

FOREKOMST AF MIKROORGANISMER PÅ TANG

- SPECIELT PÅ SPISELIGT TANG, DER FOREKOMMER I DE DANSKE FARVANDE

NIELS BOHSE HENDRIKSEN OG STEFFEN LUNDSTEEN
DCA RAPPORT NR. 048 · NOVEMBER 2014



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



FOREKOMST AF MIKROORGANISMER PÅ TANG

- SPECIELT PÅ SPISELIGT TANG, DER FOREKOMMER I DE DANSKE FARVANDE

DCA RAPPORT NR. 048 · NOVEMBER 2014



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

Niels Bohse Hendriksen

Aarhus Universitet
Institut for Miljøvidenskab
4000 Roskilde

Steffen Lundsteen

Aarhus Universitet
Institut for Bioscience
4000 Roskilde

FOREKOMST AF MIKROORGANISMER PÅ TANG

- SPECIELT PÅ SPISELIGT TANG, DER FOREKOMMER I DE DANSKE FARVANDE

Serietitel: DCA rapport

Nr.: 048

Forfattere: Niels Bohse Henriksen og Steffen Lundsteen

Udgiver: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk, hjemmeside: www.dca.au.dk

Fotograf: Forsidefoto: *Dilsea carnosa*, Kødblåd. Fra det østlige Kattegat i 15 m dybde. Tidligere brugt latinske artsnavn, *edulis*, betyder spiselig. Det blev dannet af Stackhouse 1809, der også oprettede, det latinske slægtsnavn, *Dilsea*. Men arten blev allerede navngivet af Schmidel i 1794, med det artsnavn vi bruger i dag, nemlig *carnosa*, det betyder kødet. Foto Karsten Dahl

Tryk: www.digisource.dk

Udgivelsesår: 2014

Gengivelse er tilladt med kildeangivelse

ISBN: 978-87-93176-36-2

ISSN: 2245-1684

Rapporterne kan hentes gratis på www.dca.au.dk

Rapport

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab
Institut for Fødevarer
Institut for Agroøkologi
Institut for Ingeniørvidenskab
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

RESUME

Mikroorganismer er almindeligt forekommende på tang, og derfor også på spiseligt tang i de danske farvande. De fleste tangarter er spiselige, men det er især ca. ti arter eller slægter, der i Danmark vil blive indsamlet og spist i praksis. Det drejer sig om både grøn-, brun- og rødalger. Forekomsten af disse tangplanter i de danske farvande er overordnet beskrevet i rapporten. Mikroorganismer, primært i form af bakterier fra det omgivende vand, danner en biofilm på overfladen af tangplanterne. Bakterieflorens sammensætning er bestemt af en række biotiske og abiotiske faktorer, og der er en betydelig konkurrence mellem bakterierne i biofilmen. Derfor er det især bakterier, der er specielt tilpassede, der vil etablere sig i biofilmen. Kendskabet til forekomsten af bakterier på spiselige tangarter, der findes i de danske farvande resumeres i rapporten. Der findes ingen undersøgelser, der specifikt belyser forekomsten af humane patogener på spiseligt tang, hverken nationale eller internationale. Det vurderes, at humane patogener mikroorganismer ikke er specielt tilpassede til livet på en tangplantens overflade og derfor næppe vil kunne overleve, vokse og etablere sig på tangplanter; dette betyder dog ikke, at de ikke vil kunne forekomme på tang i kortere perioder. Det vurderes, at det især vil kunne ske på tang på lokaliteter med dårlig badevandskvalitet, eller i forbindelse med kraftig nedbør, hvor spildevand bliver udledt urensset til vandmiljøet. Dette vil især udgøre et problem i kystnære områder med lavt, stillestående vand. Der mangler undersøgelser, der kan bekræfte disse vurderinger.

Forord

Nærværende rapport er udarbejdet på foranledning af Fødevarestyrelsen (FVST), som har bestilt en redegørelse for betydningen af sygdomsfremkaldende mikroorganismer i havmiljøer i relation til høst eller dyrkning af tang til brug som fødevarer – herunder om relevante mikroorganismer kan indgå i biofilm på tangplanterne.

Rapporten er udarbejdet som led i "Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2013-2016" (Punkt AD-2013-4 i aftalens Bilag 2).

Susanne Elmholt,

Koordinator for myndighedsrådgivningen ved DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Indhold

Forord.....	3
Resume.....	7
Spiselige alger i de danske farvande - udbredelse og brug.....	9
Rødalger	11
Brunalger.....	13
Grønalger.....	15
Blågrønalger	15
Forekomsten af mikroorganismer på tang	16
Konklusioner	28
Litteraturliste	29

Resume

Mikroorganismer er almindeligt forekommende på tang, og derfor også på spiseligt tang i de danske farvande. De fleste tangarter er spiselige, men det er især ca. ti arter eller slægter, der i Danmark vil blive indsamlet og spist i praksis. Det drejer sig om både grøn-, brun- og rødalger. Forekomsten af disse tangplanter i de danske farvande er her overordnet beskrevet. Mikroorganismer, der primært består af bakterier, som stammer fra det omgivende vand, danner en biofilm på overfladen af tangplanterne. Bakterieflorens sammensætning er bestemt af en række biotiske og abiotiske faktorer, og der er en betydelig konkurrence mellem bakterierne i biofilmen. Derfor er det især bakterier, der er specielt tilpassede, der vil etablere sig i biofilmen. Kendskabet til forekomsten af bakterier på spiselige tangarter, der findes i de danske farvande resumeres i rapporten. Der findes ingen undersøgelser, der specifikt belyser forekomsten af humane patogener på spiseligt tang, hverken nationale eller internationale. Det vurderes, at humant patogene mikroorganismer ikke er specielt tilpassede til livet på en tangplantes overflade og derfor næppe vil kunne overleve, vokse og etablere sig på tangplanter; dette betyder dog ikke, at de ikke vil kunne forekomme på tang i kortere perioder. Det vurderes, at det især vil kunne ske på tang på lokaliteter med dårlig badevandskvalitet, eller i forbindelse med kraftig nedbør, hvor spildevand bliver udledt urensset til vandmiljøet. Dette vil især udgøre et problem i kystnære områder med lavt, stillestående vand. Der mangler undersøgelser, der kan bekræfte disse vurderinger.

Spiselige alger i de danske farvande - udbredelse og brug

Alger omfatter mange, meget forskellige, væsentligst vandlevende planter, som typisk får energi fra sollyset ligesom de højere planter på landjorden. Algegrupperne er meget forskelligeartede. De omfatter encellede arter og grupper såvel som flercellede, og de omfatter arter, der mest lever i de frie vandmasser som plankton, og arter der er bundknyttede. Til de sidste hører tangplanterne, der har hæfteorganer, så de kan sidde fast på sten, klipper og andre faste overflader. Tangplanterne tilhører grupperne rødalger, brunalger og grønalger. Nogle tangplanter kan blive meget store, op til 65 m høje for en udenlandsk art, men dog kun op til 2,5 m for en art af sukkertang i danske farvande. Nogle tangplanter kan vise meget store vækstrater.

Der findes i de danske farvande omkring ca. 350 tangplantearter. Det omfatter dog såvel mikroskopiske arter som de store, vi bedst kender som tang.

