



Algues

—
Estudi de la presència de metalls pesants i iode en algues destinades al consum humà. Avaluació del risc associat i la seva contribució a la dieta total

Direcció:

Carme Chacón Villanueva
Agència de Salut Pública de Catalunya

Autors:

Isabel Timoner Alonso, Jaume Bosch Collet, Victòria Castell Garralda
Agència Catalana de Seguretat Alimentària

Sonia Abuin, Josep Calderón
Servei de Química
Laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona

Disseny: Vincent Agència

Alguns drets reservats

©2020, Generalitat de Catalunya. Departament de Salut



Els continguts d'aquesta obra estan subjectes a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObresDerivades 4.0 de Creative Commons.

Aquesta llicència no inclou les fotografies de la coberta. Drets gestionats pels respectius bancs d'imatges: [Unsplash](#), [Pixabay](#) i [Freepik](#).

Edició:

Agència Catalana de Seguretat Alimentària

1a. edició:

Barcelona, octubre de 2020

Assessorament lingüístic:

Servei de Planificació Lingüística del Departament de Salut

URL:

Estudis de dieta de la web de l'ACSA

Sumari

Paraules clau: Alga, metall pesant, iode, ingesta, avaluació del risc, dieta total

L'Agència Catalana de Seguretat Alimentària (ACSA) presenta un estudi sobre la presència de iode i metalls pesants en algues, una avaluació dels risc associat a la seva ingesta i la seva incidència a la dieta total de la població de Catalunya.

A part del iode, s'ha analitzat arsènic total i inorgànic, cadmi, plom, mercuri total i metilmercuri en 10 tipus diferents de macroalgues que es comercialitzen a Catalunya. La majoria d'espècies d'algues estudiades presenten nivells elevats de iode i metalls pesants, però destaquen les elevades concentracions de iode en l'alga kombu (*Laminaria* spp.)(mitjana 3969,8 mg/kg) i d'arsènic inorgànic en l'alga hijiki (*Hizikia fusiforme*)(mitjana 85,7 mg/kg) i la concentració baixa de mercuri total i la no detecció de metilmercuri en cap de les mostres recollides.

Per a l'estimació de la ingesta s'han plantejat 6 escenaris generals per a cada alga, amb consums que van de 15 grams al dia a 6 grams al mes (0,2 grams al dia) i 3 escenaris específics per a tenir en compte les recomanacions de consum o usos culinàries de les algues kombu, hijiki i nori (*Porphyra* spp.). Els intervals d'exposició dietètica de la població segons els escenaris generals plantejats i les concentracions mitjanes serien: iode (0,01mg/dia-59,6 mg/dia), arsènic inorgànic (0,0001 µg/kg pc·dia-18,4 µg/kg pc·dia), cadmi (0,0002 µg/kg pc·setmana-5,1 µg/kg pc·setmana), plom (0,0002 µg/kg pc·dia-0,201 µg/kg pc·dia) i mercuri (0,0001 µg/kg pc·setmana-0,0465 µg/kg pc·setmana).

L'avaluació del risc s'ha dut a terme, per a cada contaminant, a partir de la relació entre les ingestes estimades per a cada alga i els valors de referència que estableixen la seva ingesta adequada o segura. S'han detectat possibles situacions de risc associades a la ingesta d'arsènic inorgànic pel consum de hijiki, a la ingesta de iode per consum de kombu i també pel consum de la resta d'algues per part de la població vulnerable al iode ja que la dieta total de la població catalana ja n'aporta les quantitats adequades. Per a la resta d'algues, degut a la ingesta de cadmi i plom en la dieta total i a la especial vulnerabilitat de la població jove, s'ha detectat cert risc en la població menor de 10 anys i dones gestants en el cas que facin un consum habitual d'algues.

Abstract

Keywords: Seaweed, heavy metal, iodine, intake, risk assessment, total diet

The Food Safety Catalan Agency (ACSA) presents a study regarding the levels of iodine and heavy metals at seaweeds, an appraisal of the risk associated with their intake and their incidence on the total diet of the Catalan population.

Apart from the iodine, total and inorganic arsenic, cadmium, lead, total mercury and methyl mercury have been analysed in 10 distinct types of seaweed that are commercialised in Catalonia.

Most of the seaweed species that have been studied present high levels of iodine and heavy metals, excelling the overhead concentrations of iodine at the kombu seaweed (*Laminaria* spp.)(mean 3969,8 mg/kg) and of inorganic arsenic at the hijiki seaweed (*Hizikia fusiforme*)(mean 85,7 mg/kg), as well as the low concentration of total mercury and no detection of methyl mercury at any of the collected samples.

