

Indholdsstoffer i tang fra Limfjorden



Annette Bruhn, Aarhus Universitet, Institut for BioScience, Vejlshøjvej 25, 8600 Silkeborg

Michael Bo Rasmussen, Aarhus Universitet, Institut for BioScience, Vejlshøjvej 25, 8600 Silkeborg

Martin Mørk Larsen, Aarhus Universitet, Institut for BioScience, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

Karin Loft Eybye, Teknologisk Institut, Life Science, Food Technology, Kongsvang allé 29, 8000 Aarhus C

Ditte Bruunshøj Tørring, Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua, Øroddevej 80, 7900 Nyk. Mors

Kristian Oddershede Nielsen, Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua, Øroddevej 80, 7900 Nyk. Mors



Forord

Denne rapport er en sammenfatning af analyser udført i projektet *De lokale Dyder* (arbejdspakke 5). *De lokale Dyder* gennemføres af Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua og er finansieret af Fornyelsesfonden og Vækstforum, Region Nordjylland. Rapporten indeholder resultaterne af analyser af indholdsstoffer i sukkertang produceret i Limfjorden, herunder indhold af miljøfremmede stoffer.

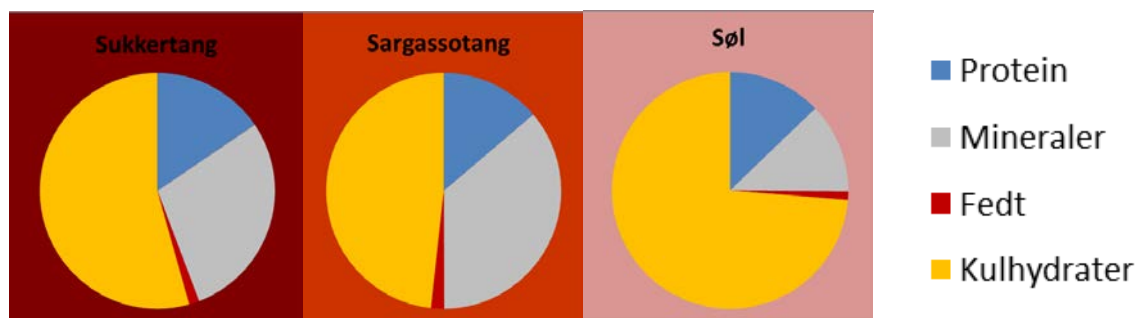
Til sammenligning er inkluderet analyser af sargassotang fra Limfjorden, og søl fra Kattegat. Disse data er produceret i projektet *Naturlige Ingredienser og Grøn Energi* (Innovationskonsortium, Forsknings- og Innovationsstyrelsen).

Indholdsfortegnelse

.....	1
Indholdsstoffer i tang fra Limfjorden	1
Forord	1
Hvad indeholder tang?	4
Indholdsstoffer i tang i Limfjorden	5
Protein og aminosyrer	6
Fedt og fedtsyrer	7
Pigmenter	8
Makronæringsstoffer, mineraler og metaller - herunder tungmetaller	9
Perspektivering	12
Anvendelsesmuligheder for sukkertang fra Limfjorden	12
Fremtidens analysekrav	15
Hvor skal vi dyrke tang?	15
Litteratur	16

Hvad indeholder tang?

Ligesom andre levende organismer indeholder tang kulhydrater, proteiner, mineraler, metaller, salte og fedtstoffer. Sammensætningen af indholdsstoffer varierer mellem forskellige arter af tang. Men også i tang af den samme art, kan der være stor forskel på koncentrationen af de forskellige indholdsstoffer afhængig af, *hvor* tangen har vokset og *hvornår* man har høstet den (figur 1).



Figur 1. Den overordnede fordeling af kulhydrater, protein, fedt og mineraler i sukkertang, sargassotang og søl.

De faktorer i havmiljøet, der påvirker tangens indholdsstoffer, er tilgængelighed af lys og næring (især kvælstof og fosfor), vandets saltholdighed, koncentrationen af tungmetaller i vand og havbund og i hvor høj grad området påvirkes af strøm og bølger.

I grove træk øger saltholdigt vand tangens indhold af tørstof og mineraler, dvs. mindsker tangens vandindhold. Tilgængelighed af lys øger indholdet af kulhydrater, især hvis der er et lavt indhold af kvælstof i vandet. En høj koncentration af kvælstof i vandmiljøet øger til gengæld tangens indhold af protein. I områder med høj koncentration af visse tungmetaller (fx cadmium) i havbunden, vil tang, der vokser i området også have et relativt højt indhold af disse tungmetaller.

Tang kan høstes til mange formål, og den optimale sammensætning af indholdsstoffer vil være forskellig afhængig af, hvad man vil udnytte tangen til.

Hvis man ønsker at bruge tang til fødevarer vil man typisk ønske et højt indhold af mineraler, et højt indhold af omega-3 fedtsyrer og et højt indhold af kostfibre og protein (især af de aminosyrer, der giver "umami"-smag).

Til dyrefoder ønsker man også et højt indhold af proteiner. Især et højt indhold af aminosyrerne methionin, cystin og lysin er vigtigt, fordi der ikke er så højt indhold af disse tre aminosyrer i planteprotein, og dyrefoder derfor ofte er i underskud af netop disse aminosyrer.

Til produktion af algestivelse (E400-E409), der bruges som stabiliseringsmiddel eller gleringsmiddel i bl.a. fødevarer- foder- og medicinalindustrien, skal indholdet af bestemte kulhydrater være højt. De mest producerede er alginat fra brunalger, og carrageenan og agar fra rødalger.

Til gødningsformål er et højt indhold af kvælstof, fosfor, kalium og mineraler optimalt. Også de langsomt nedbrydelige fibre i tang er gode for jorden. De øger jordens kulstofindhold og evne til at binde vand, og forbedrer miljøet for jordens mikroorganismer.

Indholdet af tungmetaller bør til alle formål være under de fastsatte grænseværdier for fødevarer, foder, tilsætningsstoffer og gødning.

