrabbe (*Cancer pagurus*) vært et hovedproblem. Kamskjellet forsvaret seg på ulike måter overfor predatorer. Sjøstjerner utløser en aktiv flukt hos kamskjellet, ved at skjellet enten svømmer eller hopper vekk når sjøstjernen kommer i kontakt med skjellens kapperand. Nærvær av krabbe fører til at kamskjellet lukker seg og blir liggende. Ved krabbeangrep vil derfor skallet være kamskjellens viktigste forsvar, og skallets egenskaper vil være avgjørende for om krabben lykkes i å knuse og spise kamskjellet.

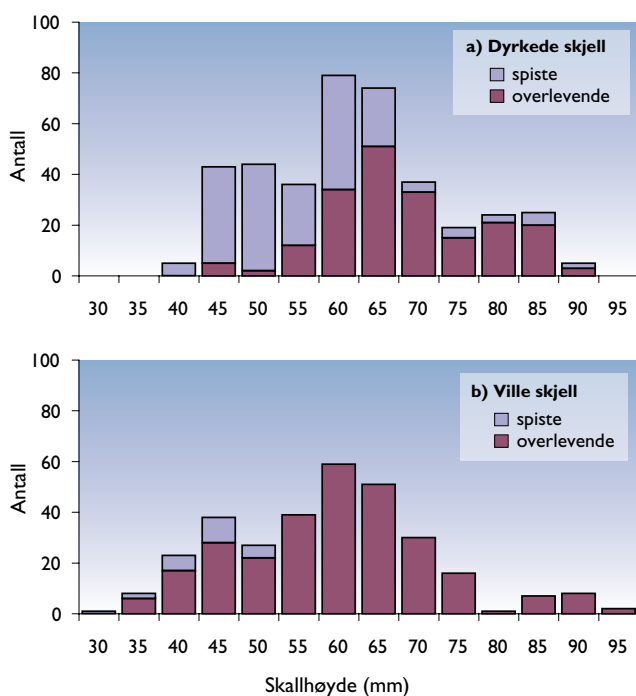
Predasjonsforsøk med ville (fra naturlige bestander) og dyrkede (fra hengekulturer) kamskjell i størrelsesgruppe 30–99 mm skallhøyde, viser at krabbe spiser flere og større dyrkede skjell sammenlignet med ville (Figur 1). Det var ingen ville skjell større enn 50 mm som ble spist, mens krabben spiste dyrkede skjell helt opp til 95 mm skallhøyde. Skallstyrken er en viktig faktor når krabben velger bytte, og vi fattet gan-



Figur 2

Måling av skallstyrke (Newton) med kunstig krabbeklo festet til et instrument av typen Instron 1193.

Measure of shell strength (Newton) using an Instron 1193 instrument equipped with an artificial crab claw.



Figur 1

Størrelsesfordeling av antall spiste og overlevende individer av a) dyrkede og b) ville kamskjell brukt i predasjonsforsøk med taskekrabbe i årene 1997–2001.

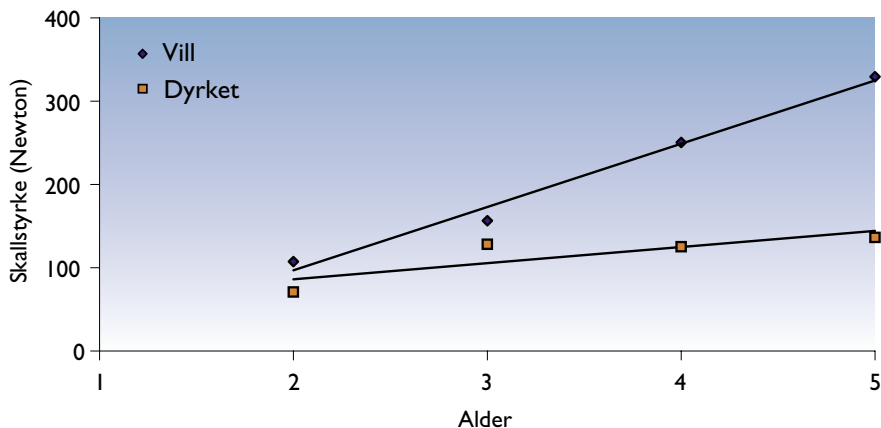
Shell height (mm) and number of eaten scallops of a) cultured and b) wild *Pecten maximus* used in predation experiments with the crab, *Cancer pagurus*, in the years 1997–2001

ske snart interesse for om forskjeller i skallet kunne forklare krabbens sterke preferanse for de dyrkede skjellene.

