

Kadmiumhalter i svensk tång

INSTITUTIONEN FÖR LIVSMEDELSTEKNIK | LUNDS UNIVERSITET
EXAMENSARBETE FÖR KANDIDATEXAMEN I LIVSMEDELSTEKNIK |
JONATHAN LAIKE STÅHLE OCH EMIL JONSSON 2022





LUNDS UNIVERSITET

Institutionen för Livsmedelsteknik

Kadmiumhalter i svensk tång

Jonathan Laike Ståhle & Emil Jonsson

Examensarbete för kandidatexamen i livsmedelsteknik, 15 hp

2022

Examinator: *Maria Glantz*

Handledare: *Ia Rosenlind*

Sammanfattning

Tång längs den svenska kusten innehåller både proteiner, fetter, vitaminer och mineraler och skulle kunna vara en del av framtidens matförsörjning. Den skulle också kunna beskrivas som klimatsmart då tång varken behöver vattnas, gödslas eller tar upp landmark för odling. Ett av problemen vid intentionen av att förtära tången är dess potentiellt höga haltinnehåll av tungmetaller.

Detta arbete har haft ett fokus på att undersöka halterna av tungmetallen kadmium i svensk tång och om tillagning genom att koka tången kan påverka halten. Detta för att kunna bedöma hur lämplig tången är att förtära som livsmedel. De arter som analyserats är sockertång, sågtång och tarmalg, alla plockade på svenska västkusten.

I de analyser som gjorts med både atomabsorptionsspektroskopi (AAS) och induktivt kopplad plasma optisk emissionsspektrometri (ICP-OES), visade resultatet på att kadmiumhalten varierade mellan arterna och att tillagning av tång genom kokning i olika variationer inte hade någon signifikant påverkan på denna.

Slutsatsen är att de tre tångarter som analyserats har en genomsnittlig kadmiumhalt på 0,4 mg kadmium per kg torrsvikt. Det finns också en stor skillnad mellan arterna, där tarmalg visar lägst halt och sågtång visar högst. För de två arterna sockertång och sågtång hamnar halterna omkring eller över det enda kända gränsvärde som i dag finns inom EU, det vill säga i den nationella lagstiftningen i Frankrike.

Abstract

Seaweed along the Swedish coast contains both proteins, fats, vitamins and minerals, and could be part of the food supply of the future. It could also be described as climate smart as seaweed does not need to be watered, fertilized, or take up land for cultivation. One of the problems with the intention of consuming the seaweed is its potentially high content of heavy metals.

This work has focused on investigating the levels of the heavy metal cadmium in Swedish seaweed and whether preparation of boiling the seaweed can affect the levels. This was done to assess the suitability of seaweed for human consumption. The species analysed were saw kelp, sugar kelp and grass kelp, all harvested on the west coast of Sweden.

In the analyses that were performed with both atomic absorption spectroscopy (AAS) and inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), the results showed that the content of cadmium varied between the species and that cooking seaweed by boiling in different variations had no significant effect on the cadmium content.

It is concluded that the three species of seaweed analysed have an average cadmium content of 0,4 mg cadmium per kg dry weight. There is also a large difference between the species, with grass kelp showing the lowest content and saw kelp showing the highest. For the two species, sugar kelp and saw kelp, the levels are close or above the only known limit value currently in place in the EU, i.e., in the national legislation of France.

Förord

Denna rapport är resultatet av vårt examensarbete i livsmedelsteknik vid Lunds tekniska högskola. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och avslutar därmed vår treåriga utbildning och ger oss en livsmedelsteknisk kandidatexamen om totalt 180 högskolepoäng.

Arbetet och analyserna har genomförts våren 2022 på Kemicentrum i Lund.

Vi vill rikta ett speciellt tack till vår handledare Ia Rosenlind och examinator Maria Glantz för stöd och hjälp längs vägen och värdefull input på slutresultatet. Ett exceptionellt tack till forskningsingenjör Sofia Mebrahtu Wisén vid Biologiska intuitionen på Lunds universitet för hjälpen med våra slutprov. Vi tackar även övrig personal på institutionen som varit behjälpliga vid genomförandet.

Jonathan Laike Ståhle & Emil Jonsson

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
2	SYFTE	1
2.1	FRÅGESTÄLLNINGAR	2
3	BAKGRUND	2
3.1	TÅNG	2
3.1.1	<i>Allmän beskrivning om Tång</i>	2
3.1.2	<i>Historisk användning av tång</i>	3
3.1.3	<i>Tångens näringsinnehåll</i>	4
3.2	SKADLIGA ÄMNINGAR I TÅNG	6
3.2.1	<i>Kadmium</i>	7
3.2.2	<i>Kadmiumhalter i tång</i>	7
3.2.3	<i>Gränsvärden och tolerabelt intag</i>	9
3.2.4	<i>Tillagningens effekter på kadmiuminnehåll</i>	11
3.3	ATT ANALYSERA KADMIUMHALT	11
3.3.1	<i>Atomabsorptionsspektroskopi, AAS</i>	11
3.3.2	<i>Induktivt kopplad plasma optisk emissionsspektrometri, ICP-OES</i>	12
4	METODBESKRIVNING	12
4.1	PROVBEREDNING	12
4.1.1	<i>Kokning</i>	12
4.1.2	<i>Inaskning</i>	13
4.1.3	<i>Uppslutning</i>	13
4.2	ANALYS I AAS	13
4.3	ANALYS I ICP-OES	13
4.4	STATISTISK ANALYS	14
5	RESULTAT	14
5.1	KADMIUMHALT I TORKAD TÅNG	14
5.2	KADMIUMHALT I KOKAD TÅNG 1:100	15
5.3	KADMIUMHALT I KOKAD TÅNG 1:200	15
5.4	KOKNINGENS EFFEKT PÅ KADMIUMHALT	16
6	DISKUSSION	16
7	SLUTSATS	19
8	REFERENSER	20
9	BILAGOR	24
9.1	BILAGA 1. RÅDATA TORKAD TÅNG	24
9.2	BILAGA 2. RÅDATA KOKAD TÅNG 1:100	25
9.3	BILAGA 3. RÅDATA KOKAD TÅNG 1:200	26

1 Inledning

Tång, eller makroalger, spås av vissa vara en del av framtidens, klimatsmarta matförsörjning. Tång innehåller både proteiner, fetter och mineraler och anses klimatsmart eftersom man varken behöver gödsla, vattna eller ta upp åkermark för odling (Soold, 2015). Ett problem är dock att alger också kan innehålla höga halter av tungmetallen kadmium. I framför allt Östersjöområdet och södra Sverige, där salthalten i havet är låg, främjas upptaget av tungmetaller (Bisther M. , 2015). Tidigare- och pågående studier indikerar att kadmium är ett problem, men eftersom tång och alger som livsmedel är relativt nytt är kunskapsläget lågt och behöver kartläggas mer (Kollander, 2021).

Det råder även osäkerhet kring hur man kan minska kadmiumhalten i livsmedel med höga halter. Begränsade studier har gjorts på till exempel champinjon där man sett att kokning kan minska halterna med 30 – 40 %. Livsmedelsverket betonar dock att ”kunskaperna om effekten av tillagning på kadmiuminnehållet är bristfälliga” och att fler studier behöver göras (Kristersson, 2017)

Den senaste statistiken från 2018 visar att runt 32,4 miljoner ton tång skördas varje år i världen, varav merparten (97,1 %) kommer från odlingar, i huvudsak i Öst- och Sydostasien. Sedan 2010 har den siffran tredubblats (FAO, 2020). I Sverige finns ingen officiell statistik över algodling, men nordiska grannländer som Danmark och Norge producerade 22 respektive 336 ton år 2020. Huvuddelen av det som odlades var sockertång (Fiskeristyrelsen, 2020).

Inte heller finns officiell statistik över konsumtion av alger, men genom att bland annat titta på import och export samt direktkontakt med producerande företag, uppskattar det svenska forskningsinstitutet RISE att cirka 156 ton av sjögräs och alger fanns tillgängliga för konsumtion i Sverige 2019 (Hornborg, et al., 2021).