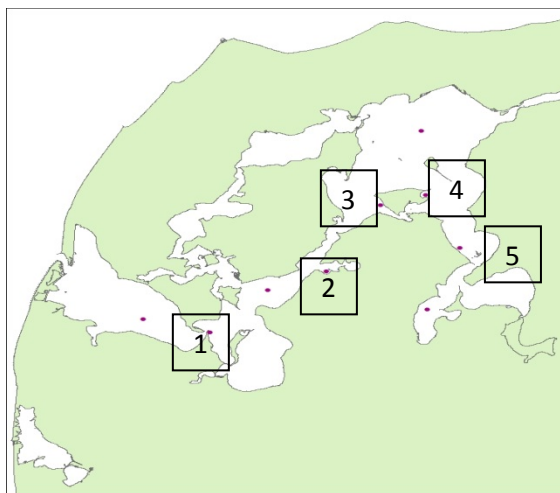
Indholdsstoffer i tang i Limfjorden

To forskellige arter af brunalger fra Limfjorden er analyseret i denne rapport: Sukkertang (*Saccharina latissima*) og sargassotang (*Sargassum muticum*). Til sammenligning er inddraget data for rødalgen, søl (*Palmaria palmata*), som også er forsøgt dyrket i Limfjorden (figur 2). De anvendte data er dog fra søl i Kattegat, da produktionen i Limfjorden fejlede.



Figur 2.a. Sukkertang dyrket i Færker Vig. b. Sargassotang på bunden af Limfjorden. c. Søl.

Sukkertangen er blevet dyrket 5 forskellige steder i Limfjorden: Odby Bugt, Lysen Bredning, Risgaarde Bredning, Fur Sund og Færker Vig (figur 3). I de fleste analyser indgår kun tang fra Færker Vig, der er høstet d. 16. april 2012, og enten er dyrket tæt på havoverfladen (1,5 meters dybde) eller længere nede i vandsøjlen (2,5 meters dybde). Sargassotangen er høstet udfor Nykøbing Mors. Sargassotang er en invasiv art, der ikke oprindeligt fandtes i Danmark. Den er formentlig indført til Europa fra Asien i forbindelse med østersimport, og breder sig nu i danske farvande. Da sargassotang er invasiv, må den ikke dyrkes i Danmark. Derimod siger lovgivningen ikke, at man ikke må høste den.



Figur 3. Kort over Limfjorden. Sukkertang er dyrket og høstet fem forskellige steder i Limfjorden: Odby Bugt (1), Lysen Bredning (2), Fur Sund (3), Færker Vig (4) og Risgaarde Bredning (5).

Protein og aminosyrer

Proteiner er store molekyler sammensat af aminosyrer. De fungerer som biologiske byggesten og enzymer i alle levende organismer. Der findes ca. 20 vigtige aminosyrer, heraf er 8 essentielle, dvs. at mennesker ikke selv kan danne dem, men skal have dem tilført med kosten.

Indholdet af protein og aminosyrer i sukkertang og sargassotang fra Limfjorden er vist i Tabel 1, hvor det sammenlignes med indholdet i rødalgen søl (*Palmaria palmata*) fra Kattegat.

Indholdet af protein i sukkertang fra Limfjorden var relativt højt: 15,54 og 16,20 % af det samlede tørstof i tangen. Proteinindholdet, og indholdet af de enkelte aminosyrer (undtagen 4 – alanin, glutaminsyre, tyrosin og valin) var højest i tangen dyrket nærmere havbunden. Her var også forholdet mellem essentielle og ikke-essentielle aminosyrer højest: 0.38 mod 0.32.

Proteinindholdet i sukkertang, både fra overfladen og bunden var højere end proteinindholdet i søl høstet i Kattegat om sommeren i kraft af sukkertangens høje indhold af glutaminsyre og alanin. Der var et relativt højt indhold af samtlige andre aminosyrer i søl, og derfor var der et relativt højt indhold af essentielle aminosyrer i både søl og sargassotang i forhold til sukkertang fra Limfjorden. Sukkertangen fra Limfjorden indeholdt, som nævnt, høje koncentrationer af glutaminsyre – en aminosyre, der giver ”umami-smag” – over dobbelt så høje koncentrationer som i søl, der ellers regnes for en tangart med kraftig ”umami-smag”.

Tabel 1. Indholdet af protein (totale aminosyre indhold (TAS)), sammensætningen af aminosyrer (% af TAS), og forholdet mellem **essentielle (EAS)** og ikke-essentielle (non-EAS) aminosyrer.

	Sukkertang (1,5 m)	Sukkertang (2,5 m)	Sargassotang*	Søl*
Proteinindhold (TAS)				
(g/100 g eller % af tørvægt)	15,54	16,20	10,90	12,3
Aminosyrer (% af TAS)				
Alanin	15,03	12,12	9,61	7,5
Arginin	2,79	3,39	5,02	6,1
Asparaginsyre	7,29	8,23	13,63	13,3
Cystein +Cystine	1,90	2,17	1,44	3,5
Glutaminsyre (sur)	39,93	36,12	18,85	16,0
Glycine	3,60	4,11	5,45	6,3
Histidine	0,98	1,14	1,83	1,8
Isoleucine	2,53	2,86	4,50	3,8
Leucine	4,06	4,71	7,78	6,5
Lysin	3,25	4,06	5,65	7,0
Methionin	1,25	1,37	2,25	2,1
Ornithin	0,06	0,06	<0,10	<0,09
Phenylalanin	2,73	3,29	4,84	4,5
Proline	2,84	3,45	4,32	4,7
Serin	2,99	3,51	3,94	5,5
Taurin, Total	0,77	0,91	-	-
Threonin	3,17	3,74	4,71	4,4
Tyrosine (beregnet)	0,15	0,12	0,49	0,9
Valin	4,90	4,81	5,60	6,1
EAS/ikke-EAS	0,32	0,38	0,64	0,7

*Værdier for indhold af protein og aminosyrer i søl (*Palmaria palmata*) stammer fra Razi Perjikolai *et al*, a (submitted). Sølen er høstet i Kattegat. Værdier for Sargassotang stammer fra Bruhn *et al* (in prep).