In order to estimate the intake, we have posed 6 general scenarios for each seaweed, each one with consumptions that range from 15 grams by the day to 6 grams by the month (0,2 grams by the day), along with 3 specific scenarios to consider the recommendations of consumption or culinary uses of kombu, hijiki and nori seaweeds (*Porphyra* spp.). According to the posed general scenarios, the range of dietary exposures of the population and the mean concentrations would be the following: iodine (0,01 mg/day-59,6 mg/day), inorganic arsenic (0,0001 µg/kg pc·day-18,4 µg/kg pc·day), cadmium (0,0002 µg/kg pc·week-5,1 µg/kg pc·week), lead (0,0002 µg/kg pc·day-0,201 µg/kg pc·day) and mercury (0,0001 µg/kg pc·week-0,0465 µg/kg pc·week).

The appraisal of the risk has been carried out, for each pollutant, from the ratio between the estimated intakes for each seaweed and the values of reference that establish their adequate or safe intake. Some of the risks that have been detected are associated with the intake of inorganic arsenic due to the consumption of hijiki as well as with the intake of iodine from the consumption of kombu; arising other risk from the consumption of any other seaweed by the population vulnerable to iodine, since the total diet of the Catalan population already contributes with the adequate intake. As for the rest of the seaweeds, and due to the intake of cadmium and lead in the total diet and to the special vulnerability of the young population, some risk has been detected among the population under 10 years of age and pregnant women, supposing they make an habitual consumption of seaweeds.

Abreviatures i acrònims

ACSA - Agència Catalana de Seguretat Alimentària

AESAN - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición

AFSSA - Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

ANSES - Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

AI - Adequate Intake- Ingesta Adequada- És el valor que s'estableix quan no existeixen dades suficients per a calcular la necessitat mitjana per a un nutrient. Una AI és el nivell mig d'ingesta d'un nutrient que es considera adequat sobre la base d'observacions o experiments.

BfR - Bundesinstitut für Risikobewertung

BMDL_{01, 10} - Benchmark Dose Level- Límit inferior de l'interval de dosi que produeix un canvi prederminat (01=1%, 10=10%) en l'índex de resposta d'un efecte advers.

CEVA - Centre d'Étude et de Valorisation des Algues

CFS - Center for Food Safety Hong Kong

EFSA - European Food Safety Authority

FSAI - Food Safety Authority of Ireland

FSANZ - Food Standard Australia New Zealand

g/dia - grams per dia. Unitat de mesura d'ingesta

g/setmana - grams per setmana. Unitat de mesura d'ingesta

g/mes - grams per mes. Unitat de mesura d'ingesta

ICP-MS - Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry- Espectrometria de masses per plasma d'acoblament inductiu

IST – Ingesta Setmanal Tolerable. És una estimació de la quantitat d'una substància que es pot ingerir setmanalment durant tota la vida sense risc per la salut.

m/z - Mass-to-charge ratio -Relació massa càrrega

mg/dia – mil·ligrams per dia. Unitat de mesura d'ingesta

mg/kg – mil·ligrams per kilogram. Unitat de mesura de concentració

µg/dia – micrograms per dia. Unitat de mesura d'ingesta

µg/kg pc · dia – micrograms per kilograms de pes corporal i per dia. Unitat de mesura d'ingesta

µg/kg · dia - µg/kg pc·dia, reduït en gràfiques i taules

µg/kg pc · setmana – micrograms per kilograms de pes corporal i per setmana. Unitat de mesura d'ingesta

µg/kg · setmana - µg/kg pc·setmana, reduït en gràfiques i taules

MoE – Margin of Exposure- Marge d'Exposició. És la relació entre un punt de referència toxicològic (NOAEL, BMDL) i el nivell d'exposició o ingesta estimada.

UL - Tolerable Upper Intake Level - Nivell màxim d'ingesta tolerable. Nivell màxim d'ingesta crònica diària amb poques probabilitats de tenir efectes adversos sobre la salut humana.