SKALLSTYRKE

I perioden 1998–2001 ble skallstyrke målt på ville og dyrkede kamskjell fra ulike lokaliteter langs kysten, fra Rennesøy i Rogaland til Brønnøysund i Nordland. Målingene ble utført ved hjelp av Instron; et instrument som målte kraften (i Newton) som skulle til for å knuse skallet. For å etterligne krabbens knusemetode, laget vi en kunstig krabbeklo (Figur 2). Skjellet ble plassert slik at “kloen” knuste området på det flate skallet som ligger like nedenfor hengselen, det området krabbene vanligvis først angriper for å knuse skjellet. Resultatene viste stor variasjon i skallstyrke hos kamskjell med samme skallhøyde, både hos ville og dyrkede skjell. Skjellene fra noen dyrkingsanlegg var betydelig svakere enn de ville, mens andre var like sterke.

Fra to av områdene (Rennesøy og Uksnøy) ble det samlet inn skjell fra alle årsklassene fra 1996–1999 (to til fem år gamle), for å sammenligne utviklingen av skallstyrke over tid (Figur 3). Dyrkede skjell som var tre år og eldre viste liten eller ingen økning i skallstyrken, mens skallstyrken i de ville skjellene økte jevnt hvert år. Dette kan ikke forklares med endring i skallstørrelse eller tykkelse. Det ble også observert forskjeller i bruddflatene der skallet var knust. Vi ønsket derfor å studere mikrostrukturer i skallet hos ville og dyrkede kamskjell for å belyse forskjeller i oppbyggingen.

**Figur 3**

Utvikling av gjennomsnittlig skallstyrke med økende alder hos kamskjell fra Rennesøy (vill) og Uksnøy (dyrket). Development of mean shell strength with increasing age in scallops from Rennesøy (wild) and Uksnøy (cultured).

SKALLSTRUKTUR

Hos skjell kjenner vi til seks forskjellige typer skallstrukturer: *enkel prismatisk*, *sammensatt prismatisk*, *perlemor*, *bladformet*, *krysslamellert* og *homogen* struktur. Alle er bygget opp av krystallinsk kalsiumkarbonat og fiberdannende proteiner. De fiberdannende proteinene er karakterisert av en høy grad av kryssbindinger, noe som har betydning for skallets mekaniske egenskaper og motstandsdyktighet mot oppsprekking. Stort kamskjell har skall med *bladformet* struktur, som er den svakestes av de seks variantene når det gjelder bruddstyrke ved sammentrykking.

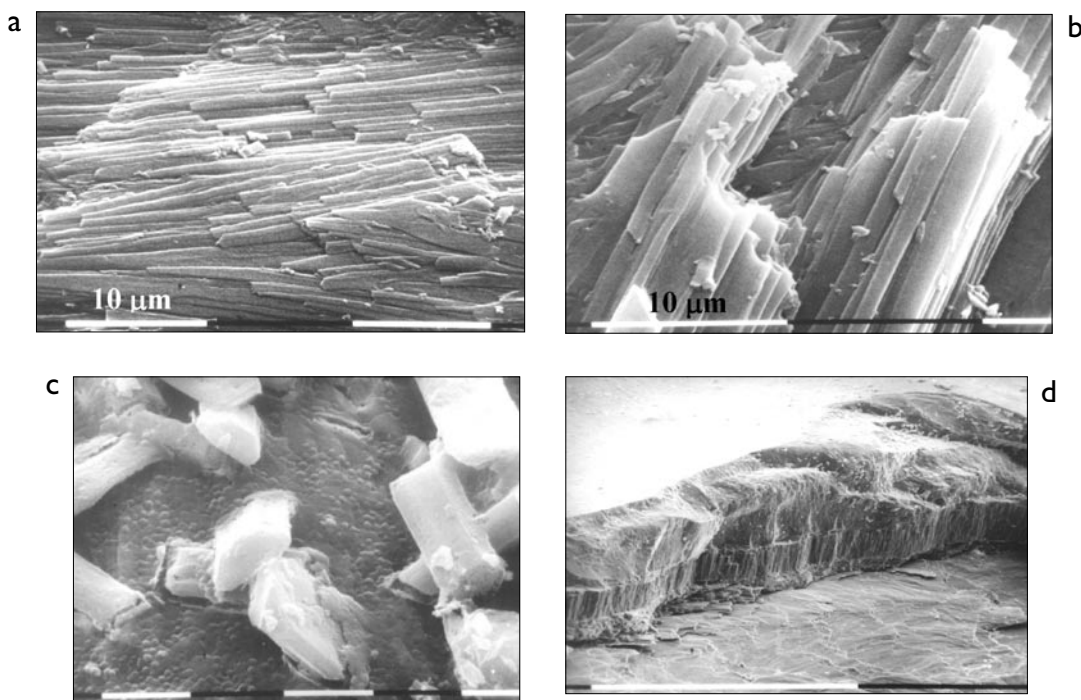
Det er påvist at sykdom, parasitter, forurensing og fôr påvirker sammensetning (aminosyrer, mineraler) og oppbygging (struktur) av skallet hos skjell. Dyrkede kamskjell lever under andre betingelser enn ville skjell med hensyn til blant

