

## **Utfordringer knyttet til prosessering og analyse av norsk tare, med fokus på sukkertare og butare**

Marthe Jordbrekk Blikra, Dagbjørn Skipnes, Estefanía Noriega Fernández og Torstein Skåra





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 390 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122 Langnes  
NO-9291 Tromsø

**Ås:**

Osloveien 1  
Postboks 210  
NO-1433 ÅS

**Stavanger:**

Måltidets hus, Richard Johnsgate 4  
Postboks 8034  
NO-4068 Stavanger

**Bergen:**

Kjerreidviken 16  
Postboks 1425 Oasen  
NO-5844 Bergen

**Sunnalsøra:**

Sjølsengvegen 22  
NO-6600 Sunndalsøra

**Alta:**

Kunnskapsparken, Markedsgata 3  
NO-9510 Alta

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140  
E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)  
Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

**Foretaksnr.:**

**NO 989 278 835 MVA**



Creative commons gjelder når ikke annet er oppgitt

# Rapport

<i>Tittel:</i> <b>Utfordringer knyttet til prosessering og analyse av norsk tare, med fokus på sukkertare og butare</b>	ISBN 978-82-8296-651-1 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Title:</i> Challenges related to processing and analysis of Norwegian seaweed, focusing on Sugar kelp and Winged kelp	<i>Rapportnr.:</i> 34/2020
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Marthe Jordbrekk Blikra, Dagbjørn Skipnes, Estefanía Noriega Fernández og Torstein Skåra	<i>Tilgjengelighet:</i> <b>Åpen</b>
<i>Avdeling:</i> Prosessteknologi	<i>Dato:</i> 24. august 2020
<i>Oppdragsgiver:</i> Norges forskningsråd	<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 16
<i>Stikkord:</i> Jod, sukkertare, butare, TastyKelp, tungmetaller, kadmium, uorganisk arsen, tare til mat, analyse av jod, prosesseteknologi, prosessering, retningslinjer, bærekraftig ressursutnyttelse, blå verdiskaping	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> 194050
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> Tare er en ny og spennende ingrediens i matindustrien og på kjøkkenet som får økende oppmerksomhet, men noen av komponentene i tare er mulig uheldige og bør tas hensyn til ved tillaging av mat. I denne rapporten har vi tatt utgangspunkt i tareartene sukkertare og butare, og i komponenten jod – som vi trenger, men i relativt små doser –, samt tungmetallene kadmium og arsen som er uønsket. Flere studier har vist at det er mulig å fjerne betydelige deler av innholdet av jod fra tare ved hjelp av relativt enkle prosesseringsmetoder, som koking. Det er god grunn til å tro at nyere metoder, som høytrykk, ultralyd, og enzymbehandlinger, har potensial til å redusere jod og tungmetaller utover dette, og kanskje på en mer selektiv måte enn koking, som også fjerner flere smakskomponenter og næringsstoffer fra taren. Mengde jod i tare varierer mye avhengig av ulike forhold. Per i dag er det vanskelig å forutsi mengde jod i tare uten å analysere jod i hver avling. I Nofima arbeider vi med å etablere to metoder, en spektroskopisk og en hurtigere metode, som kan brukes til ulike forskningsformål knyttet til analyse av jod i tare og hvordan vi kan styre innholdet av jod. Det finnes ulike anbefalinger for maksimalt inntak av jod. Disse synes å være avhengig av hvor mye jod befolkningen i utgangspunktet får i seg i maten. Anbefalingene tar utgangspunkt i mengder og maksimale mengder av stoffer vi bør spise, og det er få retningslinjer i forhold til innholdet i selve taren. Det setter store krav til matindustri for kontroll på innholdet i sine produkter samt for etablering av anbefalte porsjonsstørrelser. Basert på forskningen som er gjort til nå har vi beregnet hvor mye sukkertare som kan spises uten å overstige maksimal anbefalt dagsinntak av jod. Mer enn noe annet understreker resultatene variasjonen i påviste mengder. Det er stor variasjon både når det gjelder hvor mye jod som finnes i høstet tare samt hvor mye som fjernes under kokeprosessen. Dette gir en stor usikkerhet rundt mengde tare man bør spise og forsterker behovet for hyppige analyser av spesifikke avlinger fra produsentene sin side, samt beregning av anbefalte porsjonsstørrelser. Likevel må man erkjenne at det er et behov, spesielt blant forbrukerne, for å få mer klarhet i hvor mye tare som er trygt å spise, og det er ønskelig å bidra mot dette.	<i>Prosjektnr.:</i> 12588

*English summary/recommendation:*

Kelp is a new and exciting ingredient in the food industry, restaurants and in the kitchen that is receiving increasing attention, but some of the components in kelp are potentially unfortunate and should be considered when preparing food. In this report, we have focused on the kelp species sugar kelp and winged kelp, and the component iodine - which we need, but in relatively small doses -, as well as the heavy metals cadmium and arsenic which are undesirable. Several studies have shown that it is possible to remove significant parts of the iodine content from kelp using relatively simple processing methods, such as boiling. There is good reason to believe that newer methods, such as high pressure, ultrasound, and enzyme treatments, have the potential to reduce iodine and heavy metals beyond this, and perhaps in a more selective way than cooking, which also removes several flavor compounds and nutrients from the kelp. The amount of iodine in kelp varies depending on different conditions. As of today, it is difficult to predict the amount of iodine in kelp without analyzing iodine in each harvest. In Nofima, we are working to establish two methods, a spectroscopic and a faster method, which can be used for various research purposes related to analysis of iodine in kelp and how we can control the content of iodine. There are various recommendations for maximum iodine intake. These seem to depend on how much iodine the population initially ingests in their food. There are few guidelines in relation to the content of iodine and heavy metals in kelp, which places demands on the food industry for controlling the contents in each product as well as for establishment of recommended portion sizes. Based on the research done so far, we have calculated how much sugar kelp can be eaten without exceeding the maximum recommended daily intake of iodine. More than anything else, the result emphasizes the variations. There is great variation both in terms of how much iodine is found in harvested kelp and how much is removed during the cooking process. This provides a great deal of uncertainty regarding the amount of kelp one should eat and reinforces the need for frequent analyzes of specific harvests on the part of the producers, as well as calculation of recommended portion sizes. Nevertheless, it must be acknowledged that there is a need, especially among consumers, to get more clarity on how much kelp is safe to eat.