Índex

1. Introducció	9
2. Objectius	10
3. Les algues de consum humà a la UE	11
3.1 Algues de consum humà a la UE	12
3.2 Requisits de seguretat alimentària. Legislació	14
4. Material i mètodes	16
4.1 Selecció d'algues analitzades	16
4.2 Selecció de contaminants	18
4.3 Preparació de mostres i mètodes d'anàlisis	18
4.4 Consideracions generals per a l'avaluació del risc	19
4.5 Estimació de la ingesta diària d'un contaminant	20
5. Resultats	21
6. Dades de consum d'algues	24
7. Valors de seguretat	25
8. Iode	27
8.1. Exposició dietètica i avaluació de risc	28
8.2. Contribució de les agues a l'exposició dietètica total de iode de la població de Catalunya	30
8.3. Consideracions de l'avaluació del risc respecte el iode	31
8.4. Límits legals i recomanacions d'altres organismes	32

9.	Arsènic	33 .
9.1	Exposició dietètica i avaluació del risc de l'arsènic inorgànic	34 .
9.2	Avaluació del risc de l'arsènic inorgànic	36 .
9.3	Límits legals i recomanacions d'altres organismes	36 .
10.	Cadmi	38 .
10.1	Exposició dietètica i avaluació del risc del cadmi	38 .
10.2	Avaluació del risc del cadmi	40 .
10.3	Límits legals i recomanacions d'altres organismes	41 .
11.	Plom	42 .
11.1	Exposició dietètica, avaluació del risc i recomanacions per al plom	42 .
11.2	Límits legals i recomanacions d'altres organismes	44 .
12.	Mercuri	45 .
12.1	Exposició dietètica, avaluació del risc i recomanacions per al mercuri	45 .
12.2	Límits legals i recomanacions d'altres organismes	46 .
13.	Conclusions generals i recomanacions	47 .
14.	Bibliografia	49 .

1 Introducció

Les algues marines són un important recurs de l'oceà i s'han explotat i utilitzat en alimentació humana des de l'antiguitat, especialment a la Xina, la península de Corea i el Japó, pel seu alt valor nutritiu i alt contingut en vitamines i minerals.

A Europa, les algues s'han emprat principalment per a l'extracció de ficocol·loides, que s'utilitzen com a agents gelificants, espessidors i estabilitzants en multitud d'aplicacions a la indústria alimentària, en articles de cosmètica i ús d'higiene personal, de la llar i productes biomèdics.

En l'actualitat, la globalització i la innovació tecnològica ha afavorit que aquest producte es valoritzi i que, a poc a poc, el seu consum es vagi introduint en la dieta europea i en l'alimentació animal. Encara que el seu consum és baix comparat amb els països asiàtics.

Actualment, podem trobar una àmplia varietat d'algues per a ús alimentari, tant dessecades com fresques, en gairebé totes les parts del món. Per tant, la contribució de les algues als patrons de consum dels europeus cada vegada és més important.

Les algues marines es caracteritzen per absorbir i acumular els minerals i metalls presents a l'aigua que les banya. Depenent del mineral, l'espècie en qüestió i les condicions ambientals el factor de bioacumulació pot ser major o menor.

La literatura científica mostra que a causa d'aquesta capacitat de d'unir-se a certs minerals i elements, i bioacumular-los, poden contenir quantitats significatives d'arsènic, cadmi, plom, mercuri i iode, per la qual cosa el seu consum pot presentar un factor de risc per a la salut.

Diferents estudis han posat de manifest concentracions significatives d'arsènic, cadmi, iode, plom i mercuri en diferents espècies d'algues marines (arsènic (Almela [et al.], 2002), (Rose [et al.], 2007) i el iode (SCF 2002).

L'objectiu d'aquest estudi és recopilar dades actuals sobre els nivells de metalls pesants i iode en algues marines de consum humà comercialitzades durant l'any 2018 a Catalunya i estimar l'exposició dietètica de metalls pesants (arsènic total, arsènic inorgànic, cadmi, mercuri total, metilmercuri i plom) i de iode pel consum d'algues de la població de Catalunya, a més d'avaluar-ne els possibles riscos per a la salut.

2 Objectius

L'estudi se centra en macroalgues marines de consum humà comercialitzades a establiments minoristes de Catalunya.

Els objectius específics d'aquest estudi són:

- Analitzar les concentracions de metalls pesants i iode en algues d'ús alimentari comercialitzades a Catalunya l'any 2018.
- Estimar l'exposició dietètica al iode i als metalls pesants pel consum d'algues.
- Avaluar els riscos per a la salut associats a l'exposició pel consum d'algues
- Estimar la contribució de la ingesta d'algues en l'exposició dietètica de la població catalana dels contaminants estudiats.