Deres forekomst er i det store og hele betinget af, hvor der er sten, eller klippe som ved Bornholm. Den rigeste flerårige tangplantebegroning udvikles på større sten, der ligger fast og ikke flyttes ved bølgeslag. På sten, der flyttes ved bølgeslag, rullesten, findes mest kortlevede, hurtigt voksende arter, f.eks. strengetang, der ofte danner tætte meterhøje bevoksninger tæt under land. I fjordene er der ofte kun sten ud til få meters dybde før sand og mudderbund tager helt over. På de åbne kyster, og på stenrevne i de åbne farvande, er det få steder, der stadig er sten i 20 meters dybde og dybere. Havnemolernes ydersider er endvidere et sted hvor tangplanterne ofte vokser tæt og er lette at komme til.

Tangplanterne skal også have lys for at vokse. På lavere dybder vokser tangplanterne ofte i lag. I de åbne farvande omkring 10-15 m's dybde forsvinder mange arter. Her begynder begroningen at blive enlaget og at tynde mere og mere ud mod større dybde.

En anden vigtig faktor for tangplanternes vækst er saltholdigheden, og lav saltholdighed tåler kun få tangplantearter. Det gælder faldet i saltholdighed fra Nordsøen og ind i Østersøen, hvor der sker et stort fald i antallet af arter. Og det gælder det indre af mange af fjordene, hvor der ofte kun er få arter (Dahl et al. (2003) og egne observationer).

Hovedemnet her er dog kun de almindeligt tilgængelige spiselige alger. Det vil sige især grovere byggede tangplanter.

Hvilke tangplanter er spiselige? Det er nok de fleste arter, som er spiselige, men mange er seje eller smager ikke godt og mange kræver forarbejdning, før de kan spises. Det er således kun få arter, der er velegnede til at spises rå (Mouritsen, 2010). Nogle har endvidere stort indhold af mindre spiseegnede stoffer.

De anførte almindelige spiseegnede tangplanter, der forekommer i danske farvande, er i det væsentlige, og hvor anden kilde ikke er anført, baseret på Mouritsen (2010) samt Køie et al. (2000), hvor udbredelse, beskrivelser og illustrationer af de nordiske arter kan findes. De danske artsnavne stammer også fra disse to kilder. Men potentielt set er der mange arter, som kan spises. Det er dog kun få, der er kendt som spiseegnede, og endnu færre som det kan anbefales at spise i rå tilstand.

Indsamling for den almindeligt algekulinærisk indstillede person, vil nok i almindelighed foregå i det lave vand, ud til dybder, hvor man kan bunde (ca. 0-1 m), eventuelt fra det dybere vand ved brug af snorkel og ved almindelig dykning. Herudover følger tangplanter ofte med ved krogfiskeri og kan evt. indsamles som en slags bifangst der.

I afsnittene nedenfor er som nævnt beskrevet de spiselige alger, der er almindeligt forekommende, og som er omtalt i ovennævnte kilder. Desuden findes til sidst en kort omtale af blågrønalger, der er beslægtet med bakterier, men som også udnytter sollyset til vækst og kan danne fine tråde.

Rødalger

Chondrus crispus, Carragentang

Er nævnt i Mouritsen (2010) til at lave kraftig suppe. Arten bruges også kommercielt til fremstilling af geleringsmidler, som anvendes i fødevarer, kosmetik og sundhedsplejeartikler.

Kan udvikle tætte bestande på sten lige under lavvandslinjen, men vokser også dybere. Forekommer fra Nordsøen og lidt ind i Østersøen.

Dilsea carnosa, Kødblåd

Arten er spiselig i rå tilstand iflg. Annette Bruhn (Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, pers. opl.) Tidligere brugtes artsnavnet *Dilsea edulis*, navngivet af Stackhouse i 1809 (WoRMS, 2013), *edulis* betyder spiselig på latin. Men arten er dog ikke specielt almindelig eller let tilgængelig, og tilnavnet "spiselig" er næppe kommet på baggrund af almindelig brug af arten til konsum.

Den vokser således i dybder fra ca. 4-25 meter og forekommer fra Nordsøen til Bælthavet. I Dahl et al. 2003 er den nævnt som en af de dybere tangbæltearter, dvs. dybere end 15 m.

Palmaria palmata, Søl

Kan i frisk tilstand spises rå som salat evt. efter udblødning i postevand. Den er dog ofte for sej, men kan tygges efter tørring. Må helst ikke koges, da den derved går i stykker. Bruges som "snack" samt i brød, supper og i fiskeretter, evt. som salattilsætning. Har en "interessant" smag. Den er kendt som fødemiddel for dyr og mennesker allerede i vikingetiden (Køie et al. 2000). Søl er herhjemme også fundet at indeholde kinin. Et stof hvor man må være påpasselig med doseringen for at undgå bivirkninger (Christensen & Høgslund 2011, p. 146). Søl bruges endvidere i hudcremer (Christensen & Høgslund 2011, p. 142).

Arten kan vokse på lavt vand, men det gør den kun i det nordlige Kattegat. Længere inde i farvandene, findes den først fra 5 m's dybde og dybere. Den vokser især på stilkene af *Laminaria hyperborea*, Palmetang. Søl er udbredt fra Nordsøen og lidt ind i Østersøen. Den

kan let forveksles med en anden art fra det dybere vand, *Dilsea carnosa*, Kødblåd, hvis spiseegnethed der ikke foreligger noget om.

Porphyra, Purpurhinde, Nori

Slægten nævnes generelt som fødemiddel. Arterne er svære at artsbestemme. Der er flere danske arter, og de nævnes ikke med artsnavn som fødemiddel. Nogle arter dyrkes dog kommercielt i udlandet, og det oplyses, at de vaskes, hakkes i stykker, og underkastes en proces, der ligner papirproduktion, herunder varmetørring og at slutproduktet "med fordel kan ristes ganske kort i en brødrister inden brug".

Vokser tit øverst i vandkanten, men nok sjældent i mængder, så det kan betale sig at samle den ind, og man skal have specialkundskab i alger for at finde den. Der er flere arter. Den muligvis almindeligste, *Porphyra purpurea*, Rød purpurhinde, er udbredt fra den sydlige Nordsø til vestlige Østersø og sydlige Øresund.

Brunalger

Alaria esculenta, Vingetang, fra bl.a. Norge.

Spiselige er især dens sporebærende blade, der anses for en stor delikatesse iflg. Køie et al. (2000). Algen kræver længere tids kogning, har en mild smag og kan bruges som salat iflg. Mouritzen (2010).

Almindelig bl.a. i Norge i tidevandszonen. I Danmark findes den kun opskyllet på kysterne langs Nordsøen, Skagerrak og Limfjorden.

Ascophyllum nodosum, Buletang

Arten spises af mennesker og dyr og bruges til fremstilling af tangmel og husdyrfoder (Køie et al. 2000). Nok brugbar til salat.

Den vokser på lavt vand især på beskyttede lokaliteter, hvor den særligt i det nordlige Kattegat kan være dominerende. Udbredelsen strækker fra Nordsøen til den østlige del af Kattegat. Synes, efter egen observation, kun at findes, hvor der er god vandudskiftning, dvs. decideret "rent" vand, ikke i lukkede fjorde.

Fucus, især *Fucus vesiculosus*, Blæretang

"Anvendes ikke særligt hyppigt til menneskeføde, selvom de yngste og yderste skud er vel-smagende", delvis citeret fra Mouritzen (2010). *Fucus* tørres og granuleres evt. Den bruges i kogte retter eller knust over en salat; men har en kraftig smag af jod. I Christensen & Høgslund (2011) beskrives, at den skal koges hurtigt for at komme af med bakterier, før viderebehandling til brug som "topping" i salat og spinat.