**Forkortelser**

EFSA	European Food Safety Authority (Den europeiske myndighet for næringsmiddeltrygghet)
TWI	Tolerable Weekly Intake (tolererbar ukentlig mengde)
CEVA	Centre d'Etude et de Valorisation des Algues (senter for studie og promotering av alger)
WHO	World health organization (Verdens helseorganisasjon)

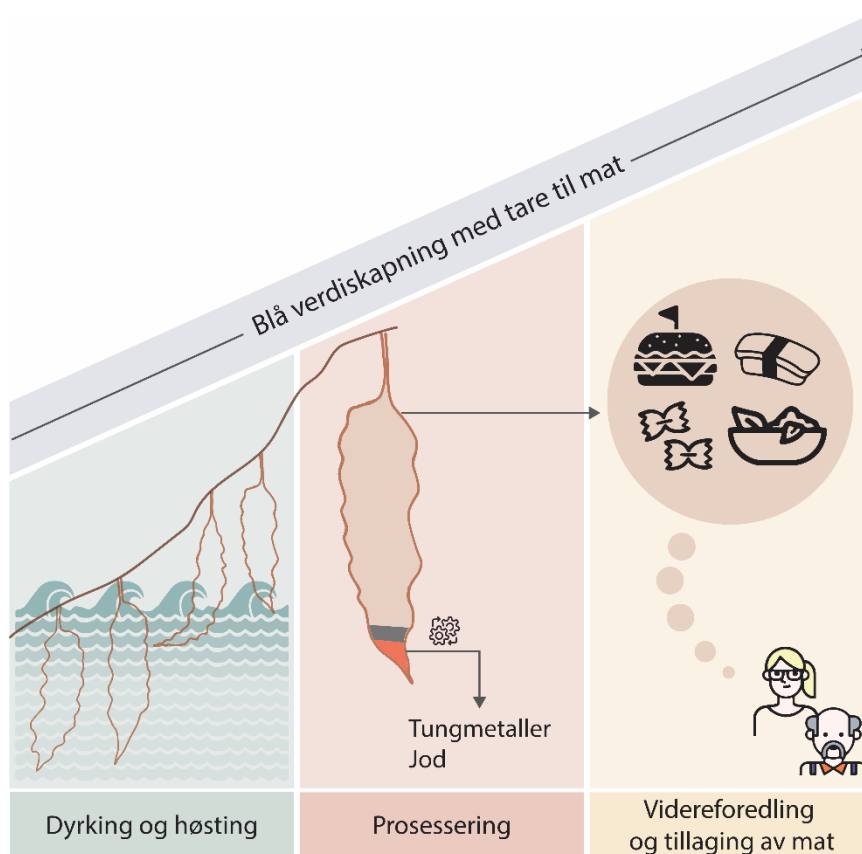
# Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Innholdsstoffer i relevante brunalger .....</b>	<b>3</b>
2.1	Generelt.....	3
2.2	Jod .....	3
2.2.1	Jodinnhold i tare .....	4
2.3	Tungmetaller .....	5
2.3.1	Uorganisk arsen.....	5
2.3.2	Kadmium.....	5
<b>3</b>	<b>Hvordan påvirker prosessering innholdet av jod og tungmetaller? .....</b>	<b>6</b>
3.1	Tradisjonell prosessering.....	6
3.2	Nye metoder.....	7
<b>4</b>	<b>Analyse av jod .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Forskrifter og anbefalinger .....</b>	<b>10</b>
5.1	Er tare ny mat? .....	10
5.2	Anbefalinger og grenser for inntak av for jod og tungmetaller .....	10
5.3	Grenseverdier for jod og tungmetaller i tare .....	10
<b>6</b>	<b>Hvor mye sukkertare kan vi spise?.....</b>	<b>12</b>
6.1	Med hensyn til innhold av jod .....	12
6.2	Med hensyn til innhold av arsen og kadmium .....	13
<b>7</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>15</b>
7.1	Behov for videre forskning .....	15
<b>8</b>	<b>Anbefalte kilder for videre lesning.....</b>	<b>16</b>

# 1 Introduksjon

Siden 2014 har det vært økende interesse for å dyrke tare langs kysten av Norge. Det var 163 konsesjonstillatelser i drift i 2019, fordelt på 16 selskaper spredt langs store deler av norskekysten på 97 lokaliteter (Fiskeridirektoratet, 2020, foreløpige tall). Mest dyrking ser vi i Hordaland med 63 konsesjoner i drift, fulgt av Nordland med 56 og Sogn og Fjordane med 22 konsesjoner. Sukkertare dominerer, tett fulgt av butare, deretter fingertare og søl. I denne rapporten har vi valgt å ha hovedfokus på sukkertare og butare – de mest populære artene i Norge i dag.

Taredyrkerne er en flerfoldig gruppe som representeres av flere enkeltmannsforetak og små bedrifter, men også store selskaper. Som gruppe utgjør de en ung næring og møter mange utfordringer. Selv etter et tiår med massiv forskningsinnsats er stabil og høy avling en utfordring og kostnadene ved dyrking har lagt visjonene om produksjon av biodiesel i grus. Derfor er fokus i dag på produkter med høyere markedsverdi, slik som for eksempel ingredienser i fôr, mat og kosmetikk.



Figur 1 Verdien på dyrket tare øker når den bearbejdes til sunne og velsmakende produkter

I Nofima jobber vi hovedsakelig med problemstillinger knyttet til bruk av tare i mat. Antallet nye produkter med dyrket tare som ingrediens når stadig nye høyder både i Norge og våre naboland. Smakfulle snackprodukter, fiskeburgere med friske farger og urkornsgrøt med tilpasset jodinnhold er eksempler på produkter som har funnet sin plass. Likevel, per i dag er det få personer i Norge som jevnlig spiser mye tare. Vi kan si at forbrukerne fortsatt holder på å venne seg til tanken på å spise tare, som er sett på som en ny ingrediens på kjøkkenet av de fleste nordmenn. Dette er en situasjon vi bør benytte til å fjerne noen flaskehalser knyttet til trygghet av konsum av tare. Tare inneholder mange stoffer vi ønsker, men også stoffer vi ikke bør spise for mye av. I en innledende fase kan det i

forskningssammenheng være lurt å først sette søkelys på de stoffene vi ikke ønsker. Det mest aktuelle stoffet er jod. Det er et paradoks her: Vi opplever økende jodmangel i Norge, men istedenfor at tare blir trukket frem som et jodrikt tilskudd til kosten vår, så blir vi advart mot at vi kan få for mye jod hvis vi spiser mye tare. Hvorfor det? Og finnes det måter å utnytte tare på som et næringsrikt tilskudd i kosten uten å risikere at vi får i oss for mye? Dette er viktige spørsmål som vi tar for oss i denne rapporten. I tillegg til jod kan tare også inneholde tungmetaller dersom det er tilgjengelig i havet der taren vokser. Dette er også noe som må tas med i betraktningen når vi regner ut hvor mye tare vi kan og bør spise i løpet av en dag eller en uke.