3 Les algues de consum humà

Les algues constitueixen una àmplia família botànica que inclou tant les microalgues (també anomenat fitoplàncton, micròfits, algues planctòniques) com les macroalgues (normalment conegudes com algues).

En aquest estudi ens hem centrat en les macroalgues, que són un conjunt heterogeni d'organismes fotosintètics semblants a les plantes però mancats de veritables òrgans i de sistema vascular. Són organismes multicel·lulars que normalment es reconeixen a simple vista i que generalment es troben fixes a les roques o altres substrats durs de la zona costanera en alguna fase del seu cicle vital. La majoria de les macroalgues són marines, però existeixen també espècies d'aigua dolça.

Evolutivament les algues es classifiquen en tres grans grups en funció del seu color: algues vermelles o rodòfits, algues brunes o feòfits i algues verdes o cloròfits, només aquestes darreres estan emparentades amb les plantes vasculars terrestres.

Aquests tres grups tenen històries evolutives molt diferents i mostren característiques ultraestructurals i bioquímiques específiques. Els tres grups de macroalgues difereixen en el tipus de pigments fotosintètics, les substàncies de reserva i l'estructura i composició de la paret cel·lular. Això fa que siguin molt diferents des del punt de vista nutricional.

Les algues vermelles (*Rhodophyta*) tenen una paret cel·lular formada per polisacàrids, com l'agarosa, i diferents carragenats, a més de cel·lulosa. Presenten clorofil·la A i D, i es caracteritzen per l'absència de midó dins els cloroplasts. Aquest grup d'algues, on trobem la dulce (*Palmaria palmata*) i la nori (*Porphyra* spp. i *Pyropia* spp.), són utilitzades principalment en el sector alimentari i farmacèutic, com per exemple per a la producció d'agar-agar, una substància gelatinosa que s'usa de medi de cultiu de bacteris i fongs, com a estabilitzador de certs aliments comestibles o per a produir gelatines.

Les algues brunes o marrons (*Phaeophyceae*) tenen una paret formada per alginats, fucans, sofre i cel·lulosa. Les feofícies presenten clorofil·la A i C, a més de la fucoxantina (pigment responsable de la seva coloració). Es troben principalment en zones boreals i fredes, tot i que a la Mediterrània també se'n troben. Poden arribar a ser algues de gran mida creant boscos submarins com és el cas de les laminàries, algues típiques que trobaríem a les platges gallegues quan baixa la marea. Moltes d'aquestes són comestibles com, per exemple, la *Undaria pinnatifida* (wakame) o la *Laminaria* spp. (kombu). De les algues brunes s'extreuen els alginats, un additiu alimentari molt usat.

Les algues verdes (*Chlorophyta*) tenen una paret cel·lular formada per cel·lulosa i pectina. Presenten clorofil·la A i B en la mateixa proporció que les plantes, i midó als cloroplasts. Presenten característiques similars a les plantes terrestres, per això molta gent les confon amb plantes. En aquest grup trobem l'enciam de mar (*Ulva lactuca*).

3.1 Algues de consum humà a la UE

S'estima que actualment s'utilitzen entre 150 i 200 espècies de macroalgues per al consum humà en tot el món.

S'han descrit més de 70 espècies comestibles a la dieta xinesa, però només una selecció d'aquestes tenen reconeguda el seu ús per al consum humà a la UE o a algun dels seus estats membres. A Europa no hi ha una regulació específica d'algues aprovades per al consum humà i el seu ús en el sector alimentari a la Unió Europea està directament lligat a la regulació sobre nous aliments. No obstant això, les principals algues d'ús alimentari comercialitzades a Europa, estan reconegudes ja que es consumien en un grau significatiu abans del 15 de maig de 1997. D'aquesta manera, el seu accés al mercat no està subjecte al Reglament 2015/2283 sobre aliments nous (anteriorment Reglament (CE) núm. 258/97).

Per saber si una espècie d'alga té reconeguda la seva utilització per al consum humà a la UE cal consultar, pel nom científic, el seu estatus en el catàleg de nous aliments de la Comissió Europea i la llista de nous aliments de la UE.

S'ha de tenir present que els noms comercials no estan estandaritzats, la qual cosa genera una notable confusió. Així, algaebase (<https://www.algaebase.org/>) anomena *Royal kombu* a *Laminaria japonica*, mentre que l'Agència Francesa per a la Seguretat i Salut Alimentària, Ambiental i Ocupacional (ANSES) i el Centre d'Étude et de Valorisation des Algues de França (CEVA), al seu llistat d'algues de consum a França, empra la denominació *kombu royal* per a *Saccharina latissima*.