Fedt og fedtsyrer

Fedt er nødvendigt for opbygning af cellemembraner, nerve- og hjernevæv, og for optag og transport af vigtige vitaminer (A, D, E og K). Der er stort fokus på de ernæringsmæssige aspekter af de forskellige fedtsyrer, og Sundhedsstyrelsen anbefaler at indtage umættede fedtsyrer, både enkelt- og flerumættede fedtsyrer, frem for mættede fedtsyrer. Forholdet mellem omega-3 og omega-6 flerumættede fedtsyrer anbefales at være ca 1. Generelt har vestlig kost en overvægt af omega-6 fedtsyrer, fordi vi primært spiser animalsk fedt og planteolier. Fisk, skaldyr og tang er vigtige kilder til omega-3 fedtsyrer.

Indholdet af total fedt og de forskellige essentielle og ikke-essentielle fedtsyrer i sukkertang fra 1,5 meters dybde i Limfjorden er vist i Tabel 2. Igen er værdierne sammenlignet med værdier for søl og sargassotang.

Tabel 2. Indholdet af total fedt (% af tørstof), sammensætningen af fedtsyrer (% af totale fedtsyrer), fordelingen af enkelt, mon- og polyumættede fedtsyrer, samt summen af omega 3, 6 og 9 fedtsyrer.

	Sukkertang (1,5 m)	Sargassotang*	Søl*
Total fedt (% af tørstof)	1,4	1,79	1,2
Fedtsyrer (% of total fedt)			
Capronsyre C6:0	0,2	ND	ND
Laurinsyre C12:0	0,2	ND	ND
Myristinsyre C14:0	12,4	7,58	8,5
Myristoleinsyre C14:1	1,4	ND	1,3
Pentadecansyre C15:0	0,8	ND	ND
Palmitinsyre C16:0	30,7	55,56	29,0
Palmitoleinsyre C16:1	17,1	4,02	ND
Margarinsyre C17:0	0,3	ND	ND
Heptadecansyre C17:1	ND	ND	1,3
Stearinsyre C18:0	2,5	3,59	1,6
Oliesyre C18:1 (c9)	7,5	11,19	3,6
Vaccensyre C18:1	1,5	0,49	1,6
Linolsyre C18:2 ω6	2,6	1,79	1,0
γ-Linolensyre C18:3 ω6	0,4	0,66	ND
α-Linolensyre C18:3ω3	0,8	ND	0,6
Stearidonsyre C18:4 ω3	1,1	ND	0,8
Arachinsyre C20:0	1,5	1,05	ND
Eicosadiensyre C20:2 ω6	0,2	ND	ND
Dihomo-γ-Linolensyre ω6	0,2	ND	ND
Arachidonsyre C20:4 ω6	0,9	ND	3,3
Eicosatetraensyre C20:4 ω3 (ETA)	0,2	ND	ND
Eicosapentaensyre C20:5 ω3 (EPA)	1,8	ND	41,7
Heneicosapentaensyre C21:5 ω3 (HPA)	0,1	ND	ND
Behensyre C22:0	0,5	ND	2,6
Docosahexansyre C22:6 ω3 (DHA)	0,2	ND	ND
Uidentificerede fedtsyrer	15,9	12,23	3,2
Sum af mættede fedtsyrer	48,4	67,78	41,7
Sum af monumættede fedtsyrer	27,4	17,53	7,8
Sum af polyumættede fedtsyrer	8,3	2,46	47,3
Sum af Omega 3	4,1	0	43,0
Sum af Omega 6	4,2	2,46	4,6
Sum af Omega 9	7,4	11,19	3,6
Omega 3:6 ratio	1,0	-	0,1

*Værdier for indhold af protein og aminosyrer i søl (*Palmaria palmata*) stammer fra Razi Perjikolai *et al*, b (submitted). Sølen er høstet i Kattegat. Værdier for Sargassotang stammer fra Bruhn *et al* (in prep).

Det ses umiddelbart, at fedtindholdet i tangen generelt er lavt: 1,2-1,79 % af tørstoffet. Indholdet af mættede fedtsyrer i brunalgerne, sukkertang og sargassotang, overstiger indholdet af umættede fedtsyrer. Især indholdet af palmitinsyre er højt i alle tre arter, særlig højt i sargassotang (55,56 % af samlede fedtsyrer). I brunalgerne er indholdet af umættede fedtsyrer primært som monoumættede fedtsyrer, hvor de umættede fedtsyrer hos søl primært er flerumættede fedtsyrer: Den eftertragtede omega-3 fedtsyre, eicosapentaensyre (EPA), der findes fx i fiskeolie, udgør næsten halvdelen af de samlede fedtsyrer i søl (41,7 %), mens indholdet af EPA i sukkertang er på under 2 % af det samlede fedtindhold. EPA blev ikke fundet i sargassotang. En anden eftertragtet omega-3 fedtsyre, docosahexansyre (DHA), blev hverken fundet i søl eller sargassotang, og fandtes kun i meget lave koncentrationer i sukkertang (0,2 % af totale fedtsyrer).

Der er i det hele taget stor forskel på indholdet af omega-3 fedtsyrer i de tre tangarter: Der er ti gange så højt indhold af omega-3 fedtsyrer i søl i forhold til sukkertang, mens der slet ikke blev påvist omega-3 fedtsyrer i sargassotangen.

Pigmenter

Der findes mange forskellige pigmenter, eller farvestoffer, i tang. Deres biologiske funktion er at opfange sollyset til tangens fotosyntese processer. I alle arter af tang findes både det grønne klorofyl a, og de såkaldte karotenoider, der er gule, orange og røde farvestoffer. Karotenoider er bl.a. β -karoten (som man kender fra gulerødder), fucoxanthin og violaxanthin. Mange karotenoider fungerer som stærke antioxidanter, dvs. at de fx beskytter fedtstoffer mod at blive harske. Virkningen som antioxidant er interessant i et humant ernæringsmæssigt perspektiv, og både funktionerne som antioxidant og farvestof, er efterspurgt i foderindustrien. I foder til både fisk og høns tilsættes forskellige kunstige eller naturlige karotenoider, for at give fiskekødet og æggeblommen den rigtige farve. Der tilsættes ofte også antioxidanter for at forlænge holdbarheden af foderet. Pigmenterne i tang kan muligvis helt eller delvist erstatte tilsætning af farve og antioxidant til foderblandinger.