## 2 Innholdsstoffer i relevante brunalger

### 2.1 Generelt

Det er flere komponenter i tare som gjør artene attraktive som mat. Her kan man trekke frem fiber, mineraler, vitaminer og polyfenoler som kan ha antioksidative virkninger. Noen typer tare kan også inneholde en god del protein av høy kvalitet og sunne fettstoffer. I tillegg inneholder tare betydelige andeler smakskomponenter, som sukkerarter, små peptider og aminosyrer. Tare inneholder også stoffer man ikke ønsker. Det viktigste å trekke frem her er at tare kan inneholde betydelige mengder tungmetaller, i tillegg til at innholdet av jod i rå, uvasket tare er veldig høyt.

Generelt sett kan man si at brunalger har omtrent samme næringsinnhold som frukt og grønnsaker, men er mer rike på mineraler. Opp til 94 % av innholdet er vann, og aske, det vil si mineraler og tungmetaller (Tabell 1), kan utgjøre godt over 15 % av tørrvekten (opp til ca 50 %). Næringsinnholdet i makroalger varierer med art, sesong, vekstforhold, fertilitet, og fra blad til stilk.

Ettersom trygghet er et stikkord i denne rapporten, så vil vi videre i kapitlet sette søkelys på de innholdstoffene som kan ha uønskede effekter og konsekvenser.

Tabell 1 Rapporterte verdier for arsen, uorganisk arsen, kadmium og jod i litteraturen

	Tungmetaller (µg/g tørrvekt)				Referanser
	Totalt arsen	Uorganisk arsen	Kadmium	Jod	
Sukkertare	39-66	0,03 - 0,4	0,1 - 3	1700 - 5300	Bruhn m.fl. (2019), Maulvault m.fl. (2015), Duinker m.fl. (2014), Stevant m.fl. (2018); Sharma m.fl. (2018)
Butare	48-93	0,09 - 8,5	1,2 - 3,4	220 - 1798	Mæhre m.fl. (2014); Biancarosa m.fl. (2018); Kleppe (2017, masteroppgave)

### 2.2 Jod

Jod er et grunnstoff som er nært beslektet med klor og brom, men mindre reaktivt. Det ble oppdaget i 1811 og har navnet etter det greske «ioeides», som betyr fiolett-farget. Det var den franske kjemikeren Bernard Courtois, som ved å tilsette svovelsyre til tang-aske, ble den første til å observere den fiolette gassen som kunne kondensere til blåsorte krystaller. Fast jod sublimerer altså – går direkte fra fast stoff til gass, og omvendt. Jod kan være ganske giftig. En dose på 2-3 gram regnes som dødelig. I likhet med klor er det også giftig for mikroorganismer, og det brukes gjerne oppløst i alkohol, for desinfeksjon.

Men alle mennesker (og dyr) trenger jod for å utvikle seg normalt. Behovet er størst hos gravide eller ammende kvinner og hos små barn. Jod har en viktig funksjon som bestanddel i to sentrale enzymer som er svært viktige, spesielt under utviklingen av hjernen og sentralnervesystemet, og som dessuten styrer metabolismen gjennom store deler av svangerskapet. Hos voksne kan mangel på jod medføre rastløshet, og i alvorlige tilfeller en forvokst skjoldbruskkjertel – eller det vi kaller struma (se Figur 2).

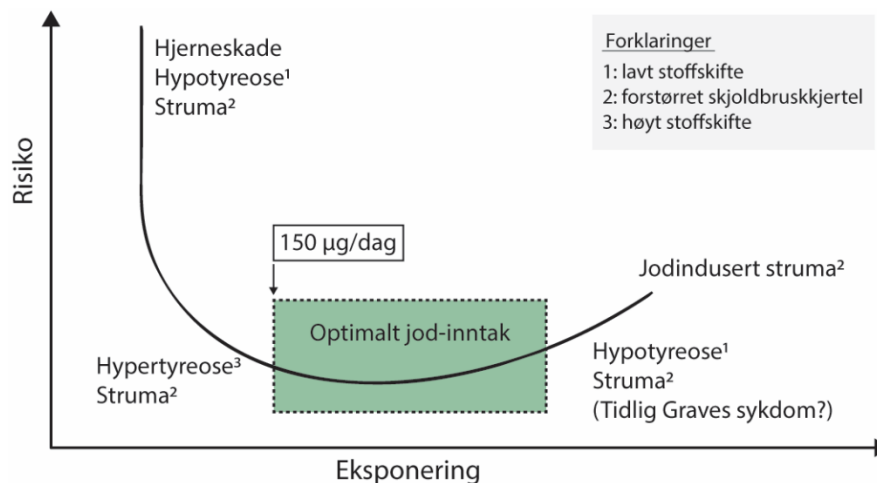
Siden mangel på jod kan ha betydelige helsemessige konsekvenser, kartlegges gjerne jod-nivået i en befolkning gjennom å analysere jod i urin, siden utskilt jod gjenspeiler jod-nivået. Tradisjonelt har man fått i seg jod ved å drikke melk og spise grønnsaker og fisk. Myndighetene i mange land har bidratt til



Økt jod-inntak gjennom å få tilsatt jod til bordsalt. Men spisevanene er i endring. Blant annet drikker vi mindre melk enn før, saltinntaket er redusert og allergier kan begrense for eksempel inntak av sjømat.

Vi må altså få tilført jod gjennom maten, og det er stadig fokus på jodinntaket, i Norge og i resten av verden. Ifølge norske myndigheter er dagsbehovet mellom 150-600 µg. Dette er i tråd med anbefalingene i de fleste europeiske land. I andre land, som for eksempel Japan, hvor de spiser mye tang og tare, er øvre grense 3000 µg/dag. Effekten av for høyt jodinntak er ikke like godt dokumentert og beskrevet som for lavt inntak. Men man har sett at noen utvikler symptomer som kan minne om dem man ser ved for lavt inntak.

I den siste tiden er det utført nye studier på jodstatusen til unge norske kvinner (MISA og LiN). Funnene vitner om at unge kvinner får i seg for lite jod, og at dette på befolkningsnivå kan gå ut over læringsevnen til barna. I studiene pekes det på for lite kunnskap om betydningen av jod i kostholdet hos unge norske kvinner. Økt inntak av sjømat er en løsning som er pekt på av disse forskerne.



Figur 2 Sammenhengen mellom eksponering for et visst jod-inntak over en lengre periode og risikoen for å utvikle skjoldbruskkjertelsykdommer. Figuren er rekonstruert etter Laurberg (2009), via Nasjonalt råd for ernæring (2016) sin oversettelse og utvidet med grenseverdi.