Fucus vesiculosus findes næsten overalt, også i fjorde, på stenene lige under vandlinen. Den er udbredt fra Nordsøen til Ålandshavet og den Botniske Bugt. *Fucus vesiculosus* er en større art, der både er relativt let at kende og indsamle. Andre *Fucus* arter omfatter *Fucus spiralis*, Lav klørtang, der findes lige i vandkanten, er ret lille, ofte overvokset og som sjældent vil se appetitlig ud, *Fucus evanescens*, Langfrugtet klørtang, er nyindvandret og findes ofte i og ved havne på lavt vand. *Fucus serratus*, Savtang, vokser på dybere vand. Se

endvidere under *Sargassum muticum* nedenfor, idet den kan minde lidt om *Fucus vesiculosus* og vokser i omtrent samme dybde nogle steder.

Laminariales, Bladtang arter

Laminaria hyperborea, Palmetang

Laminaria digitata, Fingertang

Saccharina latissima, Sukkertang

Bladtangarter er spiselige, De bliver ofte tørret før brug og skal koges, før de spises, ellers er de for salte og seje, men ikke for længe så bliver smagen bitter. De har desuden et højt indhold af jod, så det anbefales, at man ikke spiser for meget. Evt. vaskes de før tørring for at fjerne jod. De bruges til supper, granuleret smagstilsætning, ristet til chips, sauteret og marineret.

Bladtangarter vokser fra cirka en meter og dybere, *Laminaria hyperborea* dog først fra cirka tre meters dybde. De tre arter er hovedarter for tangskoven ofte ned til cirka 12 meters dybde, men de kan også vokse dybere. De findes i Nordsøen, *L. hyperborea* til ind i det Østlige Kattegat, *L. digitata* også i de indre farvande til vestlige Østersø og *Saccharina latissima* til ind i Østersøen til omkring Bornholm.

Sargassum muticum, Butblæret sargassotang

Arten findes i Danmark. Den er ikke med i de nævnte kilder som fødeemne, men er let at kende og vil ofte være let at indsamle, hvor den gror.

Arten har invaderet danske farvande, hvor den blev fundet første gang i 1988. Den kan vokse i stor tæthed på ret lavt vand, hoftehøjde, og dybere i cirka 1 – 4 m dybde. Den er nu den dominerende art i Limfjorden og har iflg. Christensen & Høgslund (2011) bredt sig videre ind i Kattegat, f.eks. i Århus Bugt og langs Sjællands nordkyst.

Grønalger

Ulva lactuca, Søsalat, Havsalat

Kan spises rå som salat, kan også tørres og ristes og bruges som smagsforstærker i supper og salater. Den har en kraftig smag.

Den er en almindelig art på det lavere vand og kan danne tætte bestande ned til ca. en meters dybde, men den findes også dybere. Den trives i brakvand, især i fjorde med stort næringssaltindhold (delvis fra Christensen & Høgslund (2011)). I åbne kyster, med mere rent vand, er den nok forholdsvis sjælden i større forekomster, der er egnet til indsamling i større mængde.

Andre lignende *Ulva* arter, især mere spinkelt byggede, tidligere *Enteromorpha*, Rørhinde arter, findes ofte lige i vandkanten samt på lavt vand. De er ligeledes brakvandstålende og meget almindelige i fjorde.

Blågrønalger

Blågrønalger af slægten *Spirulina*, som er mikroskopiske, kan flyde som kager i vandet. De dyrkes i monokulturer, hvor de ikke bliver forurenede af andre mikroorganismer, og forarbejdes til tørt pulver eller piller som bruges som kosttilskud

([http://en.wikipedia.org/wiki/Spirulina_\(dietary_supplement\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Spirulina_(dietary_supplement))).

Forekomsten af mikroorganismer på tang

I det følgende vil det blive forsøgt at belyse, hvorvidt der kan forekomme humant patogene mikroorganismer på tang – specielt tang der, som omtalt ovenfor, vil kunne forventes at blive spist af mennesker. Vi har ved vores litteraturgennemgang ikke fundet referencer, der specifikt beskæftiger sig med forekomsten af humant patogene mikroorganismer på tang, og der er kun fundet en nyere dansk undersøgelse, der beskæftiger sig med forekomsten af mikroorganismer på tang. Derfor vil der i det følgende blive givet en generel kortfattet beskrivelse af forekomsten af mikroorganismer på tang, med speciel vægt på bakterier, deres antal og overordnede sammensætning. Desuden vil de faktorer, der har betydning for forekomsten af bakterier på tang blive gennemgået. Derefter vil kendskabet til forekomsten af bakterier på spiselige alger i de danske farvande blive belyst. Vægten er lagt på bakterier, fordi litteraturen primært beskæftiger sig med denne del af mikroorganismerne, som har et patogent potentiale. Denne gennemgang er i stort omfang baseret på fire ganske nye reviews: Egan et al., 2012; Goecke et al., 2010; Wahl et al., 2012 og Hollants et al., 2013.

Mikroorganismer koloniserer alle overflader i det marine miljø, og det gælder naturligvis også tangplanters overflader. Mikroorganismerne domineres af bakterier fulgt af diatomeer og svampe, men der findes også andre mikroskopiske alger og protozoer (Goecke et al., 2010; Hollants et al. 2013). Der er derimod ikke fundet litteratur, der beskæftiger sig med forekomsten af virus på tang, men det er vist, at tang kan indeholde stoffer med en antiviral virkning (f.eks. Witvrouw og De Clerq, 1997). Bakteriernes tæthed på tang varierer mellem 10^2 og 10^7 celler/cm² afhængigt af tangart og hvor på tangen det er (Egan et al., 2012). Desuden varierer antallet på den enkelte tangart i såvel rum som tid. Det kan skyldes årstidsvariationer, skiftende lokale betingelser, forskelle i den enkelte tangplantes fysiologi eller kemiske og fysiske parametre (Egan et al., 2012).

Ifølge en opgørelse, baseret på et review af 162 studier på i alt 159 arter af tang publiceret fra 1957-2012 (Hollants et al., 2013), tilhører bakterier, som er fundet på algerrækkerne: Proteobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes (CFB-gruppen), Cyanobacteria, Firmicutes, Planctomycetes, Verrucomicrobia, Chloroflexi, Deinococcus-Thermus, Fusobacteria, Tenericutes, og kandidatrækken OP11. Disse rækker blev fundet på såvel grønalger som brunalger og rødalger. Generelt set synes Alpha-proteobacteria at være de mest almindeligt fore-

kommende, fulgt af CFB-gruppen af Bacteroidetes, Firmicutes og Actinobacteria. Hvis man ser på fordelingen på niveau af ordener, så er de mest almindelige: Flavobacteriales, Alteromonadales, Vibrionales, Pseudomonadales, Bacillales, Actinomycetales og Rhodobacterales. Sammenligner man forekomsten på tværs af grønalger, brunalger og rødalger, så finder man, at alle de ovennævnte grupper kan findes på alle tre grupper af tang. På trods af det findes der også forskelle, idet CFB-gruppe og Alphaproteobacterier oftere er associerede med grønalger end med brun- og rødalger, mens Firmicutes, Actinobacteria og Planctomycetes oftere er associerede med brun og rødalger. Dette skyldes på ordensniveau primært forskelle mellem bakterier inden for Rhizobiales, Rhodobacterales, Alteromonadales, Vibrionales, Cytophagales, Flavobacteriales, Bacillales og Actinomycetales (Hollants et al., 2013).