Per altra banda, també cal tenir present que la denominació comercial kombu es fa servir per tot un ventall d'altres espècies d'algues laminarials.

A la taula 1 es mostren les principals algues d'ús alimentari i s'assenyala les algues que estan reconegudes per al seu ús en alimentació.

Taula 1. Principals algues d'ús alimentari i el seu estatus a la UE

Nom científic	Nom comú	Algues acceptades com a aliment a la UE
<i>Fucus vesiculosus</i>	Fucus	x
<i>Himanthalia elongata</i>	Espagueti de mar	x
<i>Undaria pinnatifida</i>	Wakame	x
<i>Laminaria digitata</i>	Kombu	x
<i>Laminaria saccharina</i> (<i>Saccharina latissima</i>)	Kombu de sucre, kelp de sucre nom comercial Kombu royal	x
<i>Laminaria japonica</i> (<i>Saccharina japonica</i>)	Kombu, kombu japonès nom comercial kombu royal	x
<i>Alaria esculenta</i>	Wakame atlàntic o kelp	x
<i>Hizikia</i> / <i>Sargassum fusiforme</i>	Hiziki, hijiki	x
<i>Durvillaea antarctica</i>	Cochayuyo	
<i>Palmaria palmata</i>	Dulse	x
<i>Porphyra spp.</i> <i>Pyropia spp.</i>	Nori	x
<i>Chondrus crispus</i>	Molsa d'Irlanda	x
<i>Mastocarpus stellatus</i>	Falsa molsa d'Irlanda	
<i>Gracilaria verrucosa</i>		x
<i>Lithothamnium calcareum</i>		x
<i>Ulva lactuca</i>	Enciam de mar	x

Nom científic	Nom comú	Algues acceptades com a aliment a la UE
<i>Enteromorpha spp.</i>		x
<i>Chlorella spp.</i>	Microalga	x
<i>Codium spp.</i>		
<i>Spirulina spp.</i>	Cianobacteri	x
<i>Odontella aurita</i>	Diatomea	

Entre les principals algues d'ús alimentari comercialitzades a Europa trobem macroalgues, com les feofícies o algues brunes *Saccharina japonica* i *S. latis-sima* (anteriorment anomenades *Laminaria japonica*, coneguda com kombu o kelp japonès, i, *L. saccharina*, coneguda com kombu, laminaria o kelp de sucre (sugar kelp), que es conreen principalment a la Xina i el Japó, encara que Galícia també ha implantat el cultiu de kombu; *Undaria pinnatifida* coneguda com wakame, que es conrea al Japó, Corea, Xina i la Bretanya Francesa i Galícia; *Hizikia fusiforme* de Japó; algues vermelles com diverses espècies de *Porphyra/Pyropia*, (coneguda amb el nom vulgar de nori), provinents principalment de la Xina, del Japó i Corea; algues verdes com *Ulva lactuca* (enciam de mar), *Himanthalia elongata* (espagueti de mar) o la molsa d'Irlanda (*Chondrus crispus*) que malgrat no tenir un gran pes en el comerç global es comercialitzen a Espanya provinents de les costes de Galícia, Cadis o França; i microalgues com *Chlorella* o el cianobacteri espirulina (*Arthrospira*) que s'utilitzen en l'elaboració de complements alimentaris o com a ingredient.

França ha estat el primer país de la Unió europea que té establerta una regulació específica relativa a l'ús d'algues marines per a consum humà i que ha publicat un recull amb la llista de macroalgues, microalgues i plantes halòfiles susceptibles de ser consumides a França.

3.2 Requisits de seguretat alimentària. Legislació

Un dels principals riscos del consum d'algues és la possibilitat que acumulin substàncies tòxiques com metalls pesants, plaguicides, bifenils policlorats (PCB) o hidrocarburs.

En l'àmbit europeu, les algues marines que es troben al mercat han de complir amb el requisit bàsic de la legislació alimentària, establert pel Reglament (CE) núm. 178/2002, que determina que només es posaran al mercat aliments segurs que no suposin un risc per a la salut. Pel que fa als contaminants, el Reglament (CE) 1881/2006 de la Comissió, pel qual es fixa el contingut màxim de determinats contaminants en els productes alimentaris, només estableix continguts màxims legals de cadmi en algues marines utilitzades com a complementos alimentaris.