### 2.2.1 Jodinnhold i tare

Den økende interessen for å utnytte «den blå åker» (havet) til å øke matproduksjonen, er et annet område som setter fokus på jod-inntaket. I Norge, som har store kystområder og som i mange år allerede har drevet med tarehøsting, inngår dyrking av tang og tare som viktige elementer i dette bildet. Men utnyttelse av disse artene til menneskemat byr imidlertid på flere utfordringer. Blant annet er det naturlige innholdet av jod i tare tidvis så høyt at det begrenser mulighetene for humant konsum, betydelig. Det arbeides for tiden med denne problemstillingen fra flere hold; blant annet studerer man hvordan man kan påvirke jodinnholdet i taren i vekstfasen. Dessuten undersøkes ulike prosesser og teknologier som kan brukes for å vaske ut jod fra taren etter høsting.

Sukkertare dyrket i Norge kan inneholde svært mye jod, og nivåer fra 1700 til nesten 6000 mg/kg tørrvekt er dokumentert. Hvorfor innholdet varierer så mye har sammensatte årsaker, blant annet basert på art, lokasjon, og forhold som tilgjengelig jod i havet der taren vokser, vekstfase, sesong, og

alder på taren. Det er også klare forskjeller mellom ulike arter. I tillegg kan hvilken metode som brukes til å analysere jod ha påvirkning på resultatet.

## 2.3 Tungmetaller

Data som er publisert på innholdsstoffene i tare høstet i Norge og Europa tyder på at det er uorganisk arsen vi bør være mest bekymret for når det gjelder sukkertare, og kadmium når det gjelder butare. Derfor har vi oppsummert relevant informasjon for disse to stoffene her.

### 2.3.1 Uorganisk arsen

Arsen er et grunnstoff som finnes i mange forskjellige kjemiske former i miljøet. Det er ikke det samme som arsenikk (arsentrioksid), som er et kjent forgiftningsmiddel. I det marine miljøet er det indentifisert mer enn 100 forskjellige former for arsen. Uorganisk arsen kommer inn i næringskjeden ved at alger tar opp arsenat fra sjøvannet. Algene kan omdanne arsenat til organiske arsensukkerer, som omdannes videre av andre organismer høyere opp i næringskjeden. I fisk og annen sjømat er det for eksempel den organiske formen for arsen som er vanligst. Den kjemiske formen avgjør hvor helseskadelig arsen er. Uorganisk arsen (arsenitt og arsenat) er mer skadelig enn organiske arsenformer. Uorganisk arsen er klassifisert som kreftfremkallende. I den senere tid har det vært et visst fokus på arsen i Norge, forårsaket av salg av asiatiske risprodukter og alge-produkter (Hijiki), som har et høyt innhold av uorganisk arsen. Når det gjelder våre lokale tarearter, så er innholdet av uorganisk arsen i fingertare ofte svært høyt, mens sukkertare hovedsakelig omdanner arsen til organiske forbindelser.<sup>1</sup>

Det er ingen regulering for den totale tillatte mengden arsen i mat. For uorganisk arsen var det inntil 2010 satt et midlertidig tolerabelt ukentlig inntak (PTWI) på 15 µg/kg kroppsvekt. Men etter at man hadde funnet helseskadelig effekt innenfor dette eksponeringsområdet, ble dette trukket tilbake.

### 2.3.2 Kadmium

Tungmetallet Kadmium finnes naturlig i jordskorpen, og kan tilføres miljøet gjennom forurensing fra jordbruk og industri. Det skilles bare i liten grad ut av kroppen. Halveringstiden, det vil si den tiden det tar før halvparten er utskilt, er fra 10 til 30 år. Dermed hoper det seg opp i kroppen, først og fremst i lever og nyrer. Det er påvist at kadmium kan gi nyreskader (mest hos eldre), og det kan dessuten ha flere andre skadelige virkninger.

Med utgangspunkt i beregninger av den kritiske konsentrasjon av kadmium i urin hos mennesker rundt 50-års alder, har EFSA redusert tolererbar ukentlig mengde kadmium (TWI) fra 7 µg/kg kroppsvekt/uke (i 2009) til 2,5 µg/kg kroppsvekt/uke. Dersom eksponeringen er lavere enn TWI, vil det sikre at kadmiumkonsentrasjonen i nyrene ikke når det kritiske nivået som gir redusert nyrefunksjon.

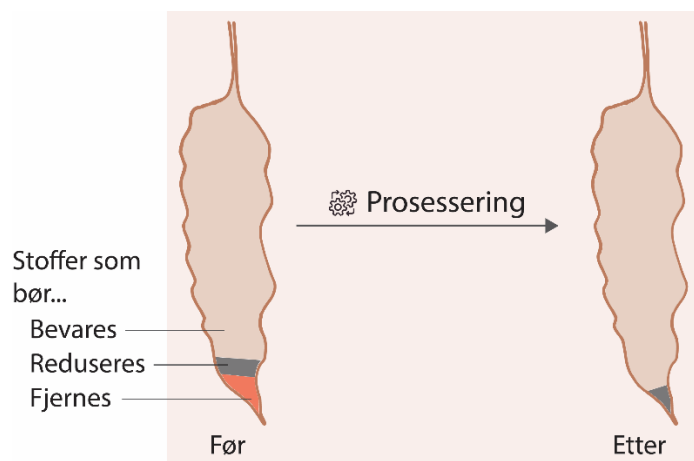
Mest kadmium er påvist i innmat fra dyr og i brunmat fra krabbe, og myndighetene mener at grupper i samfunnet kan ha inntak av kadmium som er høyere enn det som regnes som trygt. Høyt kadmiuminnhold er også et betydelig problem i butare som skal brukes til mat (Stevant m.fl., 2018; Kapittel 6.2).

---

<sup>1</sup> Maulvault m.fl. (2015). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935115300839>

### 3 Hvordan påvirker prosessering innholdet av jod og tungmetaller?

Vårt arbeidsmål er å redusere innholdet av jod i taren slik at å inkludere tare i kosten vår enkelt kan bidra til et optimalt jod-inntak. Samtidig vil vi fjerne så mye som mulig av tungmetaller, og bevare så mye som mulig av de verdifulle komponentene i taren. For å få til dette kreves mere forskning, men det er allerede noen spennende resultater som viser noe av mulighetsrommet til både tradisjonell prosessering og nye prosesseringsmetoder.



Figur 3 Det ideelle scenarioet for prosessering, der det man ikke ønsker fjernes, det man vil redusere reduseres, samtidig som resten av stoffene bevares.

#### 3.1 Tradisjonell prosessering

Flere har undersøkt hvordan ulike prosesseringsmetoder påvirker innholdet av jod i taren etter høsting. En metode som viser seg å være svært effektiv er å legge taren direkte i kar med vann (immersjon), spesielt dersom vanntemperaturer på over 32 °C benyttes (> 85 % reduksjon). Det er også gjort flere undersøkelser på å bruke høyere temperaturer, inkludert blansjering og koking, som kan redusere innholdet av jod med opp til 94 % (Tabell 2).