2 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka halterna av kadmium i svensk tång och om det går att minska kadmiumhalten vid tillagning genom att koka tången. Detta för att kunna bedöma om tången är lämplig för konsumtion eller inte.

2.1 Frågeställningar

1. Vilka halter av kadmium innehåller de svenska tångarterna sockertång, tarmalg och sågtång?
2. Minskar kadmiumhalterna i tången genom tillagningssättet kokning?

3 Bakgrund

3.1 Tång

3.1.1 Allmän beskrivning om Tång

Alger är ett samlingsnamn för flera olika organismer som kan fotosyntetisera och som lever i en fuktig miljö. De kan beskrivas som en heterogen grupp tillhörande växter och bakterier, vilka är bestående av både prokaryota och eukaryota organismer (Nationalencyklopedin, 2022). Tång är namnet på större vattenlevande alger, så kallade makroalger (Nationalencyklopedin, 2022).

Tång kan delas in i tre huvudgrupper; rödalger, brunalger och grönalger (Nationalencyklopedin, 2022). Rödalgernä känns igen på sin karaktäristiskt röda färg och innefattar sorter som till exempel purpurtång. Bland brunalgerna finns blåstång, sockertång, fingertång och knöltång. Till grönalger hör havssallat, och andra arter i släktet *Ulva*, som fått sitt namn eftersom den påminner om sallatsblad i sitt växtsätt.

3.1.1.1 Sockertång (*Sacchariana latissima*)

Sockertång, eller bladtång, skräppretare eller sockertare som den också kallas, är en brunalg som främst förekommer i haven på norra halvklotet. I Sverige återfinns den i huvudsak längst västkusten och runt Skåne (Livet i havet - a, 2022).

Sockertången växer ner till 30 meters djup och fäster med en slags stjälk till klippor och stenar. Från stjärken växer det ut ett blad som blir ca 20–50 cm brett och upp till 2 meter långt. Arten är flerårig och bildar nytt blad varje år (Nationalencyklopedin, 2022). I Sverige pågår projekt för kommersiell odling av sockertång, där fäster tången vanligen till rep som fäster till bojar ute i havet.

Namnet sockertång härstammar från innehållet av sockeralkoholen mannitol, vilket gör att arten smakar sött vid förtäring. På torkade plantor kan detta ses som vita avlagringar på bladet (Livet i havet - a, 2022)

3.1.1.2 Tarmalg (*Ulva intestinalis*)

Längs hela den svenska kusten förekommer tarmalg, också känd som rörhinna. Intestum betyder just tarm på latin, därav namnet. Tarmalgen är en ettårig grönalg som växer i små saltvattensamlingar på klippavsatser och nära vattenlinjen i havet (Livet i havet - b, 2022).

Från södra kvarken i Bottenviken och norrut kan den växa ner till ett djup på 7 meter. Arten kan bli 20 - 40 cm långa och upp till 5 cm breda. När Tarmalgen producerar syre under fotosyntesen förekommer det små gasbubblor längs den annars något ihåligt tillplattade formen av algen. (Livet i havet - b, 2022).

3.1.1.3 Sågtång (*Fusus serratur*)

Den gaffelgrenade brunalgen Sågtång återspeglar sitt namn längs tångens sågtandade kanter. En ruska av sågtång kan liknas med formen ut av en solfjäder där stjälkarna är platta (Vattenkikaren, 1998).

Arten är flerårig och växer vanligtvis längs väst- och sydkusten, samt upp till Gryts skärgård söder om Nynäshamn och de nordliga grunden kring Gotland. Arten blir 30 – 60 cm lång och växer längs grunda klipp- och stenbottnar ner till ett djup på 10 meter (Livet i havet - c, 2022).

3.1.2 Historisk användning av tång

Tång har under flera århundrande varit en viktig livsmedelsråvara och tradition bland de asiatiska länderna Sydkorea, Japan och Kina. Algerna har också varit förekommande för konsumtion längs vissa kuststräckor i Nordamerika och Europa, men främst av de människor som levt i fattigdom (Wendin & Undeland, 2020).

I Sverige är det främst vid kustsamhällen på Gotland, Öland, Skåne och Bohuslän som man över huvud taget använt tången som en resurs. Där har det använts som djurfoder, framför allt vid nödår eller om våren då det varit brist på andra foderkällor. I fattiga hushåll har man använt tång som bränsle och eldat med, och på platser som Skåne med ont om skog, har man byggt inhägnader till djur i så kallade tånggårdsgårdar.

Störsts användning har man dock haft av tång som gödsel eller jordförbättring till jordbruket. Där har man funnit källor på att det använts redan i början av 1600-talet (Weibull, 1919). Som gödsel tillför det viktiga makronäringsämnen som fosfor, kväve och kalium till jorden. Förutom detta bidrar det även med spårämnen och vitaminer som stimulerar tillväxt hos växterna (Bisther M. , 2015).

Andra användningsområden som förekommit historiskt i Sverige är nyttjandet av tång vid takläggning, där man använt tång till ryggning, det vill säga täckning av taknocken, vid halmtaksbyggen (Weibull, 1919). Man har även nyttjat tång, i begränsad omfattning, till glasindustrin där man tagit vara på tångens höga halter av alkalier som natrium- och kaliumkarbonat.

Att använda tång som människoföda har förekommit mycket begränsat i Sverige (Bisther M. , 2015). Även i jordbruket, där användningen i Sverige varit störst, verkar intresset för att nyttja tången ha varit mindre än i våra nordiska grannländer där man till exempel har mer nedskrivet om ämnet i lantbrukslitteratur än i Sverige (Weibull, 1919).

Sverige och större delen av västvärlden har med andra ord en i jämförelse kort tradition av att konsumera tång på samma sätt som det görs i Sydostasien. Då tången i Sydostasien har varit en del av kosten under lång tid, kan det tänkas att tarmfloran hos människor från Sydostasien kan se annorlunda ut än hos människan i västvärlden (Hehemann, et al., 2010).

Människorna i Norden kan exempelvis spjälka kolhydraten laktos bättre än människor från flera andra länder. Detta tack vare enzymet laktas och en längre tids stimulans av enzymet och dess metabolism i den mänskliga kroppen (Sonestedt, 2013). På liknande sätt skulle nedbrytningen av komplexa polysackarider i tång som förtärs av människor från Sydostasien också kunna beskrivas (Hehemann, et al., 2010).

3.1.3 Tångens näringsinnehåll

3.1.3.1 Protein

Beroende på vilken årstid och art det är, varierar andelen protein i tången. De röda och gröna algerna innehåller 10 – 47 % protein av torrvikten medan brunalgerna generellt innehåller 5 – 24 % av torrvikten. Rödalger (purpurtång) innehåller mest och motsvarar en torrsvikt på 50 %.

Flera tångarter innehåller alla de nio essentiella aminosyror som kroppen själv inte kan producera. Vid mätning av proteinkvalitet ligger tång på ca 60 – 100 proteinpoäng (Martinson & Sjögren, 2021).

3.1.3.2 Kolhydrater

Tång innehåller även en hög halt av kolhydrater. Det mesta av innehållet, ca 50 %, består av fibrer (Martinson & Sjögren, 2021). Kostfibrerna är olika lösliga beroende på dess fysiologiska egenskaper. De kostfibrer som är mindre benägna att fermenteras i tjocktarmen kan bland annat absorbera och bulka vatten, vilket i sin tur kan ha en laxerande effekt. I livsmedelsindustrin används flera av algernas fibrer som tillsatser till förtjockning-, stabilisering-, och emulgeringsmedel. De består bland annat av polysackariderna alginat, agar, karragenan, fucoidan och laminaran (Rioux & Turgeon, 2015).