Indholdet af visse pigmenter i sukkertang fra 1,5 og 2,5 meters dybde dyrket 5 forskellige steder i Limfjorden er vist i tabel 3. Der er ikke data for pigmenter i sargassotang og søl.

Tabel 3. Indholdet af pigmenter i sukkertang fra 5 dyrkningssteder i Limfjorden (mg per g tørstof).

	Klorofyl a	Fucoxanthin	Violaxanthin	β -karoten
Odby Bugt (1,5m)	1,67	0,83	0,03	0,02
Odby Bugt (2,5m)	2,49	1,09	0,04	0,03
Lysen Bredning (1,5m)	1,67	0,65	0,02	0,01
Lysen Bredning (2,5m)	1,61	0,75	0,02	0,01
Fur Sund (1,5m)	0,47	0,47	ND	0,01
Fur Sund (2,5m)	0,93	0,47	ND	0,01
Færker Vig (1,5m)	1,19	0,63	0,02	0,01
Færker Vig (2,5m)	1,60	0,83	0,02	0,02
Risgaard Bredning (1,5m)	1,27	0,62	0,01	0,01
Risgaard Bredning (2,5m)	2,19	0,94	0,03	0,02

Indholdet af pigmenter øges jo dybere i vandsøjlen tangen høstes. Det skyldes, at jo længere man bevæger sig ned i vandet, jo mindre lys trænger igennem. Derfor behøver tang ved større dybde et højere indhold af

pigmenter for at fange tilstrækkeligt lys til at udføre fotosyntese. Det ses generelt for alle fem dyrkningssteder, at jo længere nede i vandet sukkertangen har vokset, jo mere pigment indeholder den. Der er ligeledes forskel i pigmentindholdet mellem de 5 dyrkningssteder: Indholdet af pigmenter er højest ved Odby Bugt og lavest i Fur Sund. Dette tyder på, at vandet har været mere uklart ved Odby end i Fur Sund.

Makronæringsstoffer, mineraler og metaller - herunder tungmetaller

Tang optager aktivt næringsstoffer, mineraler og metaller fra det omgivende havvand. Derfor vil tangens indhold af makronæringsstoffer, som kvælstof (N) og fosfor (P), mineraler, spormetaller og tungmetaller afspejle det miljø tangen vokser i. Generelt har tang et højt indhold af mineraler og spormetaller i forhold til både animalske og vegetabiliske kilder.

Både makronæringsstoffer, mineraler og spormetaller er ernæringsmæssigt vigtige for optimalt vækst og sundhed hos både mennesker, dyr og planter. Indholdet af makronæringsstoffer er vist i tabel 4, mens indholdet af mineraler og spormetaller er vist i tabel 5.

Visse metaller kan dog være skadelige i for høje koncentrationer, og der er derfor fastlagt lovmæssige grænseværdier, som indholdet af disse metaller ikke må overskride i fødevarer, foder og gødning. Indholdet af tungmetaller for henholdsvis tør og frisk tang er i tabel 6.a og 6.b sammenlignet med gældende grænseværdier for anvendelse af tangen til forskellige formål.

Makronæringsstoffer

Indholdet af både kulstof (C), N og P er højere i sukkertangen fra Limfjorden end i både sargassotang og søl fra Kattegat. Dette forhold kan skyldes at sukkertangen er høstet i april, hvor man forventer det højeste indhold af N og P, hvorimod sargassotang og søl er høstet henholdsvis i november og august. Både indholdet af C, N og P er overordnet ens i sukkertang fra begge dybder, men dog kan man se individuelle forskelle mellem de 5 dyrkningssteder: C indholdet ved Odby er højere nærmere overfladen og P indholdet højere nær bunden, hvorimod både C, N og P indholdet er højere nærmest bunden ved Risgaarde Bredning.

Tabel 4. Makronæringsstoffer i sukkertang dyrket fem forskellige steder i Limfjorden, sargassotang fra Limfjorden og søl fra Kattegat (% af tørstof).

	Tørstof (% af frisk vægt)	C (% af tørstof)	N (% af tørstof)	P (% af tørstof)
Odby Bugt (1,5m)	13,2	32,5	4,5	1,1
Odby Bugt (2,5m)	16,5	30,4	4,5	2,8
Lysen Bredning (1,5m)	14,7	33,1	3,7	1,2
Lysen Bredning (2,5m)	-	-	-	-
Fur Sund (1,5m)	6,5	-	-	1,3
Fur Sund (2,5m)	6,3	-	-	1,0
Færker Vig (1,5m)	10,6	28,5	3,4	1,0
Færker Vig (2,5m)	7,7	28,6	3,4	1,2
Risgaarde Bredning (1,5m)	15,2	32,2	3,6	1,1
Risgaarde Bredning (2,5m)	16,8	32,6	4,1	2,1
Sargassotang*	14,93	26,23	2,14	0,28
Søl*	29,0	29,5	2,39	0,27

*Værdier for indhold af makronæringsstoffer i søl stammer fra Bruhn *et al* (submitted). Værdier for Sargassotang stammer fra Bruhn *et al* (in prep).

Mineraler og spormetaller

Tang har generelt et højt indhold af mineraler og spormetaller. Sukkertangen fra Limfjorden har et højere indhold af især jern, mangan og krom end andre fødevarer med et højt indhold af disse mineraler. Tangens indhold af de øvrige mineraler er på niveau med de mest mineralrige fødevarer fra både dyre- og planteriget, dog med undtagelse af selen, som var tilstede i meget lave koncentrationer. I søl og sargassotang kunne selen ikke påvises.

I sukkertangen fra Limfjorden ses ikke store indbyrdes forskellige i mineral og spormetal indhold afhængig af dyrkningssted og –dybde. Dog er der en tendens til, at mineralindholdet er lidt lavere i frisk tang fra Færker Vig og Fur Sund, hvilket sandsynligvis er på grund af det lidt lavere tørstofindhold i tangen fra disse to steder (tabel 4). Sukkertang fra Limfjorden indeholdt generelt mere jern (Fe), zink (Zn) og molybdæn (Mo) og mindre kalium (K) og mangan (Mn) end søl og sargassotang. Sargassotang indeholdt mere magnesium (Mg) end sukkertang og søl.