De store ligheder mellem bakterier fundet på alger, når man ser på de høje taksonomiske niveauer synes ikke at blive afspejlet på samme måde i forekomsten på slægts- og artsniveau. Dette gælder for såvel algerne som bakterierne. Dette betyder dels, at nært beslægtede tangarter ikke nødvendigvis er associeret med de samme grupper af bakterier, dels at det kun er et begrænset antal slægter af bakterier, som er fundet på tværs af de tre overordnede algegrupper og dels, at der kun eksisterer få eksempler på bakteriearter som konsistent findes tilknyttet til en specifik alge (Hollants et al., 2013). Dette kan betyde, at der ikke eksisterer en gruppe af bakteriearter, som specifikt er knyttet til alger, hvilket kan være ensbetydende med, at der findes et stort antal bakteriearter, som er i stand til at kolonisere overfladen af tang (Hollants et al., 2013). På den anden side så er det muligt, at det er det relativt begrænsede datamateriale, som gør, at det ikke er muligt at identificere specifikke grupper af bakterier, som er tilknyttet til tang, og som kan kaldes typiske unikke bakterier knyttet til tang (Egan et al., 2012). Det er også muligt, at de bakterielle samfund der findes på tang, ikke skal betragtes ud fra deres fylogeni og systematiske placering, men snarere ud fra deres funktion (Burke et al. 2011; Egan et al., 2012).

Burke et al. (2011) fandt, at hos bakterier på grønalgen *Ulva australis* kunne tilstedeværelsen af et sæt af nøglefunktioner identificeres, på trods af at der ikke var ligheder på slægts- og artsniveau mellem bakterier, der fandtes på forskellige individer af tangen. De funktionelle ligheder der fandtes inkluderede blandt andet funktioner relateret til detektion af og bevægelse mod tangen, fastgørelse og biofilmdannelse, og andre responser på tangens overflademiljø samt forsvarsmekanismer. Disse data fra *Ulva australis* sandsynliggør, at

sammensætningen af bakterier på en tangoverflade primært er bestemt af bakteriernes funktion og i mindre omfang af deres identitet. Tangs overflader bliver koloniseret af bakterier fra det omgivende vand (bakterieplanktonet). I vandet findes der adskillige arter med ækvivalente funktionaliteter, der gør, at de kan blive en del af det til tangens overflade associerede bakteriesamfund. Hvis den initiale kolonisering er tilfældig fra denne gruppe af bakterier med ækvivalente funktionaliteter, så vil bakteriernes artsmæssige sammensætning også være relativt tilfældig og dermed ikke have et genkendeligt taxonomisk mønster, når forskellige individer af tangarten undersøges. Ifølge denne teori vil den phylogenetiske specificitet knyttet til den enkelte tangart, eller manglen på samme, være bestemt af i hvilken grad bakteriernes slægtsskabsforhold afspejles i deres funktionelle egenskaber. I tilfældet med *U. australis* er denne sammenhæng beskedent (Egan et al., 2012).

En række biologiske, fysiske og kemiske forhold på tangplanternes overflade spiller sandsynligvis en rolle for de associerede bakteriers arts- og artsmæssige sammensætning og aktivitet såvel kvalitativt som kvantitativt. Disse forhold inkluderer:

- metabolitter dannet af tangen,
- det mikrobielle samfund knyttet til overfladen,
- de mange forskellige sekundære metabolitter, som de kan udskille
- forskellige fysiske kemiske forhold som ilt og CO₂, som kan påvirke pH.

Mange af disse parametre kan forandre sig såvel dagligt som med årstiden. Det betyder naturligvis, at bakterier som er i stand til at opbygge en stabil association med tangen må besidde adaptive karakterer, som gør dem i stand til at leve under disse forhold – de skal være tilpasset til nichen (Egan et al., 2012).

Iltforholdene på tangplanter kan spille en betydende rolle for forekomsten af bakterier, ikke blot fordi ilt dannelse ved fotosyntesen kan betyde, at aerobe processer kan forløbe under forhold, hvor ilt ellers ville være begrænsende, men også fordi mange tangarter kan producere reaktive iltforbindelser, som superoxid ioner og hydrogen peroxider. Disse tangarter kan frigøre betydelige mængder af reaktive iltforbindelser for at forsvare sig imod bakterielle angreb (Weinberger, 2007). På den anden side producerer mange bakterier peroxidaser, katalaser og andre oxidaser, som kan nedbryde de reaktive iltforbindelser, hvorved de kan nedsætte effekten. Betydningen af denne forsvarsmekanisme hos de til overfladen associerede bakterier er ikke blevet påvist direkte, men det er blevet vist, at

bakteriesamfundet indeholder mange gener, som er relateret til oxidative stress responser (Egan et al., 2012).

Forekomsten af kulhydratrige forbindelser fra tangs cellevægge, så som agar, carragenan, alginat, fucan, laminarin, cellulose og pektin, er en anden faktor, som kan have betydning for koloniseringen af deres overflader. Dette skyldes naturligvis, at disse polymerer kan udgøre en vigtig kulstofkilde for de bakterier, som er i stand til at nedbryde dem. Mange bakterier, som har de specifikke enzymatiske aktiviteter, der kan bruges til at nedbryde disse polymerer, er da også isoleret fra tang (Goecke et al., 2010). Nedbrydning af polymererne kan på den anden side have stor indvirkning på tangen og påvirke dennes vækst og overlevelse, hvis den ikke kontrolleres. Dette betyder måske, at bakterier, der har længerevarende tilknytning til tang, ikke kan nedbryde disse polymerer, mens bakterier med kapacitet til at nedbryde polymererne er opportunistiske patogener eller saprofytter, som ikke har kommensale (lever i et samspil med en anden organisme uden at denne påvirkes negativt) eller mutualistiske (lever i et samspil med en anden organisme som er til gavn for begge) samspil med tangen (Egan et al., 2012).

Mange tangarters forsvar mod uønskede bakterier er sandsynligvis baseret på produktion af sekundære metabolitter med antibakterielle egenskaber (Goecke et al. 2010). Således kan *Ulva*-arter producere labdane diterpenoider, *Sargassum*-arter forskellige polyphenoler, og *Fucus vesiculosus* polyhydroxyleret fucophlorethol (Goecke et al., 2010). Nogle eksperimentelle studier har da også vist, at sådanne metabolitter kan have en effekt på dannelse af biofilm og deres bakterielle sammensætning. De sekundære metabolitter produceres og udskilles ofte af specielle celler, hvorfor de kan have forskellig effekt forskellige steder på tangplanten, og undersøgelser af Lane et al. (2009) har da også sandsynliggjort, at sekundære metabolitter ikke nødvendigvis er homogent fordelt over hele tangplanten. Det er muligt, at der på tangs overflade eksisterer gradienter af de sekundære metabolitter, som på den måde skaber mange forskellige micronicher for bakteriel vækst, og på den måde påvirker den bakterielle diversitet på tangens overflade (Egan et al., 2012).

Bakterier besidder forskellige typer af fasthæftningsmekanismer, som de bl.a. kan anvende, når de koloniserer tangs overflade fra den frie vandmasse, betydningen af sådanne mekanismer afspejles af, at mange bakterier, der er knyttet til tang, har sådanne egenskaber, men deres betydning er dog ikke eftervist eksperimentelt (Egan et al., 2012). Når en bakte-

rie først har fastgjort sig til tangens overflade, så skal den konkurrere med andre epifytter om næringsstoffer og plads. I en sådan situation er produktion af metabolitter med antagonistiske egenskaber (f.eks. antibiotika) sandsynligvis en stor fordel. Den konkurrence-mæssige betydning af sådanne stoffer er sandsynliggjort ved, at der blevet isoleret et stort antal forskellige bakterier, som producerer metabolitter med sådanne egenskaber fra en række forskellige tangarter (Goecke et al. 2010). Det er primært blevet vist i laboratoriet, at disse stoffer kan inhibere væksten af andre bakterier og mikroorganismer, men det er også blevet sandsynliggjort, at de har betydning for biofilmdannelse og bakteriernes diversitet på tang (Egan et al., 2012).