annet mangel på substrat, temperatur, fôr og predasjonsrisiko. Dette er faktorer som kan påvirke utviklingen av skallet.

BILATERALT FORSKNINGSSAMARBEID

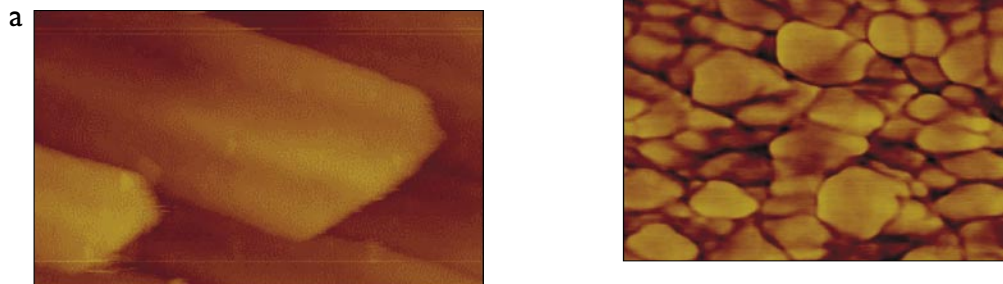
Med støtte fra Fransk-Norsk Stiftelse har vi i perioden 2001–2003 samarbeidet med en gruppe forskere ved universitetet i Paris som studerer mikrostruktur og biomineralisering i fossile skjell og koraller. Målet vårt var å undersøke mikrostrukturen i bruddflatene på skall fra sterke og svake individer av ville og dyrkede kamskjell. I arbeidet ble det benyttet to ulike metoder: Scanning Electron Microscopy (SEM) og Atomic Force Microscopy (AFM).

Bildene fra SEM gjorde det mulig å se på mikrostrukturen i skallene (Figur 4). Skall fra ville kamskjell viste en normal bladformet struktur, og det var ingen klare forskjeller mellom

**Figur 4**

Mikrostrukturen i skallet hos sterke og svake individer av ville og dyrkede kamskjell, undersøkt ved hjelp av Scanning Electron Microscopy (SEM). Ville: a) struktur fra sterkt individ, b) struktur fra svakt individ. Dyrkede: c) struktur fra sterkt individ, bakterier kan ses i bakgrunnen, d) struktur fra svakt individ, det øverste laget mangler den typiske bladformete strukturen som kan observeres i lagene under.

Microstructure in samples of strong and weak shells in wild and cultured scallops using Scanning Electron Microscopy (SEM). Wild: a) structure in a strong shell, b) structure in a weak shell. Cultured: c) structure in a strong shell with bacteria, d) structure in a weak shell, the upper layer of the structure lacks the typical foliated structure seen in the lower layers.



Figur 5

Mikrostrukturen i skallet hos ville og dyrkede kamskjell, undersøkt ved hjelp av Atomic Force Microscopy (AFM).

a) stav hos vilt kamskjell,

b) overflaten av stav hos vilt kamskjell og

c) overflaten av stav hos dyrket kamskjell.