Genom att pektin löses ut från växtcellernas cellmembran kan kostfibrerna också bilda gel. Gelet kan ge en långsammare tömning av magsäcken, vilket kan bidra till att sänka bland annat glukos- och kolesterolhalter i blodet. (Sonestedt, 2013)

3.1.3.3 Fett

Runt 4,5 % av torrvikten i brunalger består av fettsyror (Martinson & Sjögren, 2021). Även om koncentrationen av fettsyror är förhållandevis låg innehåller alger en betydande mängd enkel- och fleromättade fettsyror (Rocha, et al., 2021). Alger syntetiserar bland annat de essentiella fettsyrorerna linolsyra och alfa-linolensyra. De fettsyror som bildats av linolsyra tillhör omega-3 serien (ω -3) och alfa-linolensyra tillhör omega-6 (ω -6) serien. Människan samt andra däggdjur kan själva inte syntetisera de två essentiella fettsyrorerna. (Becker, 2013).

3.1.3.4 Vitaminer

Algerna kan vara en god källa till både de fettlösliga vitaminerna A, D, E och K och av de vattenlösliga vitamin C, B1, pantotensyra (B5), folsyra (B9), B12, niacin och riboflavin (Škrovánková, 2011). Just vitamin B12 antas komma från bakterier som lever på ytan av bland annat havssallat, knöltång, fingertång, sockertång, dulse och purpurtång (Martinson & Sjögren, 2021).

3.1.3.5 Mineraler

Den marina naturen och miljön bidrar även till att tång har en hög halt av flera olika typer av mineraler som den kan absorbera. I jämförelse med grönsaker som växer på land kan tång innehålla upp till 10 – 100 gånger högre halt mineraler. De mineraler som är mest förekommande är fosfor, kalcium, kalium, magnesium, natrium, jod och järn (MacArtain & et al, 2007) (Fitzgerald & et al, 2011). Innehållet av mineraler varierar en del beroende på hur tången hanteras, vilken tid på året det är och vilken art det är. Tång kan beskrivas som en naturlig och idealisk källa till mineraler (MacArtain, et al., 2007).

3.1.3.6 Antioxidanter

När syret som människan behöver för att andas omsätts i kroppen bildas det samtidigt mycket reaktiva fria radikaler. När halterna blir för höga kan det skapas oxidativ stress, vilket kan skada vävnader och celler. Antioxidanterna kan hämma bildning och den potentiella skadeverkan som uppstår vid de för höga halterna av fria radikaler (Livsmedelsverket A, 2022).

Tång innehåller polyfenoler av bland annat florotanniner, vilket är en stark antioxidant. Andra antioxidanter som också finns i tång är fukoxantin, betakaroten och karotenoider. I brunalger kan halten av polyfenoler variera från <1% - 14 % i torrsvikt (Holdt & Stefan, 2011). De vanligaste karotenoiderna i tång är xantofyller och tokoferoler, vilket också kan kännetecknas som tångens pigment. Det mest förekommande pigmentet heter fukoxantin (Martinson & Sjögren, 2021).

3.2 Skadliga ämnen i tång

Då tång är bra på att absorbera mineraler innebär det också att det kan ackumuleras en del skadliga ämnen i tång. Det rör sig då om tungmetaller så som kadmium, bly och kvicksilver, men även höga halter av arsenik och jod har uppmärksammats.

Upptaget av metaller påverkas av omgivande miljöfaktorer som salthalt, temperatur, ljus och kvävetillgänglighet, men beror också på algernas strukturella egenskaper. Upptaget kan beskrivas ske på två olika sätt. Dels sker en ytabsorption, där metaller absorberas till algernas yta på grund av elektrisk laddning. Hur stort detta upptag blir beror till största delen på halterna i det omgivande vattnet. Parallellt sker ett upptag där metalljoner transporteras genom

cellmembranet in till cytoplasman. Detta upptag beror snarare på cellens metabolism, som i sin tur är beroende, och känslig för förändringar av, faktorer som temperatur, pH och ljus (Circuncisão, et al., 2018).

3.2.1 *Kadmium*

Kadmium, med den kemiska beteckning Cd, är ett grundämne som förekommer naturligt i jordskorpan och därmed också i både vatten och åkermark. Utöver den naturliga förekomsten tillförs det även via användning av handels- och stallgödsel samt via luftföroreningar. Luftföroreningarna härstammar från förbränning av fossila bränslen och industriutsläpp från bland annat metalltillverkning och återvinning (Kemikalieinspektionen, 2012).

Kadmium kan tas upp av växter och kan på så sätt tillföras människan via maten som förtärs.

Farorna med kadmium är framför allt att det ansamlas i njurarna och att njurarna då på sikt kan ta skada. Halveringstiden för ämnet är 10 – 30 år, vilket gör att man bygger upp högre nivåer år för år (Livsmedelsverket B, 2022). Dessutom leder kadmium i kroppen till benskörhet, något som orsakar stora samhällskostnader. Kemiinspektionen uppskattar kostnaderna för frakturer uppkomna på grund av kadmium i mat till 4,2 miljarder kr per år (Kemikalieinspektionen, 2012).

WHO har cancerklassificerat ämnet då det kan framkalla cancer, framför allt hos människor som exponeras av kadmium i yrket (Livsmedelsverket B, 2022).

3.2.2 *Kadmiumhalter i tång*

Hur mycket kadmium som verkligen finns i tång är inte helt klarlagt. Eftersom tång och alger som livsmedel är relativt nytt i Sverige är kunskapsläget lågt och mer kartläggning behövs (Kollander, 2021). Ett projekt, som utförts omkring Tjärnö marinbiologiska laboratorium i Bohuslän, har undersökt halterna i 22 olika arter. Resultatet visar ett medelvärde om 0,8 mg kadmium per kg torrsvikt, men med variation mellan arterna. Man betonar också att studien bygger på endast ett upptagningsområde vid en tidpunkt, och att halterna kan se annorlunda ut vid andra tidpunkter och platser (Olsson, et al., 2020). Data från studien presenteras i tabell 1.

Tabell 1. Kadmiumhalt i tång fördelat på artnivå. Siffrorna baseras på studier genomförda av Olsson, et al. (2020). Trivialnamnen är en sammanställning gjord av rapportförfattarna.

Trivialnamn	Artnamn	Kadmiumhalt (mg/kg torrsvikt)	Vatteninnehåll (g/kg)
Bergsborsting	<i>Cladophora rupestris</i>	0.13 ± 0.02	741 ± 20
Grönslick	<i>Cladophora sp</i>	0.73 ± 0.13	871 ± 1
Tarmalg	<i>Ulva intestinalis</i>	0.06 ± 0.01	860 ± 1
Havssallat	<i>Ulva lactuca</i>	0.07 ± 0.01	824 ± 1
Havsris	<i>Ahnfeltia plicata</i>	0.23 ± 0.04	695 ± 7
Julgransalg	<i>Brogniartella byssoides</i>	2.25 ± 0.41	858 ± 1
Släke	<i>Ceramium sp.</i>	0.55 ± 0.1	854 ± 2
Karragenalg	<i>Chondrus crispus</i>	0.25 ± 0.05	746 ± 8
Knorralg	<i>Cystoclonium purpureum</i>	7.76 ± 1.65	866 ± 1
Ribbeblad/Nervtång	<i>Delesseria sanguinea</i>	0.45 ± 0.08	732 ± 3
Köttblad	<i>Dilsea carnosa</i>	0.12 ± 0.02	791 ± 3
Gaffeltång	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	0.15 ± 0.03	762 ± 6
Rödris	<i>Rhodomela confervoides</i>	0.16 ± 0.03	814 ± 5
Knöltång	<i>Ascophyllum nodosum</i>	0.32 ± 0.06	633 ± 7
Sudare/snärjtång	<i>Chorda filum</i>	0.06 ± 0.01	876 ± 2
Styvt käringhår	<i>Desmarestia aculeata</i>	0.24 ± 0.04	759 ± 3
Sågtång	<i>Fucus serratus</i>	1.46 ± 0.26	773 ± 9
Blåstång	<i>Fucus vesiculosus</i>	0.81 ± 0.15	765 ± 24
Ektång	<i>Halidrys siliquosa</i>	0.12 ± 0.02	770 ± 15
Fingertång	<i>Laminaria digitata</i>	0.25 ± 0.05	699 ± 14
Sockertång	<i>Saccharina latissima</i>	0.61 ± 0.11	692 ± 7
Ektofs	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0.30 ± 0.06	834 ± 1

I Norge har liknande studier gjorts, som för de arter som detta projekt omfattar, vilket visar på halter om 0,24 – 1,9 mg/kg torrsvikt (tabell 2). Studien visar på skillnader utefter art, men även geografisk skillnad där man sett att kadmiumhalten varierar beroende på vilken breddgrad som tången plockats på. I norr, på 68-70:e breddgraden var halterna över fyra gånger så höga som på breddgrad 58–60. Denna skillnad kunde inte ses på andra analyserade ämnen så som arsenik och jod (Duinker, et al., 2020).