Tabel 5. Indholdet af mineraler og spormetaller i sukkertang dyrket fem forskellige steder i Limfjorden, sargassotang fra Limfjorden og søl fra Kattegat, samt værdier for anbefalet dagligt indtag for voksne (RDI) (mg per 100 g frisk råvare, dog µg per 100 g frisk råvare for Se og Mo).

	Na	K	Ca	Fe	P	Mg	Zn	Se	Cu	Mn	Cr	Mo
RDI (mg per dag)	-	2000	800	14	700	375	10	55	1	2	0.040	50
Odby Bugt (1,5m)			164	50	142	72	0,70	4	0,05	1,1	0,04	15
Odby Bugt (2,5m)			328	153	469	111	1,29	18	0,13	7,0	0,26	22
Lysen Bredning (1,5m)			220	187	172	89	1,15	5	0,14	3,4	0,14	62
Lysen Bredning (2,5m)												
Fur Sund (1,5m)	316	173	109	99	82	62	0,97	46	0,13	5,12	0,19	33
Fur Sund (2,5m)	306	114	111	114	61	61	0,66	45	0,14	5,12	0,21	42
Færker Vig (1,5m)			146	32	103	85	0,33	3	0,05	10,65	0,05	9
Færker Vig (2,5m)			124	35	91	62	0,31	3	0,04	9,11	0,06	8
Risgaard Bredning (1,5m)			279	73	160	91	1,09	4	0,04	2,56	0,06	22
Risgaard Bredning (2,5m)			299	123	358	98	1,37	15	0,08	5,51	0,15	33
Sargassotang*	578	1001	235	9	43	299	0,13		0,03	11,65	0,01	6
Søl*	93	1192	271	9	79	46	0,61		0,14	16,76	0,02	17
Grønt og frugt ^a	0.04- 227	20-730	8.7- 600	0.13- 3.01	16.2- 437	5.5- 191	0.05- 11.8	0.1- 60	0.004- 0.24	0.01- 0.66	<0.018	0.001- 150
Animalske produkter ^{b,c}	74-394	219- 368	14-68	0.4- 3.72	176- 231	20-35	0.61- 11	24- 43*	0.06- 0.92	0.01- 0.56	-	-

* Værdier for indhold af makronæringsstoffer i søl stammer fra Bruhn *et al* (submitted). Værdier for Sargassotang stammer fra Bruhn *et al* (in prep). ^a Martínez-Ballesta (2010). ^b Tacon (2013). ^c Inkluderer både terrestriske og marine dyr.

Tungmetaller

Indholdet af tungmetallerne cadmium og bly i frisk sukkertang dyrket i Limfjorden overstiger de grænseværdier som fødevarerlovningen angiver for grøntsager, korn og dyrkede svampe. Derimod ligger tangens indhold af cadmium, bly og kviksølv under grænseværdierne for andre marine organismer, fx blåmuslinger, mens blyindholdet overstiger grænseværdierne for fisk i 5 ud af 9 tilfælde (tabel 6.a). Der er ikke fastsat grænseværdier for arsen i fødevarer, men EU arbejder på at fastsætte grænseværdier for visse fødevarer.

Tabel 6. a. Indholdet af tungmetaller i frisk tang (sukkertang dyrket fem forskellige steder i Limfjorden, sargassotang fra Limfjorden og søl fra Kattegat), samt grænseværdier for tungmetaller i frisk fisk og skaldyr i Danmark og EU (ppm eller mg per kg frisk råvare). Værdierne for tangen er beregnet ved hjælp af værdier for tørstofindhold i tabel 4.

	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
Odby Bugt (1,5m)	0,37	0,30	0,47	7,00	4,01	0,16	0,15	0,02
Odby Bugt (2,5m)	2,59	1,52	1,26	12,90	3,31	0,19	1,10	0,08
Lysen Bredning (1,5m)	1,43	0,90	1,38	11,46	3,65	0,25	0,48	0,06
Lysen Bredning (2,5m)								
Fur Sund (1,5m)	1,94	1,02	1,28	9,67	0,69	0,06	1,14	0,00
Fur Sund (2,5m)	2,11	1,09	1,36	6,57	0,62	0,06	1,02	0,00
Færker Vig (1,5m)	0,54	0,49	0,47	3,28	3,36	0,11	0,27	0,04
Færker Vig (2,5m)	0,56	0,46	0,43	3,12	2,01	0,08	0,28	0,03
Risgaarde Bredning (1,5m)	0,62	0,46	0,45	10,85	3,37	0,26	0,20	0,16
Risgaarde Bredning (2,5m)	1,48	0,95	0,78	13,70	3,13	0,27	0,44	0,09
Sargassotang*	0,17	0,29	0,26	1,30	4,75	0,12	0,16	0,00
Søl*	0,19	1,88	1,36	6,15	1,37	0,04	0,31	0,00
Blåmuslinger ^a	-	-	-	-	-	1	1,5	0,5
Fisk ^a	-	-	-	-	-	0,05-0,3	0,3	0,5-1
Korn ^a	-	-	-	-	-	0,1-0,2	0,2	-
Grøntsager ^a	-	-	-	-	-	0,05	0,1	-
Dyrkede svampe ^a	-	-	-	-	-	0,2	0,3	-

*Værdier for indhold af tungmetaller i søl stammer fra Bruhn *et al* (submitted). Værdier for Sargassotang stammer fra Bruhn *et al*, b (in prep).^a Kommissionens forordning (EF) nr. 1881/2006 af 19. december 2006 om fastsættelse af grænseværdier for bestemte forurenende stoffer i fødevarer (EØS-relevant tekst).

Tabel 6. b. Indholdet af tungmetaller i tørret tang (sukkertang dyrket fem forskellige steder i Limfjorden, sargassotang fra Limfjorden og søl fra Kattegat), samt grænseværdier for tungmetaller i fødevarer, foder og gødning/slam i Danmark og EU (ppm eller mg per kg tørstof).