Alt i alt er der altså en række forskellige faktorer knyttet til algen og mikroorganismene, der er associeret til dens overflade og miljø faktorer, som har betydning for sammensætningen af den bakterielle flora på en alge. Dette vil naturligvis også gælde for tangarter, som er spiselige og vil blive spist af mennesker, og for hvorvidt mikroorganismer, der er patogene for mennesker, vil kunne eksistere på tangen.

Tabel 1 er en oversigt over undersøgelser, der har beskæftiget sig med forekomsten af bakterier på de ni arter eller slægter af tang, som oftest vil kunne indsamles i danske farvande og blive brugt som fødevarer. Det fremgår, at der især findes undersøgelser på *Ulva lactuca*, *Laminaria* spp. og *Sargassum* spp. Det kan også ses, at der er blevet anvendt en række forskellige metoder, der spænder over:

- traditionelle dyrkningsbaserede undersøgelser
- dyrkningsbaserede undersøgelser, hvor identifikation er blevet foretaget ved sekventering
- undersøgelser baseret på klonbiblioteker af DNA direkte oprenset fra tangens overflade.

Endvidere kan det ses, at der kun er en enkelt undersøgelse, der stammer fra de danske farvande, mens et par undersøgelser fra Tyskland er foretaget i Østersøen og Nordsøen, og to undersøgelser fra Sverige er foretaget i Kattegat. Det kan også ses, at flere af de fundne tangarter har en udbredelse der strækker sig over det meste af jordkloden, og at der findes undersøgelser fra i alt fem verdensdele.

Tabel 2 er en oversigt over de bakterier, som er blevet beskrevet forekommende på de ni grupper af tang omtalt ovenfor. Det kan ses, at antallet af beskrivelser er meget forskellige

mellem de forskellige grupper; flest er beskrevet på *Laminaria* spp., mens der fra *Palmaria palmata* kun er kendt en bakterieart: Denne markante forskel kan sandsynligvis skyldes den store forskel på antallet af undersøgelser gennemført på de forskellige arter og grupper af spiselig tang. Der er ikke fundet nogen oplysninger om bakterier på *Alaria esculenta* og *Delsia carnosa*. Det fremgår endvidere, at kun ganske få patogene bakterier er fundet på tangen, det drejer sig om *Vibrio vulnificus* på *Laminaria* spp. og *Porphyra* spp., samt *Bacillus cereus* på *Sargassum* spp. Der er desuden fundet *Escherichia coli* og *Escherichia* sp. samt *Staphylococcus* sp, som kan være patogene, på *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria* spp., *Sargassum* spp. samt på *Porphyra* spp. *E. coli*, som er en indikatororganisme for fækal forurening af vand (Hendriksen, 2012), er kun fundet på *Laminaria* spp.

Potentielle humane patogener forekommer i de danske farvande især i forbindelse med udledning af spildevand og fra andre mere diffuse udledninger, såsom fra græssende husdyr og ukloakerede ejendomme (Hendriksen, 2012). Forekomsten overvåges i forbindelse med badevandskvalitet. Generelt er badevandskvaliteten god i de danske farvande, men der eksisterer lokaliteter med ringe kvalitet og badeforbud. I forbindelse med ekstreme nedbørshændelser kan spildevand blive udledt ubehandlet til havmiljøet, hvilket kan medføre en høj forekomst af indikatororganismer for fækal forurening, og potentielt set en øget tæthed af humane patogener (Hendriksen, 2012). Det betyder, at tang især kommer i forbindelse med potentielle patogener på lokaliteter med ringe badevandskvalitet og ved ekstreme nedbørshændelser. Ud fra dette vurderes det, at der i disse tilfælde vil kunne forekomme humant patogene mikroorganismer på også den spiselige tang. Målinger af badevandskvalitet er begrænset til sommermånederne, så vores viden om vandkvaliteten i de øvrige måneder er begrænset. De potentielle humane patogener bakterier er primært tilpasset livet i tarmen hos pattedyr, hvor temperaturen er ca. 37° C, og hvor der oftest er lav iltspænding. Det er vores vurdering, at disse organismer næppe har en konkurrencemæssig kapacitet til at vokse og etablere sig i biofilm på tangplanters overflader. Det betyder, at det efter vores vurdering ikke er sandsynligt, at potentielle humane patogener vil forekomme som en naturlig del af den mikrobielle flora knyttet til tang. En undtagelse fra denne generelle vurdering er måske *Vibrio vulnificus*, og tilsvarende bakterier, der forekommer naturligt i havmiljøet, og som ikke kun bliver udledt til havmiljøet via spildevand. Det er derfor vores overordnede vurdering, at de fleste potentielle humane patogener mikroorganismer

vil kunne forekomme på spisbar tang i det omfang, de findes i det omgivende vand og i så tilfælde i tætheder, der afspejler tætheden i vandet.

Tabel 1. Oversigt over litteratur vedrørende forekomst af bakterier på tang, som kan indsamles i danske farvande og anvendes til mad. De beskrevne teknikker er: Dyrkning (identifikation ved traditionelle dyrkningsmæssige metoder); Dyrkning (S) (dyrkning og identifikation ved sekventering); FISH (identifikation ved in situ hybridisering); DGGE (identifikation efter denaturerende gel elektroforese); Klon bibliotek (identifikation ved sekventering af DNA direkte oprenset fra tangen).

Tang	Teknik	Land	Reference
<i>Ulva lactuca</i>	Dyrkning (S)	Stor Britannien	Marshall et al., 2006
	Dyrkning	Kina	Kong and Chan, 1979
	Dyrkning	-	Harold og Stanier, 1955
	FISH	Australien	Tujula et al., 2010
	Dyrkning	Spanien	Lemos et al., 1985
	Dyrkning (S)	Sverige	Egan et al. 2000
	DGGE	Danmark	Skovhus et al. 2007
	Dyrkning (S)	Sverige	Egan et al., 2001
Dyrkning	Taiwan	Zheng et al., 2000	
<i>Ascophylum nodosum</i>	Dyrkning	Canada	Chan og McManus, 1969
<i>Alaria esculenta</i>			
<i>Fucus vesiculosus</i>	Klon bibliotek	Tyskland	Lachnit et al., 2011
	Dyrkning	Spanien	Bolinches et al., 1988
	Dyrkning	Spanien	Genilloud et al., 1994
<i>Laminaria</i> spp.	Dyrkning (S)	Norge	Bengtsson et al. 2011
	Klon bibliotek	Tyskland	Staufenberger et al. 2008
	Klon bibliotek	Australien	Burke et al. 2011
	Dyrkning (S)	-	Salaun et al. 2010
	Dyrkning (S)	Tyskland	Wiese et al., 2009
	Dyrkning	Japan	Vairappan et al., 2001
	DGGE	Norge	Bengtsson et al., 2010
	Dyrkning	Kina	Duan et al., 1995
	Dyrkning (S)	Taiwan	Zheng et al., 2005
	Dyrkning	Rusland	Dimitrieva og Dimitriev, 1996
	Dyrkning	Kina	
	Dyrkning	Taiwan	Laycock, 1974