Även i Norge varierar underlaget för den data som finns. För arter som *U. intestinalis* (tarmalg) baseras siffrorna på sju prover, *F. serratur* (sågtång) baseras på 19 prover och *S. latissima* (sockertång) baseras på 148 prover.

Tabell 2. Uppmätta kadmiumhalter på tång i Norge 2020.

<i>Trivialnamn</i>	<i>Artnamn</i>	<i>Kadmiumhalt (mg/kg torrsvikt)</i>
Sockertång	<i>Sacchariana latissima</i>	0,94
Tarmalg	<i>Ulva intestinalis</i>	0,24
Sågtång	<i>Fusus serratur</i>	1,9

Andra studier har fokuserat på de arter som faktiskt konsumeras. I Spanien testades år 2009 52 sorter som fanns tillgängliga lokalt, men där algerna härstammade från både Atlanten och Stilla havet. Högst halter av kadmium hade *Undaria pinnatifida* (wakame) på 0,267 – 4,82 mg/kg torrsvikt. Studien jämförde de uppmätta halterna mot fransk lagstiftning och konstaterade att de flesta av de tillgängliga sorterna på marknaden överskred gränsvärdena i Frankrike (Besada, et al., 2009).

3.2.3 Gränsvärden och tolerabelt intag

I dagsläget finns inom EU inga gränsvärden för kadmium eller andra tungmetaller i alger ((EG) nr 1881/2006 , 2006). Detta beror framför allt på en begränsad kartläggning och användning. Sedan 2018 finns däremot en rekommendation om att medlemsstaterna ska kartlägga detta för att eventuellt kunna sätta upp gränsvärden i framtiden ((EU) 2018/464, 2018). Till grund för rekommendationen ligger att man sett att alger konsumeras i allt högre grad av vissa konsumenter inom EU tillsammans med uppgifter om att alger innehåller ”betydande koncentrationer arsenik, kadmium, jod, bly och kvicksilver ((EU) 2018/464, 2018).

I Sverige pågår denna kartläggning i ett större projekt kallat CirkAlg, där fokus är att utveckla en ny, cirkulär livsmedelskedja för makroalger. Bakom projektet står bland andra Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet och Livsmedelsverket (Chalmers, 2022).

För andra livsmedel än alger finns idag gränsvärden för kadmium som sträcker sig från 0,020 – 3,0 mg/kg våtvikt. Det högsta tillåtna värdet, 3,0 mg/kg, avser kosttillskott som ”helt eller till största del består av torkade alger” ((EG) nr 1881/2006 , 2006). Ett urval av de andra gränsvärden som listas i EG nr. 1881/2006 visas i tabell 3.

Gränsvärdena sätts utifrån en så kallad ALARA-princip (as low as reasonably achievable) och tar alltså hänsyn till vad som är praktiskt genomförbart i relation till risken som konsumtionen innebär (Kristersson, 2017).

Tabell 3. Ett urval av de gränsvärden för kadmium i livsmedel som finns listade i EG nr 1881/2006.

<i>Livsmedel</i>	<i>Gränsvärde (mg/kg våtvikt)</i>
Musslor	1,0
Muskelkött från följande fiskarter (24) (25): makrill, alla arter inom släktet Auxis (Auxis spp.)	0,15
Bladbildande kål	0,10
Kosttillskott som helt eller till största delen består av torkade alger, av produkter som framställts av alger eller av torkade musslor	3,0
Vilda svampar	0,50
Njure från nötkreatur, får, svin, fjäderfä och häst	1,0

Frankrike har egen nationell lagstiftning på ämnet och har sedan 1990 ett gränsvärde på 0,5 mg/kg torrsvikt (ANSES, 2020). Intaget av alger ökar dock kraftigt i Frankrike, främst på grund av ökat intresse för japanska restauranger och japansk matkultur. Franska motsvarigheten till Livsmedelsverket, ANSES, föreslår därför en sänkning av dagens gränsvärde på 0,5 till 0,35 mg/kg torrsvikt (ANSES, 2020).

För totalt intag av kadmium finns rekommendationer även på EU-nivå. Den europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet, EFSA, har fastställt ett tolerabelt veckointag för kadmium på 2,5 µg/kg kroppsvikt. Veckointaget baseras på den skadliga effekten på njurarna och är framtaget på populationsnivå. Eftersom vissa individer är känsligare än andra skulle gränserna på individnivå kunna överskridas utan att det medför några skadliga effekter (Livsmedelsverket B, 2022). Den genomsnittliga exponeringen är redan något över rekommenderat veckointag hos vuxna (Monteiro, et al., 2019).

I en nyligen utkommen riskbedömning för tång i Danmark har man antagit ett intag om 5 gram tång per vecka (torrsvikt). Ett sådant intag skulle uppta 1,2 – 3,5 % av det tolerabla veckointaget av kadmium, vilket bedöms som obetydligt i jämförelse med intaget från andra livsmedel (Monteiro, et al., 2019). Det poängteras dock att data saknas för konsumtion av tång i Europa,

och att det därför råder osäkerhet i bedömningen. Det antagna intaget i Danmark kan ställas mot konsumtionen i Kina och Sydkorea om 5,2 respektive 8,5 g/dag (Monteiro, et al., 2019).

Riskbedömningen bygger på tång som plockats i Danmark.

3.2.4 Tillagningens effekter på kadmiuminnehåll

De gränsvärden som finns för kadmiumhalter bygger, i de allra flesta fall, på analys av färska, obearbetade livsmedel. Hur mycket som finns kvar i livsmedlet efter normal tillagning är därför oklart. För champinjon har det setts att kadmiumhalterna kan minska med 30 – 40 procent efter kokning, medan det i till exempel krabba inte har setts någon betydande minskning (Kristersson, 2017).

En studie genomförd på sockertång i Norge indikerar att halterna i tång inte minskar via kokning. I studien kokades 511 g sockertång i 5 liter vatten och tungmetallhalterna analyserades före och efter kokningen. För kadmium sågs ingen minskning, medan i arsenik reducerades halten med 43 procent (Jordbrekk Blikra, et al., 2021).

Livsmedelsverket betonar allmänt att kunskaperna om tillagningens effekt på kadmium är låga och att fler studier behövs (Kristersson, 2017).

3.3 Att analysera kadmiumhalt

För provberedning och analys används metoder beskrivna av Jorhem (Jorhem, 2000) och Szkoda och Żmudzki (Szkoda & Żmudzki, 2005).

3.3.1 Atomabsorptionsspektroskopi, AAS

Atomabsorptionsspektroskopi, förkortat AAS, är en typ av spektrofotometrisk metod för att bestämma metallkoncentrationer i en lösning. Provlösningen suggs upp i en flamma där lösningsmedlet avdunstar och det lösta ämnet sönderdelas till fria atomer på grund av värmen. Med hjälp av en så kallad hålkatodlampa kan man analysera de fria atomerna och räkna ut koncentrationen i provet. Hålkatodlampan är belagd med metallen som ska analyseras, och när lampan tänds så exciterar atomerna i beläggningen, det vill säga de hoppar till ett elektronskal med högre energi. Vid återgång till grundtillståndet avges ett ljus vid exakt den våglängd som provet kan absorbera. Genom att mäta intensiteten på in- och utgående ljus kan man avgöra hur mycket som absorberats av provet. Då absorbansen står i proportion med koncentrationen kan

man med hjälp av kända koncentrationer avgöra koncentrationen i provet (Henriksson, et al., 2019).