	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
Odby Bugt (1,5m)	2,77	2,28	3,56	53,00	30,37	1,19	1,11	0,18
Odby Bugt (2,5m)	15,72	9,23	7,64	78,18	20,06	1,18	6,65	0,51
Lysen Bredning (1,5m)	9,74	6,14	9,40	77,99	24,81	1,72	3,27	0,41
Lysen Bredning (2,5m)	-	-	-	-	-	-	-	-
Fur Sund (1,5m)	29,92	15,65	19,66	148,77	10,61	0,91	17,60	-
Fur Sund (2,5m)	33,47	17,26	21,66	104,29	9,90	0,94	16,20	-
Færker Vig (1,5m)	5,10	4,63	4,48	30,91	31,67	1,08	2,55	0,39
Færker Vig (2,5m)	7,24	6,03	5,52	40,55	26,11	1,04	3,66	0,35
Risgaarde Bredning (1,5m)	4,07	3,06	2,93	71,40	22,15	1,72	1,34	1,03
Risgaarde Bredning (2,5m)	8,79	5,67	4,67	81,57	18,65	1,63	2,63	0,51
Sargassotang*	1,14	1,95	1,72	8,71	31,79	0,83	1,09	-
Søl*	0,66	6,48	4,69	21,22	4,74	0,14	1,06	-
Fødevarer ^a	-	-	-	-	-	3	3	-
Foder ^b	-	-	-	-	40	1-2	5-15	-
Gødning (slam) ^c	100	30	1000	4000	25 ^d	0,8	120	0,8

*Værdier for indhold af tungmetaller i søl stammer fra Bruhn *et al* (submitted). Værdier for Sargassotang stammer fra Bruhn *et al*, (in prep).^a EU (Holdt & Kraan, 2011).^b Kommissionens forordning (EU) Nr. 1275/2013 af 6. december 2013 om ændring af bilag I til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2002/32/EF for så vidt angår maksimalgrænseværdierne for arsen, cadmium, bly, nitrit, flygtig sennepsolie og skadelige botaniske urenheder.^c Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 1650 af 13. december 2006 om anvendelse af affald til jordbrugsformål (Slambekendtgørelsen).^d gælder for brug i private haver.

Ser man på den tørre tang, er der fastsat grænseværdier for fødevarer for cadmium (3 mg/kg tørstof) og for bly (3 mg/kg tørstof). Tangens koncentration af cadmium ligger under grænseværdien, mens grænseværdien for bly er overskredet i 5 ud af 9 tilfælde. I tangen fra Fur Sund, overskrides grænseværdien for bly med op til 600 %.

Til foderformål er grænseværdierne højere for bly (5-10 mg/kg tørstof), men lavere for cadmium (1-2 mg/kg tørstof). Cadmium koncentrationerne i tang fra samtlige dyrkningssteder ligger under 2 mg/kg tørstof. I tangen fra Fur Sund er værdierne endda lavere end 1 mg/kg tørstof, mens det hér igen ses, at blyindholdet overskrider grænseværdierne. For foderingredienser produceret af tang eller tangmel er fastlagt en grænseværdi på 40 mg/kg tørstof. Den overskrides ikke; hverken i sukkertang fra Limfjorden, søl fra Kattegat, eller Sargassotang fra Limfjorden. Sargassotang tilhører ellers en slægt, der er kendt for et højt indhold af arsen (Hiziki-tang).

Såfremt tangen skal bruges til gødningsformål, skal koncentrationerne af tungmetaller leve op til kravene i det såkaldte "slam-direktiv". Her er grænseværdierne for både cadmium og arsen lavere end de grænseværdier, der gælder for foder og fødevarer: 0,8 mg Cd/kg tørstof og 25 mg As/kg tørstof. Dertil er sat en grænseværdi på 0,8 mg/kg for kviksølv. Dog gælder grænseværdien for arsen kun for anvendelse i private haver.

Indholdet af cadmium i sukkertang og sargassotang fra Limfjorden er i alle tilfælde, uanset dyrkningssted og -dybde, over grænseværdien på 0,8 mg/kg tørstof, og tangen vil derfor ikke kunne anvendes til spredning på marker. Arsenkoncentrationerne i sargassotang, samt sukkertang dyrket i Færker Vig og nær overfladen i Odby Bugt, kan lovmæssigt blokere for anvendelse af tangen som gødning i private haver. Grænseværdien for kviksølv på 0,8 mg/kg tørstof er overskredet i tang dyrket ved overfladen i Risgaarde Bredning. Grænseværdierne for samtlige andre metaller i slam-direktivet, zink, krom, kobber, nikkel og bly er ikke overskredet.

Perspektivering

Projektet "De lokale Dyder" har demonstreret, at der kan dyrkes og høstes tang i Limfjorden. Resultaterne fra dette dyrkningsforsøg repræsenterer kun en enkelt vækstsæson, og det bevirker, at vi ikke er i stand til at drage sikre konklusioner omkring koblingen mellem dyrkningssted og produktkvalitet. Alligevel indikerer resultaterne, at selv indenfor et relativt lille og homogent vandområde som Limfjorden vil kvaliteten af dyrket tang variere, både hvad angår indholdet af protein, mineraler og tungmetaller. Kvaliteten afhænger både af dyrkningsstedet og af dybden.

Anvendelsesmuligheder for sukkertang fra Limfjorden

Generelt indeholder sukkertang høstet fra Limfjorden i april relativt meget protein med en god aminosyresammensætning og et højt indhold af mineraler. Dog har tangen også et højt indhold af visse tungmetaller.

Fødevarer

Sukkertangen har oplagt anvendelse indenfor fødevarerindustrien, både som frisk tang eller tørret tang, eller videreforarbejdet på forskellige måder (røget, marineret eller som smagsgiver/ingrediens i kødvarer, brød, snacks etc.).

Smagen af sukkertangen er god, og den høje koncentration af aminosyren glutaminsyre bidrager til en kraftig umami-smag.

I et ernæringsmæssigt perspektiv er sukkertangen fra Limfjorden sund: Indholdet af essentielle mineraler, især jern og molybdæn, er højt og indholdet af fedt er lavt. Samtidig er der i sammensætningen af fedtsyrer ca. 50 % af sundt fedt (mono- og flerumættede fedtsyrer) og en ratio mellem omega-3 og omega-6 fedtsyrer på 1. Proteinindholdet i sukkertang høstet i april i Limfjorden er højt: 15-16 %, heraf ca. 1/3 som essentielle aminosyrer.