Ulempene med å legge taren direkte i vann er at også andre stoffer kan lekke ut, for eksempel pigmenter og polyfenoler, som mange anser som gunstige og helsebringende komponenter. Det har også vært rapportert problemer med buller og uønskede fargeendringer dersom taren legges direkte i lunkent vann etter høsting. Buller har derimot aldri vært observert ved tidligere undersøkelser (på laboratorieskala) på Nofima, verken ved bruk av fersk tare eller ved bruk av tare som har vært frosset og tint. Fargeendringen som opptrer kan også være en positiv kvalitetsendring hvis den er jevnt fordelt på hele bladet, noe den blir hvis all taren har lik eksponering til vannet. I praksis betyr dette at man må ha mye vann i karet i forhold til mengde tare. I tillegg er det viktig å tenke på å kontrollere vekst av uønskede mikroorganismer, som ofte vokser ekstra raskt ved temperaturer mellom 30-60 °C. Ved blansjering på 60 °C i 2-5 minutter ble jod-innholdet redusert med over 90 %, samtidig som innholdet av polyfenoler og antioksidative egenskaper var høye (Nielsen m.fl., 2020). Med tanke på kjemisk innhold og helsebringende komponenter alene så virker derfor tilsvarende prosessering lovende.

Tabell 2 Oppsummering av publisert litteratur på andel jod-reduksjon fra tare ved prosessering

Metode	Art	Tap av jod	Referanse
Koking (10 min)	Sukkertare	77 % <sup>2</sup>	Luning & Mortensen (2015)
Koking (15 min)	Sukkertare	38 % <sup>3</sup>	Bruhn m.fl. (2019)
Blansjering (>2 min, 45-80 °C)	Sukkertare	90 - 94 %	Nielsen m.fl. (2020)
Bløtlegging (30-32 °C)	Sukkertare	78 - 85 %	Stevant m.fl. (2018); Nielsen m.fl. (2020)
Vasking	Butare	ca 10 % <sup>4</sup>	Nitschke & Stengel (2016)
Tørking, bløtlegging og koking	Butare	75 %	Nitschke & Stengel (2016)
Tørking (70 °C)	Sukkertare		Stevant m.fl. (2018)
Fermentering	Sukkertare	65 %	Bruhn m.fl. (2019)

Andre metoder har også vist seg å redusere innholdet av jod, men ikke i samme grad som koking og blansjering. Fermentering av sukkertare kan gi et betydelig lavere innhold av jod (-65 %), og samtidig redusere andre uønskede stoffer, som kvikksølv, kadmiom og salt.

Tradisjonell tørking har en viss effekt på reduksjon av jod. Ca 25 % reduksjon er rapportert for tørking ved 70 °C, og ved bruk av lavere temperaturer er mindre tap av jod funnet. Fritt jod kan sublimerer eller fordampe ved lave trykk (vakuom), som under frysetørking. Jod som er bundet i tare vil ikke uten videre sublimerer under vakuom og blant annet derfor er mer kunnskap om hvordan jod er bundet i tare av interesse.

Nofima ønsker å undersøke disse problemstillingene nærmere, og spesielt planlegger vi å undersøke kombinasjon av ulike teknologier, og om bruk av nyere teknologier kan ha en effekt utover det som oppnås med tradisjonell teknologi.

### 3.2 Nye metoder

Forbrukerne etterspør stadig sunne, trygge, og minimalt behandlede matvarer. For å imøtekomme den økende etterspørselen har nye, innovative teknologier basert på for eksempel høyt trykk, mikrobølger, ultralyd eller elektriske felt, fått betydelig oppmerksomhet det siste tiåret. Slike teknologier har blitt anerkjent for å bidra til økt mattrygghet og kvalitet, i tillegg til økt produksjonseffektivitet i form av for eksempel redusert behandlingstid eller forbedret ressursutnyttelse. De nye teknologiene er også interessante fra et bærekraftperspektiv, ettersom teknologiene ofte krever mindre vann eller energi, reduserer klimagassutslipp eller kan bidra til å redusere matavfallet.

I tillegg kan teknologiene være interessante for å fjerne jod og tungmetaller fra tare. Måten de virker på cellenivå tyder på at fjerning av uønskede stoffer ved bruk av nye teknikker kanskje kan være mer selektiv enn ved bruk av tradisjonell prosessering, slik at det kan være mulig å finne prosessbetingelser som fjerner uønskede stoffer mens andre stoffer bevares. Foreløpig er det lite forskning som er gjort spesifikt på tang og tare, men det finnes allerede noen lovende funn. For eksempel har mikrobølger og ultralyd blitt brukt til å fjerne jod fra spiselig tang. Det kan også være aktuelt med bruk av enzymer for å bryte ned proteinene i taren, slik at jod frigjøres og lettere kan fjernes med andre teknologier.

<sup>2</sup> Denne sukkertaren hadde i utgangspunktet svært lavt jod-innhold, 380 mg/kg tørrvekt

<sup>3</sup> Denne artikkelen skiller seg veldig ut fra øvrige artikler som omhandler reduksjon av jod ved koking/blansjering av tare. Den demonstrerer likevel godt at det er store variasjoner i resultatene som er funnet, og det er heller ikke klarhet i hvorfor det er slik. Originalt jodinnhold i denne taren var 2630 mg/kg tørrvekt.

<sup>4</sup> Gjennomsnittlig, men ikke signifikant (store biologiske variasjoner).

Dessuten har mikrobølger og ultralyd, ofte kombinert med mild varmebehandling eller oppløsning i en væske, fungert for fjerning av tungmetaller fra spiselige tang, krabbe og fisk. EDTA, som er et godkjent tilsetningsstoff i EU, binder selektivt til metallioner, og det er påvist at det kan brukes til fjerning av metaller fra tare.

Nofima jobber videre med nye teknologier og teknologikombinasjoner i flere pågående prosjekter. Målet er å finne prosessbetingelser som gir produkter som har høy kvalitet, optimalt innhold av jod, og lavt innhold av tungmetaller. Vi ønsker å oppnå en slags «verktøykasse» med oversikt over hvordan prosessbetingelsene endrer egenskapene og innholdsstoffene til tare, slik at vi kan bistå bedrifter med rådgivning under produktutvikling.

## 4 Analyse av jod

Som nevnt innledningsvis, ble jod først påvist i tare, og tare var lenge en viktig kilde til utvinning av rent jod. Det har sammenheng med at jod vaskes ut i havet fra jordskorpen. I havet foreligger det som jodid ( $I^-$ ) eller jodat ( $IO_3^-$ ) ioner i en konsentrasjon på i overkant av  $50 \mu\text{g/L}$ . Tare, spesielt brunalger, tar opp jod fra sjøvannet i rikt monn. Dette er jo strålende med henblikk på jodutvinning, men ikke så fordelaktig for humant konsum. Uten at jodinnholdet reduseres før tare brukes til mat, setter slike nivåer begrensninger for hvor mye som kan konsumeres.