3.3.2 Induktivt kopplad plasma optisk emissionsspektrometri, ICP-OES

Induktivt kopplad plasma optisk emissionsspektrometri, ICP-OES, är en optisk emissionsspektrometrisk metod, vars detektionsgräns i stort sett är densamma som för AAS (ALS, 2022). Provlösningen suggs upp och finfördelas till aerosoler och mixas tillsammans med argongas. Med hjälp av högfrekvent ström genereras plasma i temperaturer kring 6000–7000 K, vilket sätter elektronerna i ett exciterat tillstånd. Vid återgång till grundtillståndet avges ett ljus som kan analyseras vid specifika våglängder (Scantec Nordic, 2013).

4 Metodbeskrivning

Tre olika arter köptes in och användes i undersökningen. Samtliga prover var viltskördade på svenska västkusten och var torkade vid inköp. Proverna analyserades torkade och kokade, enligt tabell 4.

Tabell 4. Tre olika arter användes i analysen. Arterna analyserades torkade och kokade i vatten med förhållande 1:100 och 1:200.

<i>Art</i>	<i>Torkad</i>	<i>Kokad 1:100</i>	<i>Kokad 1:200</i>
<i>Sockertång</i>	x	x	x
<i>Sågtång</i>	x	x	x
<i>Tarmalg</i>	x		

4.1 Provberedning

4.1.1 Kokning

Två liter vatten kokades upp i en kastrull, till vilken 20 gram torkad tång tillsattes av sorterna Sockertång respektive Sågtång. Efter 15 minuters kocktid togs tången upp och lades sedan i ugn för torkning, 16 timmar på 102 °C. För varje sort genomfördes kokningen med ett trippelprov. Samma sak upprepades där fyra liter vatten användes till 20 gram tång.

Material: Våg (Mettler Toledo, AB 204. Schweiz), kastrull, kokplatta, sil, torkugn (Termaks)

4.1.2 *Inaskning*

Tång mixades i knivkvarn. Deglar vägdes på analysvåg med fyra decimaler, till vilka cirka 20 gram torkad och mixad tång tillsattes av sorterna Sockertång, Sågtång och Tarmalg. För varje sort genomfördes trippelprov. Proverna brändes av på kokplatta i dragskåp till dess att det slutat ryka för att sedan placeras i askugn under natten, cirka 20 timmar. Askugnens temperatur uppnådde 450 °C.

Material: Knivkvarn (Retsch Grindomix GM200, Tyskland), våg (Metler Toledo, AB 204, Schweiz), degel, kokplatta, askugn (Heraeus, KM 170, Hanau, Tyskland)

4.1.3 *Uppslutning*

Fem ml saltsyra tillsattes till respektive degel med hjälp av en pipett och förångades sedan bort i dragskåp. 10 ml salpetersyra tillsattes och fick stå under lock i två timmar. Lösningen överfördes sedan till provrör i plast med hjälp av pipett och filter.

Material: Pipett (Pipetman P5000, Gilson, Middleton. USA), saltsyra (5 mol/l, VWR International, Fontenay-sous-Bois, Frankrike), salpetersyra (2 mol/l, VWR International, Fontenay-sous-Bois, Frankrike), kokplatta, tratt, filter, provrör i plast

4.2 Analys i AAS

Kadmiumstandardlösning om 1000 mg/l användes och späddes med salpetersyra till kalibreringslösningar om 1,2,3,4 och 6 mg/l. Kalibreringslösningarna analyserades i AAS tillsammans med 9 av proverna. Varje prov analyserades tre gånger.

Material: Pipett (Pipetman P5000, Gilson, Middleton. USA), salpetersyra (2 mol/l, VWR International, Fontenay-sous-Bois, Frankrike), AAS (Agilent Technologies 200 Series, 240 AA, Santa Clara, USA), Cd-standard (1000 mg/l, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)

4.3 Analys i ICP-OES

På grund av tekniska problem vid analys i AAS skickades 12 prover till externt kemilabb på biologiska institutionen vid Lunds universitet, där de analyserades i ICP-OES vid en våglängd om 228,802 nm.

Material: ICP-OES (Optima 8300, PerkinElmer, Waltham, USA), Cd-standard (1000 mg/l, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA), salpetersyra (2 mol/l, VWR International, Fontenay-sous-Bois, Frankrike)

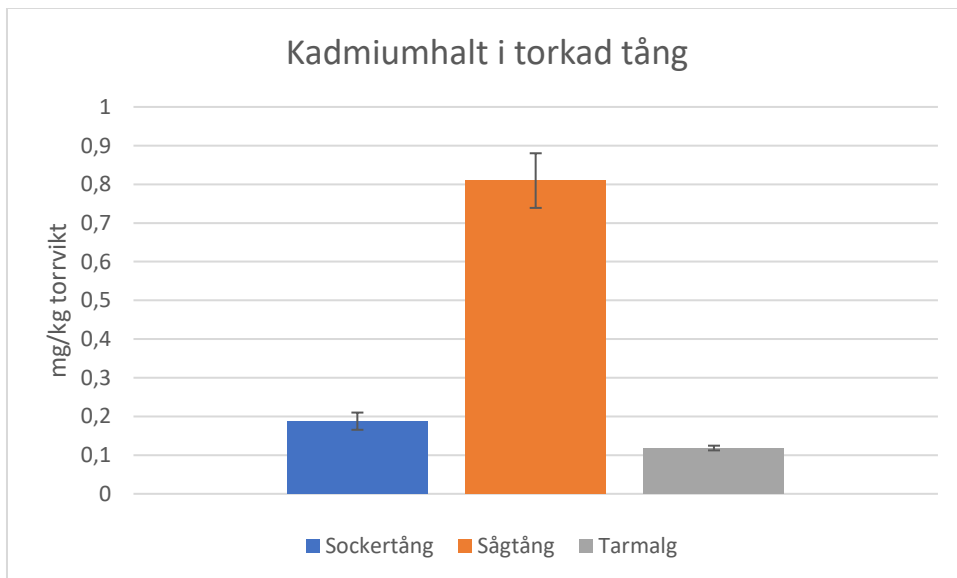
4.4 Statistisk analys

De uppmätta värdena testades mot varandra med hjälp av ett t.test för att avgöra huruvida det statistiskt fanns en signifikant skillnad mellan grupperna. En signifikansnivå på 5 % användes i analysen.

5 Resultat

5.1 Kadmiumhalt i torkad tång

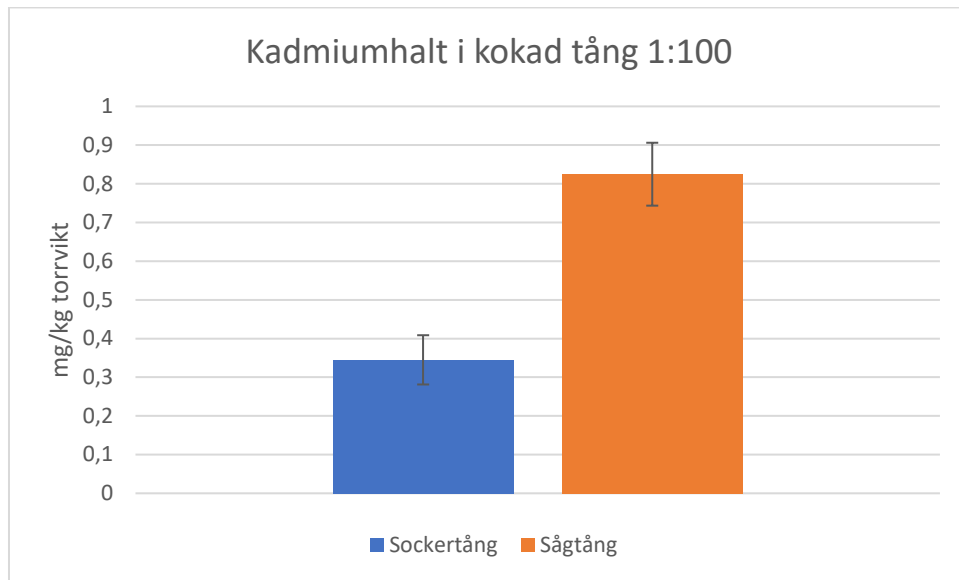
Resultatet över uppmätta kadmiumhalter i den torkade tången presenteras i figur 1. Figuren visar ett medelvärde av tre olika prover med felstaplar som anger standardavvikelsen mellan proverna. Det råder signifikant skillnad mellan samtliga arter, där sågtången har högst uppmätt halt om 0,819 mg/kg torrsvikt. Kadmiumhalterna i sockertång och tarmalg uppmättes till 0,188 respektive 0,118 mg/kg torrsvikt.