Indholdet af kulhydrater ligger på 54 %. Sammensætningen af kulhydrater varierer henover året, og er ikke analyseret her. Den overvejende del af kulhydraterne er ufordøjelige kostfibre, som bidrager til mæthedsfornemmelse og stimulerer fordøjelsen, uden at bidrage med energi.

Indholdet af tungmetal i tang og andre fødevarer bliver af og til diskuteret i medierne, og som forbruger vil man givetvis være bekymret for netop dette. Ser man på den friske tang fra Limfjorden og sammenligner med andre fødevarer fra havet, fx blåmuslinger (Tabel 6.a), så er koncentrationerne i tang ikke over det tilladte niveau i disse fødevarer. I den tørrede sukkertang ligger koncentrationerne af bly dog i 5 ud af 9 tilfælde (Tabel 6.b) over EU's grænseværdier for bly i fødevarer, og man bør være opmærksom på at teste indholdet af tungmetaller i havbunden og i tangen, på de dyrkningssteder man vælger.

Grænseværdierne for indhold af tungmetal i tang skal dog ses i det perspektiv, at man sjældent vil spise store mængder af tang, hverken frisk eller tørret.

Foder

Sukkertang fra Limfjorden er interessant som foderingrediens til husdyr som svin og fjerkræ pga. det relativt høje proteinindhold og sammensætningen af aminosyrer. Sammenligner man indholdet af råprotein med andre konventionelle planteproteinkilder (tabel 7), kan man se, at sukkertangens proteinindhold (når den høstes i april) er højere end proteinindholdet i både majs, rug og hvede.

Den samlede aminosyre-score som benævner et foderprotein fortæller, hvor godt proteinets aminosyresammensætning harmonerer med et specifikt dyrs behov for aminosyrer. Her ser man, at sukkertang har en næsten ligeså god aminosyre-score som majs til kyllingefoder. Derimod til grisefoder, ligger sukkertangs aminosyre-score lavere end både majs, soja, rug og hvede.

Ser man på, hvilke aminosyrer der først bliver begrænsende i et foder, og derfor skal tilsættes specifikt, så er det de svovlholdige aminosyrer, lysin (lys) og methionin (met), der først bliver begrænsende i planteprotein. I sukkertang er det derimod phenylalanin (phe) og tyrosin (tyr). I tabel 7 ses, at indholdet af svovlholdige aminosyrer (SAA, met+cys+CySS) er relativt højere i sukkertang end i ærter og soja. Især i sukkertang dyrket nærmere bunden.

Tabel 7. Sammenligning af protein, aminosyresammensætning og aminosyre-score mellem sukkertang fra Limfjorden og konventionelle planteproteinagrøder til kylling og grisefoder.

	Kyllinger					Grise					
	Sukkertang top	Sukkertang bund	Majs	Soja	Ærter	Sukkertang top	Sukkertang bund	Majs	Soja	Rug	Hvede
Rå-protein	15,5	16,2	10,8	45,2	25,3	15,5	16,2	10,8	45,2	13,4	14,8
Lysin (Iya)	44	54	50	119	140	50	60	56	133	72	60
Met+ Cys + CySS (SAA)	78	90	117	88	69	65	75	98	73	111	114
Threonin	72	84	112	120	126	73	86	114	122	105	93
Isoleucin	64	73	127	157	147	56	64	112	138	109	99
Leucin	54	62	229	142	124	56	65	238	148	127	127
Valin	98	104	133	131	129	94	99	127	125	132	115
Histidin	42	48	158	147	133	44	51	167	156	130	141
Phe + Tyr	40	48	174	162	147	35	42	152	141	144	131
Arginin	79	93	163	281	369	41	48	83	144	94	92
Methionin	63	71	132	87	63	48	54	100	66	87	78
Phenylalanin	40	48	98	99	92	63	76	155	157	163	143
Aminosyre score	40	48	50	87	63	35	42	56	66	72	60
Essentiel aminosyre index (EAAI)	58	68	100	100	100	55	63	100	100	100	100
Første begrænsende aminosyre	phe	phe	lys	met	met	phe+tyr	phe+tyr	Lys	met	Lys	Lys

Mht. til tungmetaller, overstiger tangen fra Limfjorden ikke grænseværdierne for arsen, da de i EU's lovgivning er øget til 40 ppm for foder baseret på tang. Grænseværdierne for cadmium og bly har ikke en særlig kategori tilpasset tang, og her skal man være opmærksomme på hvilken kategori tangen bør henføres under, da sukkertangen fra Limfjorden i visse tilfælde indeholder koncentrationer, der overskrider grænseværdierne for både planter og animalske foderprodukter. Med hensyn til bly findes en defineret grænseværdi for "kalkholdige marine alger" på 15 ppm. Den grænseværdi er kun overskredet i tang dyrket i Fur Sund. Dog tilhører sukkertang ikke gruppen af "kalkholdige alger". Men idet sukkertang heller ikke tilhører planter, dyr eller andre definerede kategorier må man argumentere for at tang får sin egen kategori i foderlovgivningen.

Pigmentindholdet i tang kan have en positiv effekt på farven af kød eller æg i dyr fodret med tang.

Der er udført enkelte videnskabelige forsøg, hvor grise er fodret med foder tilsat tang eller tangekstrakter. Resultaterne har vist, at tang i foderet mindsker grisenes risiko for diarré og dermed behovet for antibiotika behandling. Man mener, at det er visse kulhydrater/kostfibre i tangen, der har en probiotisk virkning på grisenes fordøjelse.

Samlet set er sukkertang en interessant ingrediens i et blandet foder til husdyr, hvor tangen kan bidrage med svovlholdige aminosyrer, samt mineraler og måske farve. Mulige problemer omkring tungmetal indhold kan løses ved valg af dyrkningssted. Der mangler pt. identifikation af eventuelle probiotiske stoffer i tangen, og ligeledes dokumentation for den samlede fodereffektivitet af tang til både grise og fjerkræ, samt for påvirkning af smag i slutprodukter som kød og æg.