Degut a la manca d'una normativa espanyola o europea que reguli específicament el contingut de metalls pesants i iode en les algues se sol fer referència als criteris establerts a les recomanacions de l'Agència Francesa de Seguretat Sanitària dels Aliments (AFSSA).

Taula 2. Valors màxims recomanats a França per l'AFSSA

Element	Contingut màxim (mg/kg de pes sec d'alga)
Arsènic mineral	3
Cadmi	0,5
Mercuri	0,1
Plom	5
Iode	2000

L'increment del consum d'algues entre els consumidors de la UE i la seva capacitat d'acumulació de determinats compostos químics va motivar que la Comissió Europea publicés la Recomanació (UE) 2018/464 de la Comissió, de 19 de març de 2018, relativa al control de metalls i iode en les algues marines, les plantes halòfiles i els productes a base d'algues marines per tal d'obtenir dades de la presència d'aquests contaminants en les algues per poder prendre decisions respecte a l'establiment de mesures de gestió, com establir límits màxims o recomanacions de consum.

4 Material i mètodes

4.1 Selecció d'algues analitzades

Es van seleccionar macroalgues de consum humà comercialitzades a Catalunya que es van obtenir en establiments minoristes de Catalunya el 2018.

En la selecció de les algues es va tenir en compte la Recomanació (UE) 2018/464 de la Comissió, de 19 de març de 2018, relativa al control de metalls i iode en les algues marines, les plantes halòfiles i els productes a base d'algues marines.

L'origen de les algues va ser preferiblement nacional, però va abraçar tots els productes comercialitzats a Catalunya. Algunes de les mostres adquirides als establiments minoristes de Catalunya són espècies originàries de tercers països.

S'han recollit un total de 35 mostres de macroalgues marines comercialitzades i consumides a Catalunya, que inclouen, segons el seu nom comercial, els següents tipus d'algues: l'enciam de mar (*Ulva* spp.), el Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), l'espagueti de mar (*Himanthalia elongata*), la hiziki (*Hizikia fusiforme*), el kombu, que agrupa sota aquest nom comercial diferents espècies del gènere *Laminaria*), la wakame (*Undaria pinnatifida*), l'agar agar (*Gelidium* spp.), la dulce (*Palmaria palmata*), la nori o la laver porpra (*Porphyra* i *Pyropia* spp.), la molsa d'Irlanda (*Chondrus crispus*) i la molsa de mar (barreja de *Chondrus crispus*/*Mastocarpus stellatus*).

Les mostres comercialitzades amb el nom comercial de kombu agrupen mostres d'algues de diferents espècies i orígens, que en alguns casos estan ben identificades, amb el nom científic complet, però que en la majoria de casos només estan identificades a l'etiqueta de l'aliment com *Laminaria* spp.

Entre les mostres identificades pel nom científic podem diferenciar el kombu atlàntic (*Laminaria orchroleuca*) que corresponen a mostres d'origen espanyol (Galícia) i la *Laminaria longuissima* corresponent a mostres de kombu de Japó. La resta de mostres de kombu estan identificades com *Laminaria* spp. i corresponen a mostres de diferents orígens xinès, corea, japonès i espanyol.

Les mostres de wakame (*Undaria pinnatifida*) són d'origen europeu (Galícia), excepte una mostra de Corea.

Les mostres de nori (*Porphyra* i *Pyropia* spp.) són majoritàriament de països asiàtics, Xina, Japó i Corea del sur i només una mostra correspon a l'Atlàntic suroest.

El cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) és una alga originària de Xile i la hiziki (*Hizikia fusiforme*) de Japó. Totes les mostres d'agar són d'origen xines.

La resta de mostres d'algues són totes d'origen europeu, Espanya (Galícia) , França o Irlanda .

Taula 3. Espècies i nombre d'algues mostrejades . En color verd apareixen els cloròfits, en marró els feòfits i en vermell els rodòfits

Nom comú i presentació	Nom científic	Mostres
Enciam de mar	<i>Ulva spp.</i>	2
Cochayuyo deshidratada	<i>Durvillaea antarctica</i>	1
Espagueti de mar	<i>Himanthalia elongata</i>	2
Hiziki	<i>Hizikia fusiforme Sargassum fusiforme</i>	2
Kombu deshidratada	<i>Laminaria spp.</i> <i>Laminaria ochroleuca</i> <i>Laminaria longuissima</i>	10
Wakame deshidratada	<i>Undaria pinnatifida</i>	4
Wakame natural	<i>Undaria pinnatifida</i>	2
Agar agar	<i>Gelydium spp</i>	2
Dulce	<i>Palmaria palmata</i>	2
Nori en flocs deshidratats	<i>Porphyra o Pyropa</i>	1
Nori en fulles deshidratades	<i>Porphyra o Pyropa</i>	4
Molsa d'Irlanda	<i>Chondrus crispus</i>	1
Molsa de mar	<i>Chondrus crispus/Mastocarpus stellatus</i>	2
Total algues		35