Figur 1. Uppmätta kadmiumhalter i torkad tång fördelat på art.

5.2 Kadmiumhalt i kokad tång 1:100

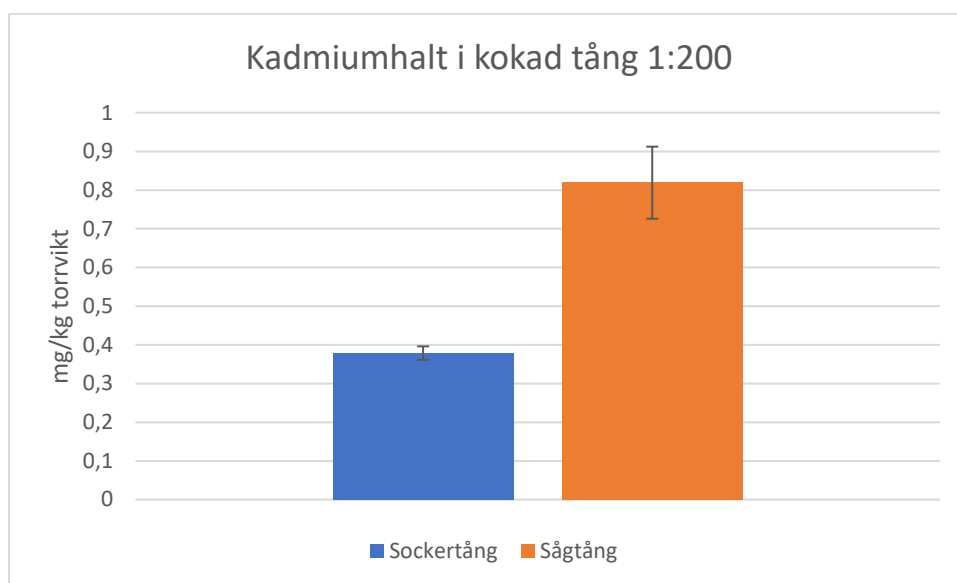
Kadmiumhalterna i den tång som kokats i vatten med förhållande 1:100 visas i figur 2. Halterna uppmättes till 0,345 mg/kg torrsvikt i sockertång och 0,825 mg/kg torrsvikt i sågtång. Ett statistiskt t.test visar att det råder signifikant skillnad mellan arterna.



Figur 2. Uppmätta kadmiumhalter i kokad tång, med förhållande tång/vatten 1:100. Resultatet visar ett medelvärde av tre prover med felstaplar som anger standardavvikelse.

5.3 Kadmiumhalt i kokad tång 1:200

I den kokade tången med vatten i förhållande 1:200 uppmättes kadmiumhalterna till 0,379 respektive 0,819 mg/kg torrsvikt för sockertång respektive sågtång. Figur 3 visar ett medelvärde över de uppmätta halterna med standardavvikelse som felstaplar. Det råder signifikant skillnad mellan de olika arterna.



Figur 3. Kadmiumhalter i tång kokad i vatten med förhållande 1:200. Det råder signifikant skillnad mellan arterna.

5.4 Kokningens effekt på kadmiumhalt

Kokningens effekt på kadmiumhalten presenteras i tabell 5. För sågtång ses ingen signifikant skillnad mellan den torkade och kokade tången. Inte heller ses någon signifikant skillnad mellan den tång som är kokad i vatten med förhållande 1:100 och 1:200.

För sockertång ses en skillnad mellan den torkade och kokade tången, där den torkade uppmättes till signifikant lägre halt än den kokade. Däremot råder ingen skillnad mellan kokning i olika förhållande till tång eller vatten.

Tabell 5. Kadmiumhalt i mg/kg torrsvikt för torkad och kokad tång.

Art	Torkad	Kokad 1:100	Kokad 1:200
Sockertång	0,188	0,345	0,379
Sågtång	0,810	0,825	0,819

6 Diskussion

Resultatet av våra analyser visar att kadmiuminnehållet i tång varierar tydligt mellan arterna, något som också tidigare studier av Duinker et al (2020) och Olsson et al (2020) indikerar. Jämfört med dessa studier är våra analysresultat lägre för samtliga arter vi analyserat, där kadmiuminnehållet kan sägas vara ungefär hälften jämfört med studierna av Duinker (tabell 2). Att halterna varierar inom arter kan, som Duinker skriver, till exempel bero på vilken breddgrad

tången plockats på. Likaså kan upptaget av metaller påverkas av miljöfaktorer som salthalt, temperatur, ljus- och kvävetillgång samt halter i det omgivande vattnet (Circuncisão, et al., 2018). Variationer kan även förekomma beroende på när på året tången skördats (MacArtain, et al., 2007).

Tittar man på kokningens effekt på kadmiumhalten (tabell 5) kan man konstatera att halterna inte minskar via kokning. Detta ligger i linje med Jordbrekk Blikras studier på tång (Jordbrekk Blikra, et al., 2021), men stämmer inte överens med hur det verkar fungera hos till exempel champinjon där man sett en minskning om 30 - 40 % (Kristersson, 2017). Att det varierar mellan olika typer av livsmedel beror antagligen på hur hårt bundet kadmiumet är i livsmedlet i fråga.

Att kadmium binder hårt i tång skulle också kunna förklara varför vi uppmätt högre halter i den kokade sockertången än i den torkade. Halten av kadmium i den torkade sockertången uppmättes till 0,188 mg/kg torrsvikt, medan det i den kokade uppmättes till 0,345 och 0,379 mg/kg (tabell 5). Det skulle vara anmärkningsvärt ifall tången absorberat mer kadmium under kokning och därmed fått en högre halt. Troligtvis har det inte gått att utvinna allt kadmium från detta prov. En felkälla till detta skulle kunna vara en varierad metod för att mala ned tången, vilket kan ha påverkat den homogena kvaliteten av proverna vid följande steg av inaskning och uppslutning.

Att använda två olika analysmetoder som vi gjort i denna studie är heller inte optimalt, och kan förstås ha påverkat resultatet. Vad det gäller sockertång har ICP-OES använts vid analys av den torkade tången och vid analys av kokning 1:100. Att dessa resultat ändå skiljer sig åt indikerar dock att problemet härrör till uppslutningen snarare än analysmetoden. Att ingen skillnad kunde ses i fallet sågtång mellan kokning och torkat prov, trots att olika analysmetoder använts, skulle kunna indikera att metoderna ändå är jämförbara.

Då det i dagsläget inte finns några gränsvärden för kadmiumhalt i tång inom EU är det svårt att avgöra om våra uppmätta värden gör tången lämplig för konsumtion eller inte. Klart är i alla fall att sågtången på runt 0,8 mg/kg ligger över gränsvärdet i Frankrikes nuvarande lagstiftning. Även sockertång ligger över, eller strax intill, det föreslagna gränsvärdet på 0,35 mg/kg torrsvikt (ANSES, 2020). Med andra ord gör den franska motsvarigheten till Livsmedelsverket

bedömningen att dessa arter inte är lämpliga för konsumtion på grund av dess höga innehåll av kadmium.