	Dyrkning (S) Dyrkning Dyrkning (S) Klon bibliotek Dyrkning (S)	Rusland Kina Japan Portugal Norge	Vairappan og Suzuki, 2000 Wang et al., 2009 Sawabe et al., 1998; 2000 Beleneva og Zhukova, 2006 Lage og Bondoso, 2011 Bengtsson og Øvreås, 2010
<i>Sargassum</i> spp.	Dyrkning (S) Dyrkning (S) Dyrkning Dyrkning Dyrkning Dyrkning (S) Dyrkning (S) Dyrkning (S)	Brasilien Taiwan Indien Kina Japan Portugal Japan Portugal	Menezes et al. 2010 Zheng et al., 2005 Ramaiah & Chandramohan 1992 Kong og Chan, 1979 Shiba og Taga, 1980 Villareal-Gomez et al., 2010 Kanagasabhapathy et al. 2006 Lage og Bondoso, 2011
<i>Delsia carnosa</i>			
<i>Chondrus crispus</i>	Dyrkning Dyrkning	Spanien Canada	Genilloud et al., 1994 Craigie og Correa, 1996
<i>Palmaria palmata</i>	Dyrkning (S)	Stor Brittanien	Yan et al, 2002
<i>Porphyra</i> spp.	Dyrkning	Japan	Shiba og Simidu, 1982

Tabel 2. Oversigt over forekomst af bakterier på tang, som kan indsamles i danske farvan-
de og anvendes som fødevarer. Baseret på litteraturen opgivet i tabel 1, og som er angivet
af Hollants et al. 2013.

Tang	Bakteriearter fundet på tangarten
<i>Ulva lactuca</i>	<i>Achromobacter</i> sp., <i>Alteromonadales</i> bacterium, <i>Bacillus</i> sp., <i>Celluphaga lytica</i> , <i>Celluphaga</i> sp., <i>Cobetia marina</i> , <i>Cytophaga</i> sp. <i>Frigirobacterium</i> sp., <i>Gelidibacter</i> sp., <i>Leucothrix mucor</i> , <i>Micrococcus</i> sp., <i>Micromonospora</i> sp. <i>Paracoccus zeaxanthinifaciens</i> , <i>Planococcus citreus</i> , <i>Planococcus maritimus</i> , <i>Pseudoalteromonas citrea</i> , <i>Pseudoalteromonas</i> sp., <i>Pseudoalteromonas tunicate</i> , <i>Pseudoalteromonas ulvae*</i> , <i>Pseudomonadales</i> bacterium, <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Psychrobacter fozii</i> , <i>Rhodobacter apigmentum</i> , <i>Ruegeria</i> sp., <i>Shewanella gaetbulli</i> , <i>Streptomyces</i> sp., unclassified CFB group bacterium, Unclassified Gammaproteobacterium
<i>Ascophylum nodosum</i>	<i>Alcaligenaceae</i> bacterium, <i>Escherichia</i> sp., <i>Flavobacterium</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Sarcina</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Vibrio</i> sp.
<i>Alaria eculeta</i>	
<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Actinobacterium</i> bacterium, <i>Actinomycetales</i> bacterium, <i>Enterobacteriaceae</i> bacterium, <i>Flavobacterium</i> sp., <i>Granulosicoccus antarcticus</i> , <i>Hyphomonadaceae</i> bacterium, <i>Octadecabacter antarcticus</i> , <i>Roseibacillus</i> sp., <i>Rubritalea spongiae</i> , <i>Saprospiraceae</i> bacterium, <i>Sphingomonadales</i> bacterium, <i>Staphylococcus</i> sp., unclassified Alphaproteobacterium, unclassified CFB group bacterium, unclassified Cyanobacterium, Unclassified Epsilonproteobacterium, unclassified Planctomyces bacterium
<i>Laminaria</i> spp.	<i>Actinobacteria</i> bacterium, <i>Actinomycetales</i> bacterium, <i>Alteromonas</i> sp., <i>Agrococcus</i> sp., <i>Alcaligenes aquamarinas</i> , <i>Alcaligenes</i> sp. <i>Algibacter</i> sp., <i>Altererythrobacter</i> sp., <i>Alteromonas</i> sp. <i>Amycolatopsis</i> sp., <i>Arthrobacter</i> sp., <i>Azomonas agilis</i> ,

	<p><i>Azotobacter beijerinckii</i>, <i>Bacillus</i> sp., <i>Blastochloris</i> sp., <i>Cel-lulphaga</i> sp., <i>Cobetia</i> sp., <i>Corynebacterium</i> sp., <i>Croceicoccus</i> sp., <i>Curtobacterium</i> sp., <i>Enterobacteriaceae</i> bacterium, <i>Er-winia amylovora</i>, <i>Erythrobacter</i> sp., <i>Eschericia coli</i>, <i>Flavo-bacterium</i> sp., <i>Glaciecola</i> sp., <i>Granulosicoccus</i> sp., <i>Halomo-nas</i> sp., <i>Hyphomonas</i> sp., <i>Jannaschia</i> sp., <i>Kiloniella laminar-iae</i>, <i>Kocuria</i> sp., <i>Labrenzia</i> sp., <i>Leifsonia</i> sp., <i>Loktanella</i> sp., <i>Mesorhizobium</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp., <i>Olleya</i> sp., <i>Paracoccus</i> sp., <i>Planctomyces</i> sp., <i>Planctomycetaceae</i> bacterium, <i>Pseu-doalteromonas bacteriolytica</i>*, <i>Pseudoalteromonas elyekovii</i>, <i>Pseudoalteromonas porphyrae</i>, <i>Pseudoalter-omonas</i> sp., <i>Pseudomonas putrefaciens</i>, <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Psychroflexus</i> sp., <i>Rhodobacteraceae</i> bacterium, <i>Rhodococ-cus</i> sp., <i>Rhodospirellula baltica</i>, <i>Rhodospirellula</i> sp., <i>Roseo-bacter</i> sp., <i>Shewanella</i> sp., <i>Sphingomonas</i> sp., <i>Sphingopyxis</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., <i>Stenotrophomonas</i> sp., <i>Streptomy-ces</i> sp., <i>Sulfitobacter</i> sp., <i>Tateyamaria</i> sp., unclassified Al-phaproteobacterium, unclassified Betaproteobacterium, un-classified CFB group bacterium, unclassified Cyanobacterium, Unclassified Epsilonproteobacterium, unclassified Planctomy-cetes bacterium, unclassified Verrucomicrobia bacterium, <i>Vibrio</i> sp., <i>Vibrio tasmaniensis</i>, <i>Vibrio vulnificus</i>, <i>Winograd-skyella eximia</i>*, <i>Zobellia laminariae</i>*</p>
<p><i>Sargassum</i> spp.</p>	<p><i>Alteromonas</i> sp., <i>Arthrobacter</i> sp., <i>Bacillus cereus</i>, <i>Bacillus pumilus</i>, <i>Bacillus</i> sp., <i>Brevundimonas</i> sp., <i>Dokdonia</i> sp., <i>Fla-vobacterium</i> sp., <i>Knoellia</i> sp., <i>Kocuria palustris</i>, <i>Kocuria</i> sp., <i>Microbulbifer elongates</i>, <i>Micrococcus</i> sp., <i>Novardioides</i> sp., <i>Photobacterium leiognathi</i>, <i>Pseudoalteromonas</i> sp., <i>Pseudo-monas</i> sp., <i>Rhodospirellula baltica</i>, <i>Rhodospirellula</i> sp., <i>Ruegeria</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., unclassified CFB group bac-terium, <i>Vibrio fisheri</i>, <i>Vibrio harveyi</i>, <i>Vibrio</i> sp., <i>Vibri-onaceae</i> bacterium, <i>Xanthomonas</i> sp.</p>