4.2 Selecció de contaminants

Els contaminants químics analitzats en aquest estudi de dieta total van ser: iode (I), arsènic total (As), arsènic inorgànic (InAs), cadmi (Cd), mercuri total (Hg), metilmercuri (MeHg) i plom (Pb).

4.3 Preparació de mostres i mètodes d'anàlisis

Per al tractament de la mostra per a les anàlisis d'arsènic total, cadmi, plom i mercuri total es van afegir, a 0,5 grams de mostra, 9 ml d' HNO_3 diluït 1/3 i 0,5 ml de H_2O_2 . Posteriorment, es va dur a terme una digestió per microones fins a una temperatura final de 200 °C durant un temps total de 40 minuts de programa. Finalment, es va afegir aigua purificada als extractes fins a un volum final de 30 ml. Es van analitzar per espectrometria de masses de plasma acoblada inductivament (ICP-MS amb cel·la de col·lisió).

Per al tractament de la mostra per a l'anàlisi de iode es van afegir, a 0,2 g de mostra, 1,25 ml d'hidròxid de tetrametilamoni al 25% i 8 ml d'aigua purificada. Posteriorment, es va dur a terme una digestió per microones fins a una temperatura final de 200 °C durant un temps total de 40 minuts de programa. Finalment, es va afegir aigua purificada als extractes fins a un volum final de 100 ml. L'extracte es va diluir, entre 1/2 - 1/10, abans de la injecció en l'ICP-MS. Es va utilitzar una espectrometria de masses de plasma acoblada inductivament (ICP-MS amb cel·la de col·lisió), en què mesura l'ió 127 m/z per al iode.

El procediment per a l'arsènic inorgànic, tant el mètode d'extracció com el mètode HPLC-ICP-MS, es basa en un estudi previ (Llorente-Mirandes[et al.], 2012). Per a alguns tipus d'algues marines, com les algues fresques wakame, hiziki, enciam de mar i agar agar, s'utilitzen 0,25 g de mostra i 10 ml d'una solució àcid-oxidant (0,2% p/v d'àcid nítric + 1% p/v peròxid d'hidrogen). L'extracció de la mostra dura una hora fins a una temperatura final de 95 °C. L'arsènic inorgànic es va determinar per mitjà d'un cromatògraf de líquids (columna Hamilton PRP-X100 de 150 mm x 4,1 mm, circuit d'injecció de 125 μL i flux d'1 ml/min de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 26 mm pH = 6.2) acoblat a l'ICP -MS (que mesura l'ió 75 m/z per a arsènic. Per a altres tipus d'algues, com nori, fucus i kombu, després de l'extracció per microones, el mètode continua amb una neteja addicional amb un cartutx SPE. Per tant, en 5 ml de l'extracte de microones, s'agreguen 5 ml d'aigua purificada i 1,2 ml de NaOH 0,1 M. El pH s'ajusta entre 6,0 - 7,0. Posteriorment, s'aboca en un cartutx Strata SAIX condicionat (base de sílice; 6 ml, 500 mg, 55 μm). Es renta amb 3 ml d'àcid acètic 0,5 M i s'elueix amb 5 ml d'àcid nítric 0,5 M. S'afegeixen 5 ml d'aigua a l'extracte eluït. L'arsènic inorgànic es determina en aquesta solució final per mitjà d'un cromatògraf de líquids acoblat a l'ICP-MS tal com s'ha descrit anteriorment.