Huruvida ett livsmedel är lämpligt för konsumtion eller inte beror dock inte bara på koncentrationen av giftiga ämnen, utan också på hur ofta man äter livsmedlet i fråga och i vilken mängd det äts. Då ett tolerabelt veckointag av kadmium om totalt 2,5 µg/kg kroppsvikt inte bör överskridas, kan det på individnivå ges utrymme att konsumera även livsmedel med höga halter. Livsmedelsverket skriver till exempel att det ”i de allra flesta fall finns utrymme för vuxna att äta lever från vilt och tamdjur en gång i veckan” (Livsmedelsverket B, 2022), livsmedel som också innehåller höga halter kadmium (tabell 3). På liknande sätt skulle man kunna tänka sig framtida rekommendationer om intag även vad det gäller tång.

Monteiro et al (2019) antog ett intag om 5 gram tång per vecka i Danmark och resonerade att ett sådant intag av kadmium är obetydligt i jämförelse med kadmium från andra källor. Tittar man på RISEs uppskattning (Hornborg et al 2021) om att 156 ton sjögräs och alger fanns tillgängliga för konsumtion i Sverige 2020 är medelkonsumtionen i Sverige betydligt lägre än så. Samtidigt kan man anta att konsumtionen främst sker inom vissa grupper och att en riskbedömning på befolkningen som helhet därmed blir något missvisande.

Då kadmium kan orsaka både njurskador, cancer och benskörhet (Livsmedelsverket B, 2022) finns det starka skäl att försöka minska totalintaget. Om tång ska vara en del av framtidens mat, och konsumeras i större utsträckning än idag, finns det därför skäl att titta på vilka arter som lämpar sig att satsa på och inte. Våra analysresultat visar att tarmalg har betydligt lägre kadmiumhalter än både sågtång och sockertång, varför tarmalg, enbart sett till den aspekten, är den art som är mest lämplig för konsumtion. Naturligtvis måste man ta hänsyn till innehåll av andra ämnen, både nyttiga och onyttiga, samt skörd- och odlingsmöjligheter, tillgång och efterfrågan etc., något som faller utanför denna studies omfång.

Då kadmiumhalterna inte minskade vid kokning är det dock fortsatt relevant att sätta upp gränsvärden för kadmium på rå tång och inte fokusera på halter efter kokning. För vidare studier, och för att i framtiden bättre kunna nyttja tångens potential, är det dock intressant att titta på andra metoder för tillagning, som kanske bättre kan reducera kadmiumhalten. Vad kan exempelvis en pH-justering av kokvattnet ha för betydelse för att lösa ut kadmium ur tången?

7 Slutsats

Sammanfattningsvis kan sägas att, enligt våra analyser, innehåller svensk tång i genomsnitt runt 0,4 mg kadmium per kg torrsvikt. Det råder dock stor skillnad mellan arter, där tarmalg uppvisar lägst halt och sågtång högst, av de tre vi analyserat. Både sågtång och sockertång hamnar över, eller strax omkring, gränsvärdet i Frankrikes nationella lagstiftning, det enda gränsvärde som för tillfället finns inom EU.

8 Referenser

- (EG) nr 1881/2006 . (den 20 december 2006). Kommissionens förordning (EG) nr 1881/2006 av den 19 december 2006 om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel . *EUT L 364/5*.
- (EU) 2018/464. (den 21 mars 2018). KOMMISSIONENS REKOMMENDATION (EU) 2018/464 av den 19 mars 2018 om övervakning av metaller och jod i alger, halofyter och produkter baserade på alger. *EUT L 78/16*.
- ALS. (2022). *Analystekniker*. Hämtat från <https://www.alsglobal.se/Om-ALS-life-sciences/analystekniker> den 20 maj 2022
- ANSES. (2020). *Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on "maximum cadmium levels for seaweed intended for human consumption"*. Maisons-Alfort: ANSES. Hämtat från <https://www.anses.fr/en/system/files/ERCA2017SA0070EN.pdf> den 4 april 2022
- Becker, W. (2013). Fetter. i L. Abramsson, A. Andersson, & G. Nilsson, *Näringslära för högskolan* (ss. 55-79). Stockholm: Liber.
- Besada, V., Andrade, M., Schultze, F., & González, J. (2009). Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption. *Journal of Marine Systems*, 75(1-2), 305-313.
- Bisther, M. (2015). *Litteraturstudie om alger utmed Gotlands kust*. Visby: Länsstyrelsen i Gotlands län.
- Chalmers. (2022). *Makroalger som bärare av näringsämnen i en cirkulär livsmedelskedja - innovativa steg mot ett proteinskifte (CirkAlg)*. Hämtat från <https://www.chalmers.se/sv/projekt/Sidor/Makroalger-som-bQrare-av-nQringsQmnen-i-en-cirkulQr.aspx> den 12 april 2022
- Circuncisão, A. R., Catarino, M. D., Cardoso, S. M., & Silva, A. (den 16 nov 2018). Minerals from Macroalgae Origin: Health Benefits and Risks for Consumers. *Marine Drugs*, s. 400.
- Duinker, A., Kleppe, M., E., F., Biancarosa, I., Heldal, H., Dahl, L., & B., L. (2020). *Knowledge update on macroalgae food and feed safety - based on data generated in the period 2014-2019*. Havforskningsinstituttet.
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome: FAO. doi:<https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Fiskeristyrelsen. (2020). *Statistics on Aquaculture in Denmark, 2020*. Hämtat från https://fiskeristatistik.fiskeristyrelsen.dk/stat/Akvakultur_tab/prod_reg_maengde_20_eng.html den 8 april 2022

- Fitzgerald, C. (2011). Heart Health Peptides from Macroalgae and Their Potential Use in Functional Foods. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 59(13), 6829-6836.
- Hehemann, J.-H., Correc, G., Barbeyron, T., Helbert, W., Czjzek, M., & Michel, G. (2010). Transfer of carbohydrate-active enzymes from marine bacteria to Japanese gut microbiota. *Nature*, 464, 908-912.
- Henriksson, A., Johansson, A., & Zetterberg, E. (2019). *Syntes Kemi 2*. Gleerups Utbildning AB.
- Holdt, S. L., & Stefan, K. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology* volume, 570-571.
- Hornborg, S., Bergman, K., & Ziegler, F. (2021). *Svensk konsumtion av sjömat*. Göteborg: RISE.
- Jordbrekk Blikra, M., Wang, X., James, P., & Skipnes, D. (2021). Saccharina latissima Cultivated in Northern Norway: Reduction of Potentially Toxic Elements during Processing in Relation to Cultivation Depth. *Foods*, 10(6), 1290.
- Jorhem, L. (2000). Determination of Metals in Foods by Atomic Absorption. *Journal of AOAC International*, 83(5), 1204-1210.
- Kemikalieinspektionen. (2012). *Samhällsekonomisk kostnad för frakturer orsakade av kadmiumintag via maten*. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen. Hämtat från <https://www.kemi.se/download/18.6df1d3df171c243fb23960c7/1591097407622/pm-12-12-kadmium.pdf>
- Kollander, B. (den 4 juni 2021). *Tång och alger som livsmedel*. Hämtat från 3. <https://svinesundskommitten.com/blatillvaxt/wp-content/uploads/sites/3/2021/06/livsmedelsverket-tang-o-alger-som-livsmedel-20210604.pdf> den 24 mars 2022
- Kristersson, M. (2017). *Kadmium i livsmedel Riskhanteringsrapport*. Uppsala: Livsmedelsverket.
- Livet i havet - a. (2022). *Skräppetare*. Hämtat från <https://www.havet.nu/livet/art/skrappetare> den 13 april 2022
- Livet i havet - b. (2022). *Tarmalg*. Hämtat från <https://www.havet.nu/livet/art/tarmalg> 13 april 2022
- Livet i havet - c. (2022). *Sågtång*. Hämtat från <https://www.havet.nu/livet/art/sagtang> 13 april 2022
- Livsmedelsverket A. (2022). *Antioxidanter*. Hämtat från Antioxidanter: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/vitaminer-och-antioxidanter/antioxidanter> den 22 maj 2022