For å redusere jod-innholdet i tare (Kapittel 3), er det avgjørende å kunne måle effekten av de behandlingene som undersøkes. Og for å kunne gjøre det, må man analysere innholdet av jod. I tare foreligger jod som ioner, men også bundet til protein. Så det første trinnet i en analyse må frigjøre jod fra andre forbindelser, og få løst det i en vandig løsning. Dette gjøres ofte ved høy pH, siden det motvirker at det dannes fritt jod ( $I_2$ ), som kan diffundere fra løsningen (som gass).

Inntil for ikke så veldig mange år siden var det en analysemetode (Sandell–Kolthoff) som ble brukt som referanse for bestemmelse av jod i tare. Metoden er tidkrevende og innebærer bruk av kreftfremkallende reagenser. I det senere synes det som om analysen i hovedsak utføres ved bruk av avanserte instrumenter (ICP-MS og HPLC). For de fleste i tarenæringen innebærer dette forsendelse av prøver, venting på analyseresultater og betydelige kostnader.

Nofima arbeider for tiden med problemstillingen knyttet til analyse av jodinnhold på flere ulike områder. Ideelt sett kunne vi ønsket oss en enkel og rask in-house metode, og er snart i mål med å etablere to metoder som fungerer til måling av jod i ulike prøvematriser.

## 5 Forskrifter og anbefalinger

### 5.1 Er tare ny mat?

EU innførte i 1997 den såkalte Reguleringsen av nye matvarer (Novel Food Regulation). Reguleringsen betyr i praksis at matvarer som anses som nye etter 15. mai 1997 må igjennom en byråkratisk, omfattende prosess for å kunne bli godkjent som mat på det norske og Europeiske markedet. Det er derfor gledelig at de aller fleste tang og tarearter som anses som mat av norske aktører er stemplet «ikke-nye» av EU. På denne listen av godkjente mat-alger finner vi blant annet sukkertare, butare, fingertare, grisetang, remmetang, og søl. Det er verdt å merke seg at stortare ikke er merket som «ikke-ny», og derfor er det mulig å tenke seg at salg av nettopp stortare som mat kan by på problemer. Men mikroalger har blitt godkjent som «novel food» i EU på bakgrunn av likhet med godkjente arter, så vi kan tenke oss at noe lignende er mulig også for stortare dersom tilsvarende grunnlag for likhet mellom for eksempel stortare og fingertare godkjennes.

### 5.2 Anbefalinger og grenser for inntak av for jod og tungmetaller

Tabell 3 Anbefalt daglig inntak og øvre inntak av jod for en voksen person

	Anbefalt dagsdose (µg)	Anbefalt maksimal mengde (µg/dag) <sup>5</sup>
Norge	150	600
EFSA	-	600
Frankrike	150	500-600
USA	150	1100
WHO	150	1000
Japan	130	3000

I Norge og i resten av verden anbefales det at voksne<sup>5</sup> inntar rundt 150 µg jod per dag, som vist i Tabell 3. Det anbefales at barn inntar mindre, og at gravide og ammende inntar mer jod. Dette er beskrevet mer utfyllende i rapporten *Risiko for jodmangel i Norge*, som er utgitt av Nasjonalt råd for ernæring (2016), se spesielt Kapittel 3. Når det gjelder den øvre anbefalte grensen for jod er anbefalingene mer sprikende på verdensbasis. I Norge og EU anbefales maksimalt 600 µg per dag, mens grensene er høyere i USA og spesielt i Japan. Dette begrunnes med at det er større risiko for alvorlige symptomer ved høye enkeltdoser av jod, dersom befolkningen i utgangspunktet mangler jod. Inntak av rundt 600 µg per dag er ansett som trygt også for personer med jodmangel. Anbefalte maksimalverdier for arsen og kadmium er beskrevet i henholdsvis Kapittel 2.3.1 og 2.3.2.

### 5.3 Grenseverdier for jod og tungmetaller i tare

Det er utarbeidet få grenseverdier for innhold av jod og tungmetaller i tare. Unntaket er CEVA i Frankrike, som har utarbeidet utfyllende retningslinjer, og EU har satt grenser for innhold av kadmium, kvikksølv og bly. I Tabell 4 under er de innholdsstoffene som er en størst trussel mot mattryggheten til de viktigste brunalgene inkludert. Denne problemstillingen er også grundig diskutert i PhD

<sup>5</sup> Regnet ut for en voksen referanseperson på 65 kg.

avhandlingen til Pierrick Stevant (2019) ved NTNU,<sup>6</sup> se spesielt kapittel 5.4. For å etablere en på alle måter bærekraftig global industri med tare er etablering av mattrygghetsstandarder og reguleringer spesifikke til tare områder som må forbedres, slik det løftes frem i det nyutgitte manifestet *Seaweed revolution: A manifesto for a sustainable future* (2020)<sup>7</sup>.

Tabell 4 Grenser for innholdsstoffer i tare

	Anbefalt maksimal mengde (mg/kg tørrvekt)		
	Jod	Uorganisk arsen	Kadmium
CEVA	2000	3	0,5
EU	-	-	3,0

Et poeng som ofte kommer opp når man snakker om innhold av jod i tare er biotilgjengelighet – hvor mye jod man klarer å ta opp i kroppen. Studier på dyr tyder på at biotilgjengeligheten av jod fra rå tare er relativt lav, som kan bety at man kan spise mer tare enn det som tilsvarer 600 µg/dag. Det er derimot ikke gjort tilstrekkelige studier på mennesker for å kunne si dette med sikkerhet. Dessuten er det også mulig at biotilgjengeligheten varierer fra person til person, avhengig av faktorer som sammensetning av mikrober i tarmsystemet, samt hva taren spises sammen med. Dette blir fort veldig komplisert, og før vi vet mer om dette må vi beregne anbefalte dagsdoser ut ifra 100 % biotilgjengelighet av jod fra tare.

<sup>6</sup> Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2606704>

<sup>7</sup> Tilgjengelig fra: <https://unglobalcompact.org/library/5743>



## 6 Hvor mye sukkertare kan vi spise?

### 6.1 Med hensyn til innhold av jod

Det målte innholdet av jod i tare er svært variabelt, selv innen samme art. Spiser man taren fersk uten prosessering eller tørking, trenger man mellom 8-20 g tare for å nå den anbefalte maksimale grensen på 600 mikrogram jod per dag, avhengig av opprinnelig jodinnhold i taren. Hvis man spiser tørket tare som ikke har vært kokt eller prosessert på andre måter enn tørkingen, kan man nå maksimal anbefalt dagsdose av jod allerede ved 0,12 g sukkertare (Stevant m.fl., 2018<sup>8</sup>), som er rundt ¼ teskje (Figur 4).



Figur 4 Illustrasjon av mengde tørket sukkertare (vekt) i forhold til en teskje.