Gødning

Tang er interessant som gødningsprodukt pga. det høje indhold af makronæringsstofferne kvælstof, fosfor og kalium, samt af mikronæringsstoffer, mineraler og spormetaller. De ufordøjelige kostfibre i tang vil omsættes langsomt i jorden, og bidrager til en bedre jordstruktur, en bedre evne til at binde vand og et højere kulstofindhold i jorden.

Sukkertangen fra Limfjorden indeholder dog, ifølge slamdirektivet, for høje koncentrationer af cadmium til gødningsbrug. Også indholdet af kviksølv (Hg) er umiddelbart for højt i tang dyrket et enkelt sted (Risgaard Bredning nærmest overfladen).

Hvis man udnytter tang i et bioraffinaderi, hvor man søger at udnytte alle komponenter i en given biomasse optimalt, kan man fx først udvinde højværdistoffer som pigmenter og bioaktive stoffer, eller man kan omsætte de let-omsættelige kulhydrater til bioenergi. Herved vil indholdet af næringsstoffer opkoncentreres i restfraktionen. Det vil øge værdien af restfraktionen som gødningsprodukt. Afhængig af forarbejdningsprocesserne, er der naturligvis en risiko for at også koncentrationerne af tungmetal stiger i en restfraktion.

Fremtidens analysekrav

Tang optager aktivt tungmetaller fra det omgivende miljø, og har derfor naturligt et relativt højt indhold af tungmetal i forhold til planter og dyr.

I den nuværende lovgivning omkring krav til fødevarer sikkerhed findes typisk ikke en særlig kategori for tang, eller produkter fremstillet af tang. En undtagelse er EU's foderlovgivning, hvor produkter produceret ud fra tang eller tangmel har et højere tilladt indhold af total arsen. I fødevarelovgivningen findes kategorier for forskellige planteafgrøder (fx grøntsager, frugter, nødder og kornprodukter), for dyrkede svampe, og for marine dyr (fx skaldyr (muslinger og blæksprutter), fisk og krebsdyr). I disse forskellige kategorier er grænseværdierne tilpasset det forhold, at indholdet af tungmetaller naturligt er højere i nogle organismer end i andre. Tang kan ikke med rette placeres i nogen af de nævnte kategorier. Hvis produktion af tang i Danmark (og resten af EU), skal målrettes markedet for fødevarer og foderingredienser, så kræver det at lovgivningen i et vist omfang tilpasses tangens naturlige sammensætning, således at fx højere indhold af total arsen, cadmium og bly kan tillades, ligesom det er tilfældet med cadmium for fx rovfisk som tun og sværdfisk, eller dyrkede svampe.

Arsen findes på mange forskellige former i alle organismer, overordnet på organisk og uorganisk form. Det er den uorganiske arsen, der er skadelig. Forholdet mellem organisk og uorganisk arsen ligger ikke fast, men varierer mellem arter af organismer og med årstiden. Derfor kunne en anden mulighed være, at fremtidens analysekrav skelner mellem total arsen og uorganisk arsen, og fastlægger grænseværdier for uorganisk arsen, som det bl.a. gøres i fødevarelovgivningen i USA, Australien og New Zealand.

Hvor skal vi dyrke tang?

Ligesom kvaliteten af landbrugsjord er forskellig fra sted til sted og giver produkter af forskellig kvalitet, sådan vil kvaliteten af dyrket tang også være afhængig af, hvilket havområde det er dyrket i. Til havs har vi ikke de samme muligheder for at gøde og sprøjte vores afgrøder som på land.

Helt grundlæggende har tang behov for lys og næringsstoffer i passende mængder. Sammensætningen af indholdsstoffer i tang påvirkes af det vand de vokser i, og følger variationerne i lys og næring hen over året. De danske farvande er meget forskellige med hensyn til bl.a. saltholdighed og næringskoncentrationer og derfor bør man være ekstra bevidst om, hvilken produktkvalitet man vil opnå, når man vælger dyrkningsområde. Der er noget, der tyder på, at tang dyrket i næringsrige havområder ikke opbygger lagre af omsættelige kulhydrater på samme måde som tang dyrket i mere næringsfattige områder. Omvendt opnår tangen et højere indhold af protein og aminosyrer i næringsrige områder.

Resultaterne fra Limfjorden tyder på, at man kan opnå et højere indhold af pigmenter og aminosyrer i tang dyrket lidt dybere i vandsøjlen end lige under havoverfladen. Dog vokser tangen knap så hurtigt i større dybde i foråret, og man vil derfor måske med fordel kunne sænke tangen til større dybden i en periode forud for høst. Havbundens indhold af visse tungmetaller, fx cadmium, påvirker dog i lavvandede områder tilsyneladende også tangens indhold af tungmetaller og det bør man også være opmærksom på; især hvis man vælger at dyrke tange tættere ved bunden.

Limfjorden er meget næringsrig. Det giver tang med et relativt højt indhold af protein og aminosyrer, og derfor vil det give mening at dyrke tang til produktion af fødevarer eller foder hér. Samtidig vil man fjerne næringsstoffer fra Limfjorden, når tangen høstes, hvilket vil forbedre området's miljøtilstand.

Litteratur

Bruhn A, Razi Parjikolaei B, Eybye KL, Larsen MM, Rasmussen MB, Christensen KV & Fretté XC. Chemical composition of nine common North Atlantic red macroalgae: III. Ash, minerals, macronutrients and metals. Submitted 2014.

Holdt SL & Kraan S (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *J Appl Phycol* 23 (3):543-597.

Martínez-Ballesta MC, Dominguez-Perles R, Moreno DA, Muries B, Alcaraz-López C, Bastías E, García-Viguera C & Carvajal M (2010). Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *Agronomy for Sustain Develop* 30 (2):295-309.

Razi Parjikolaei B, Eybye KL, Bruhn A, Christensen KV & Fretté XC, a. Chemical composition of nine common North Atlantic red macroalgae: II. Protein, amino acid and carbohydrate contents. Submitted 2014.

Razi Parjikolaei B, Eybye KL, Bruhn A, Christensen KV & Fretté XC, b. Chemical composition of nine common North Atlantic red macroalgae: I. lipid, fatty acid, and carotenoid contents. Submitted 2014.

Tacon AGJ & Metian M (2013). Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply. *Reviews in Fisheries Science* 21 (1):22-38.