<i>Delsia carnosa</i>	Der foreligger ingen oplysninger
<i>Chondrus crispus</i>	<i>Actinomyceales</i> sp., <i>Rhodospirellula baltica</i> , <i>Rhodospirellula</i> sp., unclassified CFB group bacterium
<i>Palmaria palmata</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>
<i>Porphyra</i> spp.	<i>Aeromonas</i> sp., <i>Bacillus</i> sp., <i>Erythrobacter</i> sp., <i>Eschericia</i> sp., <i>Flavobacterium</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp., <i>Phycisphaera mikurensis</i> , <i>Planctomyces</i> sp., <i>Pseudoalteromonas</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Psychrobacter</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp., unclassified CFB group bacterium, <i>Vibrio</i> sp., <i>Vibrio vulnificus</i> , <i>Vibrionaceae</i> bacterium

Konklusioner

- Mikroorganismer, specielt bakterier, er almindeligt forekommende på overfladen af tangplanter, hvor de danner en biofilm. Dette gælder naturligvis også på tang, der er spiselig.
- Bakterierne på tangen stammer primært fra det omgivende vand, mens deres vækst foregår i biofilmen på tangens overflade.
- Bakteriefloren på en tangplante er bestemt af en række biotiske og abiotiske faktorer, såsom tangplantens art, fysiologi og levevilkår, voksestedet og voksestedets abiotiske forhold samt forekomsten af bakterier i vandet, og hvad det er for bakterier, der allerede findes på tangen.
- Der er en betydelig konkurrence mellem bakterierne i biofilmen og det vurderes, at det vil være vanskeligt for ikke tilpassede bakterier at etablere sig og overleve på tangs overflader.
- Der findes ingen undersøgelser, der specifikt belyser forekomsten af humane patogener på spiselig tang – hverken nationale eller internationale.
- Det er vores vurdering, at humant patogene mikroorganismer ikke er specielt tilpassede til livet på en tangplantens overflade, og at de derfor næppe vil kunne overleve, vokse og etablere sig på tangplanter.
- Det betyder dog ikke, at de ikke vil kunne forekomme på tang i kortere perioder.
- Det er vores vurdering, at der især vil kunne forekomme humane patogener på tang på lokaliteter med eksempelvis dårlig badevandskvalitet, eller i forbindelse med kraftige regnskyl, hvor spildevand bliver udledt urensset til vandmiljøet. Dette vil især være et problem i kystnære områder med lavt, stillestående vand. Tætheden af disse mikroorganismer på tangen vil sandsynligvis være lav og primært betinget af tætheden af mikroorganismene i det frie vand.
- Der mangler undersøgelser, der kan bekræfte disse teoretiske overvejelser. Især ville det være nyttigt at have viden om forekomsten af humane patogener på tang, eller indikatorer for disse (*E. coli* og *enterokokker*), på lokaliteter med god og dårlig badevandskvalitet over et år.

Litteraturliste

Beleneva IA, Zhukova NV (2006) Bacterial communities of some brown and red algae from Peter the Great Bay, the Sea of Japan. *Microbiology* (NY) 75:410–419.

Bengtsson M & Øvreås L (2010) Planctomycetes dominate biofilms on surfaces of the kelp *Laminaria hyperborea*. *BMC Microbiol* 10, 261–273.

Bengtsson MM, Sjøtun K & Ovreas L (2010) Seasonal dynamics of bacterial biofilms on the kelp *Laminaria hyperborea*. *Aquat Microb Ecol* 60, 71–83.

Bengtsson, M M.; Sjøtun, K; Storesund, J E.; et al. (2011) Utilization of kelp-derived carbon sources by kelp surface-associated bacteria *Aquat. Microb. Ecol.* 62, 191-199.

Bolinches J, Lemos ML & Barja JL (1988) Population dynamics of heterotrophic bacterial communities associated with *Fucus vesiculosus* and *Ulva rigida* in an estuary. *Microb Ecol* 15, 345–357.

Burke C, Steinberg P, Rusch D, Kjelleberg S & Thomas T (2011) Bacterial community assembly based on functional genes rather than species. *P Natl Acad Sci USA* 108, 14288–14293.

Chan ECS & McManus EA (1969) Distribution, characterization, and nutrition of marine microorganisms from the algae *Polysiphonia lanosa* and *Ascophyllum nodosum*. *Can J Microbiol* 15, 409–420.

Craigie JS & Correa JA (1996) Etiology of infectious diseases in cultivated *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta). *Hydrobiologia* 326–327, 97–104.

Christensen, P.B., Høgslund, S., red., 2011: Havets planter – på oplevelse i en ukendt verden. Aarhus Universitetsforlag: 1-188.

Dahl, K., Lundsteen, S., Helmig, S. A.: 2003: Stenrev – havbundens oaser. – Gads Forlag, København: 1- 104.

Dimitrieva GY, Dimitriev SM (1996) Symbiotic microflora of the brown algae from the genus *Laminaria* as a bioindicator of the ecological state of coastal *Laminaria* biocoenoses. *Russ J Mar Biol* 22:276–281.

Duan, D, Xu, L; Fei, X; et al (1995) Marine organisms attached to seaweed surfaces in Jiaozhou bay, China *World J. of Microbi. Biotech.* 11, 351-352.

Egan S, Thomas T, Holmstrom C & Kjelleberg S (2000) Phylogenetic relationship and anti-fouling activity of bacterial epiphytes from the marine alga *Ulva lactuca*. *Environ Microbiol* 2: 343–34.

Egan S, James S, Holmström C & Kjelleberg S (2001) Inhibition of algal spore germination by the marine bacterium *Pseudoalteromonas tunicata*. *FEMS Microbiol Ecol* 35, 67–73.

Egan, S; Harder, T; Burke, C; et al. (2012) The seaweed holobiont: understanding–seaweed-bacteria interactions. *FEMS Microbiol. Rev* 37, 462-476.

Genilloud O, Pelaez F, Gonzalez I, Diez MT (1994) Diversity of actinomycetes and fungi on seaweeds from the Iberian coasts. *Microbiologia SEM* 10:413–422.

Goecke F, Labes A, Wiese J & Imhoff JF (2010) Chemical interactions between marine macroalgae and bacteria. *Mar Ecol Prog Ser* 409, 267–299.

Harold R & Stanier RY (1955) The genera *Leucothrix* and *Thiothrix*. *Bacteriol Rev* 19, 49–58.

Hendriksen, N.B. (2012) Tilførsler af mikrobielle patogener til de danske farvande. Fagligt notat fra DCE, 12 pp.

Hollants J, Leliaert F, De Clerck O & Willems A (2013) What we can learn from sushi: a review on seaweed–bacterial associations. *FEMS Microbiol Ecol* 83, 1–16.

Kanagasabhapathy M, Sasaki H, Haldar S, Yamasaki S & Nagata S (2006) Antibacterial activities of marine epibiotic bacteria isolated from brown algae of Japan. *Ann Microbiol* 56, 167–173.

Kong MK & Chan K (1979) A study on the bacterial flora isolated from marine algae. *Bot Mar* 22, 83–98.

Køie, M., Kristiansen, Aa., and Weitemeyer, S., 2000: Havets dyr og planter. Gads Forlag, København: 1-351.

Lachnit T, Meske D, Wahl M, Harder T & Schmitz R (2011) Epibacterial community patterns on marine macroalgae are host-specific but temporally variable. *Environ Microbiol* 13, 655–665.

Lage, O M; Bondoso, J (2011) Planctomycetes diversity associated with macroalgae *FEMS Microbiol. Ecol.* 78 , 366-375.

Lane, A.L., Nyadong, L., Galhena, A.S., Shearer, T.L. (2009) Desorption electrospray ionization mass spectrometry reveals surface-mediated antifungal chemical defense of a tropical seaweed. *Proc. Natl. Acad Sci.* 106, 7314-7319.