- Livsmedelsverket B. (2022). *Kadmium*. Hämtat från <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-ammnen/metaller1/kadmium> den 24 mars 2022
- MacArtain, P., Gill, C., Brooks, M., Campbell, R., & Rowland, I. (2007). Nutritional Value of Edible Seaweeds. *Nutrition Review*, 65(1), 535-543.
- Martinson, K., & Sjögren, L. (2021). *Plocka tång & strandväxter*. Stockholm: Natur och Kultur.
- Monteiro, M., Sloth, J., Holdt, S., & Hansen, M. (2019). Analysis and Risk Assessment of Seaweed. *EFSA Journal*, 17(S2). Hämtat från <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2019.e170915>
- Nationalencyklopedin. (den 28 03 2022). *Alger*. Hämtat från <https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/alger> den 3 maj 2022
- Nationalencyklopedin. (2022). *Bladtång*. Hämtat från <http://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/bladtang> den 24 april 2022
- Nationalencyklopedin. (2022). *Tång*. Hämtat från [https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/1%C3%A5ng/t%C3%A5ng-\(botanik\)](https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/1%C3%A5ng/t%C3%A5ng-(botanik)) den 3 maj 2022
- Olsson, J., Toth, G., & Albers, E. (2020). Biochemical composition of red, green and brown seaweeds on the Swedish west coast. *Journal of Applied Phycology*, 32(5), 3305-3317.
- Rioux, L.-E., & Turgeon, S. L. (2015). Seaweed carbohydrates. *Seaweed Sustainability Food and Non-Food Applications*, 141-192.
- Rocha, C., Pacheco, D., Cotas, J., Marques, J. C., Pereira, L., & Gonçalves, A. M. (2021). Seaweeds as Valuable Sources of Essential Fatty Acids for Human Nutrition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4968.
- Scantec Nordic. (2013). *ICP-OES, Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry*. Hämtat från <https://www.scantecnordic.se/sv-SE/produktomr%C3%A5den/spektrometri/icp-oes-30790551> den 20 maj 2022
- Sonestedt, E. (2013). Kolhydrater. i L. Abramsson, A. Andersson, & G. Nilsson, *Näringslära för högskolan* (ss. 37-54). Stockholm: Liber.
- Soold, H. (2015). *KTH kikkar på mat: Alger- framtidens allroundmat*. Hämtat från <https://www.kth.se/aktuellt/nyheter/alger-framtidens-allroundmat-1.612780> den 24 mars 2022
- Szkoda, J., & Żmudzki, J. (2005). Determination of lead and cadmium in biological material by graphite furnace atomic absorption spectrometry method. *Bull Vet Inst Pulawy*, 49, 89-92.

- Vattenkikaren. (1998). *Sågtång*. Hämtat från <https://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/arter/algae/phaeophy/fucuserr/fucuse.html>
- Weibull, M. (1919). Studier öfver svensk tång, företrädesvis från Öresund. Lund: Lunds universitet.
- Wendin, K., & Undeland, I. (2020). Seaweed as food – Attitudes and preferences among Swedish consumers. A pilot study,. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22.
- Škrovánková, S. (2011). Seaweed vitamins as nutraceuticals. *Advances in Food and Nutrition Research*, Volume 64, 357-369.

9 Bilagor

9.1 Bilaga 1. Rådata torkad tång

Prover

Typ	Märkning	vikt tom degel, g	Vikt full degel, g	Vikt prov, g	HNO ₃ , dm ³	Cd, mg/dm ³	Cd, mg/kg (torrvikt)
<i>Sockertång*</i>	So T1	43,9721	64,3699	20,3978	0,010	0,332	0,1628
<i>Sockertång*</i>	So T2	37,8093	57,7277	19,9184	0,010	0,409	0,2053
<i>Sockertång*</i>	So T3	44,0668	63,9903	19,9235	0,010	0,389	0,1952
<i>Tarmalg*</i>	RH T1	37,0113	55,0770	18,0657	0,010	0,218	0,1207
<i>Tarmalg*</i>	RH T2	37,2574	56,4377	19,1803	0,010	0,236	0,1230
<i>Tarmalg*</i>	RH T3	44,0252	64,9979	20,9727	0,010	0,234	0,1116
<i>Sågtång*</i>	Så T1	39,8143	61,2257	21,4114	0,010	1,561	0,7291
<i>Sågtång*</i>	Så T2	37,7929	57,9877	20,1948	0,010	1,695	0,8393
<i>Sågtång*</i>	Så T3	41,3589	61,3932	20,0343	0,010	1,724	0,8605

* Analyserad externt i ICP-OES

Typ	Medelvärde	SD
<i>Sockertång</i>	0,3142	0,2872
<i>Tarmalg</i>	0,5325	0,3543
<i>Sågtång</i>	0,8315	0,0513

9.2 Bilaga 2. Rådata kokad tång 1:100

Kalibreringskurva

Kadmium $y = 0,0868x + 0,0389$

Prover					Resultat		
Typ	Märkning	Vikt prov, g	Vatten, g	HNO ₃ , dm ³	Absorbans	Cd, mg/dm ³	Cd, mg/kg (torrvikt)
Sockertång*	So 100:1	20,2825	2000	0,010		0,571	0,2815
							#DIVISION/0!
Sockertång*	So 100:2	20,5076	2000	0,010		0,706	0,3444
							#DIVISION/0!
Sockertång*	So 100:3	19,7632	2000	0,010		0,808	0,4088
							#DIVISION/0!
Sågtång**	Så 100:1	20,7592	2000	0,010	0,2031	1,892	0,9113
					0,1978	1,831	0,8818
					0,2020	1,879	0,9052
							0,016
Sågtång**	Så 100:2	20,0549	2000	0,010	0,1649	1,452	0,7238
					0,1613	1,410	0,7031
					0,1670	1,476	0,7359
							0,017
Sågtång**	Så 100:3	19,8080	2000	0,010	0,1846	1,679	0,8474
					0,1879	1,717	0,8666
					0,1846	1,679	0,8474
							0,0111

* Analyserad externt i ICP- OES

** Analyserad i AAS

Typ	Medelvärde	SD
Sockertång	0,3449	0,0637
Sågtång	0,8247	0,0813

9.3 Bilaga 3. Rådata kokad tång 1:200

Kalibreringskurva

Kadmium

$$y = 0,0868x + 0,0389$$

Prover

Resultat

Typ	Märkning	Vikt prov, g	Vatten, g	HNO ₃ , dm ³	Absorbans	Cd, mg/dm ³	Cd, mg/kg (torrvikt)	
Sockertång**	So 200:1	20,4205	4000	0,010	0,1040	0,750	0,3673	
					0,1076	0,791	0,3876	
					0,1105	0,825	0,4039	
							0,0184	SD
Sockertång**	So 200:2	21,1230	4000	0,010	0,1107	0,8272	0,3916	
					0,1082	0,7984	0,3780	
					0,1075	0,7903	0,3742	
							0,009	SD
Sockertång**	So 200:3	19,9315	4000	0,010	0,0984	0,6855	0,3439	
					0,1032	0,7408	0,3717	
					0,1064	0,7776	0,3902	
							0,0233	SD
Sågtång**	Så 200:1	20,2899	4000	0,010	0,2031	1,892	0,9323	
					0,1978	1,831	0,9022	
					0,2020	1,879	0,9261	
							0,016	SD
Sågtång**	Så 200:2	20,4246	4000	0,010	0,1649	1,452	0,7107	
					0,1613	1,410	0,6904	
					0,1670	1,476	0,7226	
							0,016	SD
Sågtång**	Så 200:3	20,3950	4000	0,010	0,1846	1,679	0,8230	
					0,1879	1,717	0,8417	
					0,1846	1,679	0,8230	
							0,0108	SD

**Analyserad i AAS

Typ	Medelvärde	SD
Sockertång	0,3787	0,0174
Sågtång	0,8191	0,0931