Ulike forskningsmiljø har funnet svært forskjellig jodreduksjon ved prosessering. Ulikhetene kommer godt frem i Figur 5, der hvor mye jod tare inneholder (i våtvekt) etter ulike typer prosessering er plottet. Figuren tar utgangspunkt i jod- og tørrstoff verdiene som er oppgitt i tre studier: Nielsen m.fl. (2020)<sup>9</sup>, Bruhn m.fl. (2019)<sup>10</sup> og Stevant m.fl. (2018)<sup>11</sup>. Alle studiene undersøker effekten av reduksjon i jodkonsentrasjon under behandling av sukkertare i vann ved ulike temperaturer, og i studien til Bruhn m.fl. undersøkes også effekten av fermentering.

Studien med de mest lovende resultatene i forhold til bruk av sukkertare som en grønnsak, er studien til Nielsen m.fl. (2020). I denne studien ble blansjering, altså varmebehandling i vann i kort tid, og gjerne ved lavere temperatur enn 100 °C, undersøkt grundig. Resultatene viser at blansjering kan gi en jod-reduksjon i sukkertare på 94 % ved temperaturer mellom 45-80 °C og varmebehandling på over 2 minutter. Ved samme jod-konsentrasjon i rå tare som taren som ble brukt i denne studien, 4600 mg/kg tørrvekt, vil da en voksen person kunne spise 163 g fersk blansjert sukkertare per dag, og fortsatt være innenfor grensen for maksimalt anbefalt inntak av jod<sup>12</sup> (Figur 5). Forskerne har undersøkt flere kombinasjoner av tid og temperatur, og resultatet viser at det tar kortere tid å redusere mengden jod ved høyere temperaturer, men når blansjeringstiden er 2 minutter eller mer spiller ikke temperaturen noen rolle på reduksjonen av jod, så lenge temperaturen er over 45 °C.

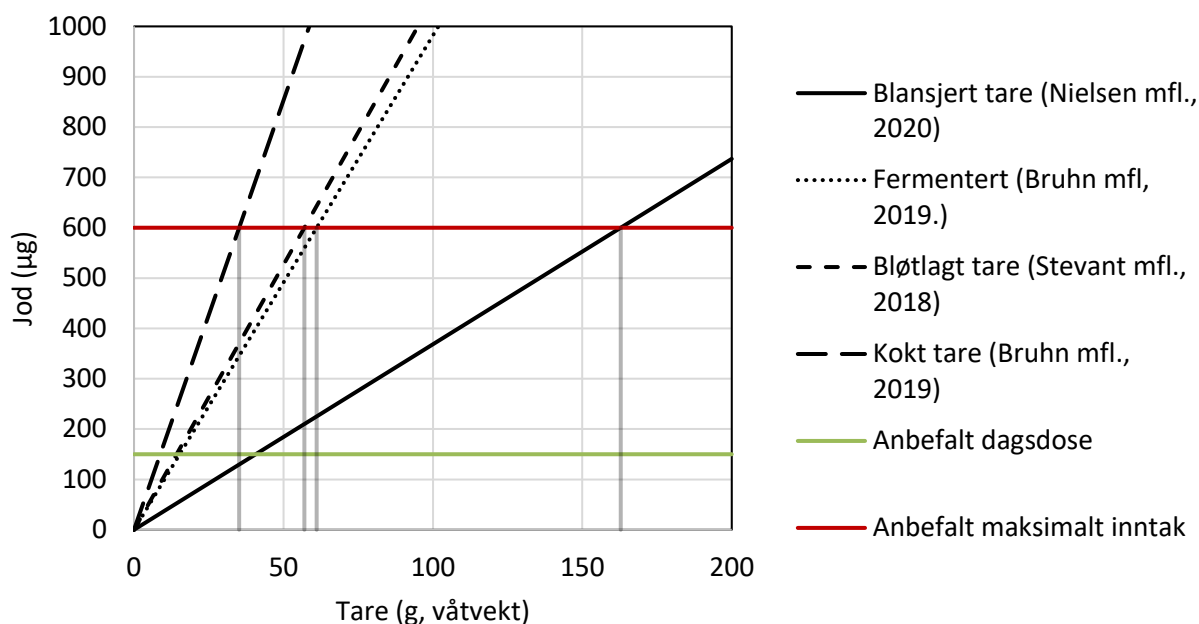
<sup>8</sup> Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-018-1451-0>

<sup>9</sup> Tilgjengelig fra: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/569>

<sup>10</sup> Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-019-01827-4>

<sup>11</sup> Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-017-1343-8>

<sup>12</sup> Her og i de øvrige eksemplene i dette avsnittet antas det at man ikke får i seg noe jod fra andre matvarer enn sukkertare. De største kildene til jod i det norske kostholdet i dag er hvit fisk og melk, og man vil dekke dagsbehovet på 150 µg jod ved å spise ca 160 g torsk, 125 g sei, eller drikke ca 7,5 dl melk.



Figur 5 Jodinnhold i sukkertare (våtvekt), inklusivt anbefalte grenser for inntak.

Resultatet til Nielsen m.fl. (2020) er svært lovende for å bruke tare som grønnsak i matlaging, men andre resultater peker i motsatt retning. Bruhn m.fl. (2019) undersøkte effekten av både koking og fermentering på innholdet av jod i sukkertare. Jodreduksjonen under koking i denne undersøkelsen var 38 %. Sukkertaren som ble brukt av Bruhn m.fl. hadde et jod-innhold på 1600 mg/kg tørrvekt etter koking i 15 minutter, som innebærer at man kun kan spise 35 g kopt tare for å holde seg innenfor den maksimale grensen (Figur 5). Fermentering gav en mye større reduksjon i innholdet av jod, med 65 %, som innebærer at man trygt kan spise nesten dobbelt så mye – 61 g – sukkertare dersom den både er kopt og fermentert. Stevant m.fl. (2018) bløtla nyhøstet tare i ferskvann med en temperatur på 32 °C i 1 time, og fikk en reduksjon fra 6600 mg/kg jod per tørrvekt tare til rundt 1000 mg/kg jod. Reduksjonen på rundt 84 % jod innebærer at man kan spise 57 g fersk, bløtlagt tare hvis man ønsker å være innenfor den anbefalte grensen for jod. Det som er spesielt interessant her er at studien til Nielsen m.fl. viser at jod i sukkertare reduseres mer ved temperaturer over 45 °C enn ved 30 °C, mens det motsatte kommer frem når man sammenligner studiene til Stevant m.fl. (2018) på bløtlegging av tare i lunkent vann og Bruhn m.fl. (2019) på koking av tare. Det kan tyde på at det er behov for mer inngående studier. Kanskje faktorer som om og i så fall hvordan taren fryses og tines før koking har noe å si? Eller kanskje jod er bundet på ulike måter for tare høstet ved ulike lokasjoner med ulik genetikk, som vil gi utslag for hvor lett jod forsvinner under prosesseringen?