Microstructure in the shell of wild and cultured scallops using Atomic Force Microscopy (AFM).

a) a lath of a wild scallop,

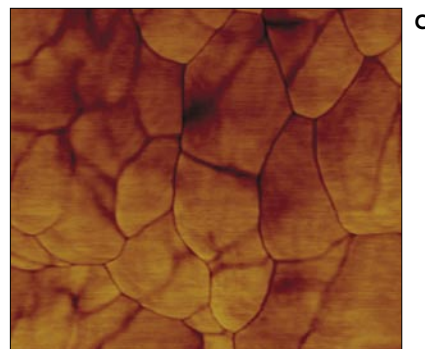
b) the surface of a lath of a wild scallop,

c) the surface of a lath of a cultured scallop.

sterke og svake individer (Figur 4a og b). Skall fra dyrkede kamskjell ga derimot mer varierende resultater. Skjell som hadde vært kort tid i hengekultur hadde stort sett en normal bladformet struktur. Derimot fant vi avvik i strukturen i skall fra skjell som hadde vært flere år i hengekultur. Hos flere individer fant vi ulik grad av deformasjoner, både hos sterke og svake individer (Figur 4c og d). Hos ett individ hadde det ytterste laget ingen struktur i det hele tatt, mens lagene under viste en normal bladformet struktur (Figur 4 d). I noen av skallene fant vi bakterier både på overflaten og i selve strukturen. Videre undersøkelser for å identifisere bakteriene er planlagt.

Med AFM var det mulig å undersøke oppbyggingen og overflaten på stavene i strukturen. Avlesning av overflater med AFM krever svært jevne overflater, med dybdeforskjeller på mindre enn 3 μm . Siden innsiden av skallet hos stort kamskjell er svært jevnt, er det mulig å bruke AFM direkte, uten omfattende preparering av prøvene. Hos ville skjell kunne vi se at hver stav bestod av tre krystaller, og overflaten av krystallene bestod av granuler omgitt av et tynt lag med organisk materiale (Figur 5 a og b).

Å undersøke de dyrkede kamskjellene viste seg å være vanskeligere. Overflaten var mykere og ikke så jevn som hos de ville individene. Dette gjorde avlesningen svært tidkrevende, da det var vanskelig å finne områder med god nok overflate. Ved å etse prøvene med enzymet trypsin ble de lettere å avlese, sannsynligvis fordi trypsinet fjernet en del av det organiske materialet på overflaten. Bildene vi (omsider) fikk av krystallene viste at granulene var større og mer uregelmessige enn hos de ville kamskjellene (Figur 5 c). En forbedring av metoden ville være å finne et mer spesifikt enzym til preparering av prøvene.



VIDERE FORSKNING OG UTVIKLING

Det er vanskelig å vite i hvilken grad forskjellene vi ser har betydning for styrkeegenskapene i skallet, men hvis styrken i skallet avhenger av hvor godt lagene i skallet sitter sammen, kan uregelmessig struktur føre til at lagene lettere glir fra hverandre. Dette vil igjen kunne gjøre skallet svakere og mer sårbart ved angrep fra taskekrabbe. For å kunne si noe mer sikkert om det er sammenheng mellom forskjeller i skallstruktur hos ville og dyrkede kamskjell og dyrkingsmiljøet, trenger vi å videreføre dette arbeidet med et større antall skjell.

Vi ønsker å øke vår kunnskap om skallets oppbygging og sammenhengen mellom struktur og skallets styrkeegenskaper. Dette er et viktig grunnlag for senere å kunne studere mekanismer for skalldannelse og hvordan disse påvirkes av miljøet. I arbeidet med å utvikle havbeite med kamskjell er problemet med taskekrabbe som rovdyr en utfordring, og denne kunnskapen vil være viktig for å sikre utsetting av kamskjell med best mulig overlevelsessevne.

Det er imidlertid ikke bare kamskjellnæringen som vil kunne dra nytte av økt kunnskap om hvordan dyrkingsmiljøet påvirker utvikling av skallet. Ved dyrking av blåskjell får hurtigvoksende skjell tynne skall, noe som fører til at skjellene er mer sårbare ved håndtering og transport. Et sterkt skall er derfor et klart kvalitetskriterium. Også hos flatøsters er skallets form og utseende viktig i kvalitetsvurderingen. Økt kunnskap om dannelse av skall hos skjell, mekaniske egenskaper og oppbygging sett i sammenheng med dyrkingsmetoder, vil derfor kunne være et viktig element i det videre forsknings- og utviklingsarbeidet innen skjellnæringen.