Laycock RA (1974) The detrital food chain based on seaweeds. I. Bacteria associated with the surface of *Laminaria* fronds. *Mar Biol* 25, 223–231.

Lemos ML, Toranzo AE & Barja JL (1985) Antibiotic activity of epiphytic bacteria isolated from intertidal seaweeds. *Microb Ecol* 11, 149–163.

Marshall K, Joint I, Callow ME & Callow JA (2006) Effect of marine bacterial isolates on the growth and morphology of axenic plantlets of the green alga *Ulva linza*. *Microb Ecol* 52, 302–310.

Menezes CBA, Bonugli-Santos RC, Miqueletto PB, Passarini MRZ and others (2010) Microbial diversity associated with algae, ascidians and sponges from the north coast of Sao Paulo state, Brazil. *Microbiol Res* 165, 466-482.

Mouritsen, O.G., 2010: Tang. Grøntsager fra havet. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck A/S: 1-284.

Ramaiah N, Chandramohan D (1992) Densities, cellulases, alginate and pectin lyases of luminous and other heterotrophic bacteria associated with marine algae. *Aquat Bot* 44:71–81.

Salaun, S; Kervarec, N; Potin, P; et al. (2010) Whole-cell spectroscopy is a convenient tool to assist molecular identification of cultivatable marine bacteria and to investigate their adaptive metabolism *Talanta* 80, 1758-1770.

Sawabe T, Makino H, Tatsumi M, Nakano K, Tajima K, Iqbal MM, Yumoto I, Ezura Y & Christen R (1998) *Pseudoalteromonas bacteriolytica* sp. nov., a marine bacterium that is the causative agent of red spot disease of *Laminaria japonica*. *Int J Syst Bacteriol* 48: 769–774.

Sawabe T, Tanaka R, Iqbal MM, Tajima K, Ezura Y, Ivanova EP & Christen R (2000) Assignment of *Alteromonas elyakovii* KMM 162T and five strains isolated from spot-wounded fronds of *Laminaria japonica* to *Pseudoalteromonas elyakovii* comb. nov. and the extended description of the species. *Int J Syst Evol Microbiol* 50: 265–271.

Shiba T & Taga N (1980) Heterotrophic bacteria attached to seaweeds. *J Exp Mar Biol Ecol* 47, 251–258.

Shiba T & Simidu U (1982) *Erythrobacter longus* gen. nov., sp.nov., an aerobic bacterium which contains bacteriochlorophyll A *Int J Syst Bacteriol* 32,211–217.

Skovhus TL, Holmström C, Kjelleberg S & Dahllöf I (2007) Molecular investigation of the distribution, abundance and diversity of the genus *Pseudoalteromonas* in marine samples. *FEMS Microbiol Ecol* 61, 348–361.

Staufenberger T, Thiel V, Wiese J & Imhoff JF (2008) Phylogenetic analysis of bacteria associated with *Laminaria saccharina*. *FEMS Microbiol Ecol* 64, 65–77.

Tujula NA, Crocetti GR, Burke C, Thomas T, Holmstrom C & Kjelleberg S (2010) Variability and abundance of the epiphytic bacterial community associated with a green marine Ulvacean alga. *ISME J* 4, 301–311.

Vairappan CS & Suzuki M (2000) Dynamics of total surface bacteria and bacterial species counts during desiccation in the Malaysian sea lettuce, *Ulva reticulata* (Ulvales, Chlorophyta). *Phycological Research* 48, 55–61.

Vairappan CS, Suzuki M, Motomura T & Ichimura T (2001) Pathogenic bacteria associated with lesions and thallus bleaching symptoms in the Japanese kelp *Laminaria religiosa* Miyabe (Laminariales, Phaeophyceae). *Hydrobiologia* 445, 183–191.

Wahl M, Goecke F, Labes A, Dobretsov S & Weinberger F (2012) The second skin: ecological role of epibiotic biofilms on marine organisms. *Front Microbiol* 3, 292.

Wang ZF, Xiao T, Pang SJ, Liu M & Yue HD (2009) Isolation and identification of bacteria associated with the surfaces of several algal species. *Chin J Oceanol Limnol* 27, 487–492.

Weinberger, F. (2007) Pathogen-induced defence and innate immunity in macroalgae. *Biol. Bull.* 213, 290-302.

Wiese J, Thiel V, Nagel K, Staufenberger T & Imhoff JF (2009) Diversity of antibiotic-active bacteria associated with the brown alga *Laminaria saccharina* from the Baltic Sea. *Mar Biotechnol* 11, 287–300.

Witvrouw, M. & De Clerq, E. (1997) Sulfated polysaccharides extracted from sea algae as potential antiviral drugs. *Gen. Pharmacol.* 29, 497-511.

WoRMS, 2013: World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org/>

Yan LM, Boyd KG & Burgess JG (2002) Surface attachment induced production of antimicrobial compounds by marine epiphytic bacteria using modified roller bottle cultivation. *Mar Biotechnol* 4, 356–366.

Zheng L, Han X, Chen H, Lin W & Yan X (2005) Marine bacteria associated with marine macroorganisms: the potential antimicrobial resources. *Ann Microbiol* 55, 119–124.

Zheng Z, Zeng W, Huang Y, Yang Z, Li J, Cai H & Su W (2000) Detection of antitumor and antimicrobial activities in marine organism associated actinomycetes isolated from the Taiwan Strait, China. *FEMS Microbiol Lett* 188, 87–91.

FOREKOMST AF MIKROORGANISMER PÅ TANG

- SPECIELT PÅ SPISELIGT TANG, DER FOREKOMMER I DE DANSKE FARVANDE

NIELS BOHSE HENDRIKSEN OG STEFFEN LUNDSTEEN
DCA RAPPORT NR. 048 · NOVEMBER 2014



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



FOREKOMST AF MIKROORGANISMER PÅ TANG

- SPECIELT PÅ SPISELIGT TANG, DER FOREKOMMER I DE DANSKE FARVANDE

DCA RAPPORT NR. 048 · NOVEMBER 2014



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

Niels Bohse Hendriksen

Aarhus Universitet
Institut for Miljøvidenskab
4000 Roskilde

Steffen Lundsteen

Aarhus Universitet
Institut for Bioscience
4000 Roskilde

FOREKOMST AF MIKROORGANISMER PÅ TANG

- SPECIELT PÅ SPISELIGT TANG, DER FOREKOMMER I DE DANSKE FARVANDE

Serietitel: DCA rapport

Nr.: 048

Forfattere: Niels Bohse Henriksen og Steffen Lundsteen

Udgiver: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: dca@au.dk, hjemmeside: www.dca.au.dk

Fotograf: Forsidefoto: *Dilsea carnos*a, Kødblade. Fra det østlige Kattegat i 15 m dybde. Tidligere brugt latinske artsnavn, *edulis*, betyder spiselig. Det blev dannet af Stackhouse 1809, der også oprettede, det latinske slægtsnavn, *Dilsea*. Men arten blev allerede navngivet af Schmidel i 1794, med det artsnavn vi bruger i dag, nemlig *carnos*a, det betyder kødet. Foto Karsten Dahl

Tryk: www.digisource.dk

Udgivelsesår: 2014

Gengivelse er tilladt med kildeangivelse

ISBN: 978-87-93176-36-2

ISSN: 2245-1684

Rapporterne kan hentes gratis på www.dca.au.dk

Rapport

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab
Institut for Fødevarer
Institut for Agroøkologi
Institut for Ingeniørvidenskab
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.