## 6.2 Med hensyn til innhold av arsen og kadmium

Innholdet av kadmium og uorganisk arsen har vært pekt på som faktorer som kan begrense hvor mye brunalger kan brukes i mat og fôr (Duinker m.fl., 2016)<sup>13</sup>. Mens det i sukkertare hovedsakelig er innholdet av jod som begrenser mengde for anbefalt konsum (Kapittel 6.1), er det i butare kadmium som er den største begrensningen. Stevant m.fl. (2018)<sup>11</sup> fant et kadmium-innhold på 2,0 mg/kg tørrvekt. Ved et inntak på 3,3 g tørket butare (ca 3 teskjeer, Figur 4) utgjør dette 27 % av den tolerable

<sup>13</sup> Tilgjengelig fra: <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapporter-nifes/2016/rapport-makroalger>

dagsdosen med kadmium for en 70-kg-person. Andre studier har funnet mellom 0,1 og 0,6 mg/kg tørrvekt, og basert på det høyeste dokumenterte funnet kan 3,3 g tørket butare inneholde 54 % av tolerable dagsdosen med kadmium for en 70-kg-person. Som med sukkertare inneholder butare svært mye vann (rundt 90 %), så ved konsum av butare i våtvekt (fersk, kokt eller bløtlagt) kan man spise rundt 10 ganger mer (vektbasis) enn tørr butare for å oppnå samme andel av den tolerable dagsdosen.

Mengde uorganisk arsen som er funnet i sukkertare og butare er generelt innenfor grenseverdiene som er etablert av CEVA. Et klart unntak fra dette er funnet i vill butare høstet utenfor Bergen, der mellom 8,0 og 9,6 mg/kg tørrvekt ble funnet (Kleppe, 2017)<sup>14</sup>, som er tre ganger så høyt som grensen til CEVA på 3 mg/kg tørrvekt uorganisk arsen i tare. Øvrige funn i samme arbeid er langt lavere og i tråd med funnene i andre studier, mellom 0,1 til 0,4 mg/kg tørrvekt. Dette eksempelet viser klart at innholdet av uheldige stoffer i tare kan variere veldig, og må kontrolleres nøye. For å redusere innholdet av tungmetaller dyrkes og høstes tang og tare fra steder med lite tungmetaller i sjøvannet, som gir et lavere innhold i maten.

---

<sup>14</sup> Masteroppgave skrevet av Malin Kleppe ved UiB (2017). Tilgjengelig fra: <http://bora.uib.no/bitstream/handle/1956/16728/Masteroppgave--01-09-2017--Malin-Kleppe--08-59-.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## 7 Konklusjon

Tare er en ny og spennende ingrediens i matindustrien, restauranter og på kjøkkenet. Stadig flere produkter med tare kommer på markedet og det er stor oppmerksomhet rundt mulighetene til å bruke tare som erstatning for salt, som smaksforsterker og som en sunn ingrediens.

Noen av komponentene i tare er potensielt uheldige og bør tas hensyn til ved tillaging av mat. I denne rapporten har vi tatt utgangspunkt i tareartene sukkertare og butare, og tre av komponentene i disse tareartene. Jod er et stoff vi trenger, men i relativt små doser. Tungmetallene kadmium og arsen er uønsket.

Flere studier har vist at sammensetningen av komponenter i tare endres under prosessering og foredling, og forskningsinnsatsen har til nå vært fokusert på tradisjonelle metoder, inklusivt enkle og rimelige metoder som blansjering og koking. Mer avanserte metoder (Kapittel 3.2) kan også være lovende kandidater for styring av komponenter i tare, i tillegg til kombinasjoner av ulike prosesser.

Anbefalingene for hvor mye jod vi trenger er klar (Kapittel 5.2), men grensen for maksimalt anbefalt inntak varierer avhengig av hvor mye jod befolkningen i utgangspunktet får i seg via maten. Det er få retningslinjer i forhold til innholdet i selve taren. Det setter store krav til matindustri for kontroll på innholdet i sine produkter samt etablering av anbefalte porsjonsstørrelser.

Ettersom det er stor variasjon både når det gjelder innhold av jod, arsen, og kadmium – både i høstet tare og hva som er funnet i forhold til svinn under prosessering – så er det krevende å etablere noen generell anbefaling for hvor mye tare man bør spise per dags dato. Koking reduserer andel jod i tare betraktelig, og øker mengden man trygt kan spise av fersk sukkertare og butare. Ved inntak av tørket tare er det små mengder som skal til for å komme opp i anbefalt maksimal dose av jod, dersom tørking ikke kombineres med øvrige prosesseringsmetoder.

### 7.1 Behov for videre forskning

Vi vet stadig mer om hvilke komponenter som finnes i tang og tare og hva slags variasjoner vi kan forvente, men det er fortsatt mye som gjenstår for å nå målet om å styre innholdet av ulike komponenter i tang og tare. Dette krever flere studier som tar hensyn til variasjonene.

Med økt kunnskap om hvordan jod og tungmetaller bindes i taren, og hvilke mekanismer som skal til for å friggi komponentene, vil dette sette oss bedre i stand til å perfektionere prosessmetodene og skape nye matvarer som er sunne og bærekraftige, i tillegg til at vi får glede av taren som en dekorativ smaksforsterker.

Med de ulike prosessmetodene har det vist seg mulig å optimalisere innholdsstoffene i tare. I videre arbeid må vi både ta hensyn til å begrense jod og fjerne tungmetaller, samt andre uønskede stoffer som allergener, i tillegg til å beholde de komponentene som er ønskelige, for eksempel næringsstoffer, vitaminer, funksjonelle stoffer og smakskomponenter.

## 8 Anbefalte kilder for videre lesning

*Jod og jodmangel i Norge:*

[Risiko for jodmangel i Norge. Identifisering av et akutt behov for tiltak. Nasjonalt råd for ernæring. 2016](#)

<https://tidsskriftet.no/2019/01/oversiktsartikkel/er-inntaket-av-jod-i-befolkningen-tilstrekkelig>

*Grunnlag for etablering av kostholdsretningslinjer:*

[Nordic Nutrition Recommendations 2012. Integrating nutrition and physical activity](#)

*Mer om kadmium:*

<https://www.fhi.no/ml/miljo/miljogifter/fakta/kadmium-i-mat-og-miljo--faktaark/>

*Mer om arsen og uorganisk arsen:*

<https://www.ntfe.no/i/2017/1/tfe-2017-01b-699>

<http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/140306>

<https://vkm.no/risikovurderinger/alle-vurderinger/vurdering-av-uorganisk-arsen-i-norske-kosthold.4.773639b215c8657f2a497396.html>