El metilmercuri només es va analitzar en mostres amb nivells detectables de mercuri, per sobre de 10 µg/kg de mercuri total. La preparació de les mostres per la determinació de metilmercuri es va efectuar mitjançant una extracció de mostra amb toluè i retroextracció amb cisteïna i la detecció es va dur a terme amb un analitzador automatitzat de mercuri), com es descriu en el mètode CEN/TC/275 (EU IRMM IMEP-115 "Metilmercuri en marisc"):

- Pesar 0,7 g - 0,8 g de mostra (o 0,2 g en el cas de mostres liofilitzades, més 0,5 ml d'aigua purificada) en un tub de centrífuga de 50 ml, agregar 10 ml d'àcid bromhídric i agitar-ho manualment, agregar 20 ml de toluè i agitar-ho vigorosament (per exemple, amb vòrtex) durant almenys 2 minuts. Centrifugar durant 10 minuts a 3000 rpm. Prendre aproximadament 15 ml de la fase orgànica anterior i col·locar-la en un tub de centrífuga de 50 ml amb 6,0 ml de la solució de L-cisteïna a l'1% (p/v). Agregar 15 ml més de toluè en el tub de centrífuga inicial (que conté encara la fase d'àcid bromhídric) i repetir una segona extracció amb la fase orgànica. Després de la centrifugació, prendre la fase orgànica superior restant i col·locar-la en el tub de centrífuga de 50 ml amb la solució de L-cisteïna. Agitar-ho vigorosament durant almenys 2 minuts i centrifugar-ho durant 10 minuts a 3000 rpm. Amb una pipeta de vidre Pasteur, prendre una alíquota de 2-3 ml de la fase inferior amb la L-cisteïna (que ja conté el mercuri orgànic extret) i col·locar-la en un vial per a cromatografia. Introduir el vial en l'analitzador automàtic convenientment programat.

El control de qualitat/assegurament de la qualitat (QC/QA) del mètode analític es va garantir mitjançant l'anàlisi d'estàndards i espais en blanc de cada lot de mostres, a més de mostres enriquides i materials de referència (de diverses proves de competència interlaboratori de FAPAS). Tots els mètodes estan acreditats sota la norma ISO 17025.

4.4 Consideracions generals per a l'avaluació del risc

Per a l'avaluació es planteja l'escenari més conservador, per tant:

- Es considera que els contaminants estudiats tenen una biodisponibilitat del 100%
- No es tenen en compte els efectes culinàries i de conservació sobre la concentració dels contaminants
- En el cas de no detectats es considera que la concentració és el límit de detecció analític. Si tots els resultats són no detectats (cas del metilmercuri), seguint les recomanacions de la OMS, es considera que el contaminant no està present en aquella tipologia de mostres.

Per a l'estimació de l'exposició s'ha considerat el consum individual de cada alga, és a dir, considerant que un individu només consumeix un tipus d'alga concret. No s'han avaluat consums mixtos, és a dir, de diferents tipus d'algues.

L'avaluació del risc es fa respecte als valors de seguretat esmentats a l'apartat 7 i se centra en la població adulta, per a la qual considera un pes de 70 kg. Per estimar la contribució de les algues respecte de l'exposició dietètica global als diferents contaminants, aquesta s'ha referenciat a l'exposició estimada de la població catalana segons l'estudi de dieta més recent de l'ACSA.

4.5 Estimació de la ingesta diària d'un contaminant

L'estimació de l'exposició dietètica s'ha calculat per a cadascun dels escenaris plantejats en l'apartat 6, individualment per a cada tipus d'alga i per a cadascun dels contaminants. La ingesta d'un contaminant per a cada tipus d'alga s'ha calculat multiplicant la concentració mitjana del contaminant en cada tipus d'alga per la quantitat ingerida segons els escenaris proposats. A continuació, s'ha dividit o no pel pes corporal i s'han fet les conversions dimensionals necessàries per tal que les unitats resultants siguin directament comparables amb les unitats dels respectius valors de seguretat.

$$\text{Ingesta} = (\text{concentració del contaminant} \times \text{quantitat d'aliment}) / \text{pes corporal}$$

5 Resultats

A la taula 4 es mostren tots els resultats individuals i la primera conclusió és que no es pot generalitzar amb el concepte algues, atès que la variabilitat entre espècies és, en alguns casos, molt marcada. En aquesta diversitat destaca el contingut diferenciat de iode de la kombu, on tots els resultats individuals estan entre 10 i 100 vegades els resultats de totes les altres espècies i el contingut diferenciat de l'arsènic inorgànic en la hiziki, entre 100 i 1000 vegades que els resultats de les altres algues. Una dada destacable és que en cap cas s'ha detectat metilmercuri, mentre si que s'ha detectat mercuri, pel que cal concloure (amb aquestes dades) que cap de les algues estudiades sembla que tingui la capacitat de metilar el mercuri i/o d'acumular-lo en aquesta forma química. Els altres anàlisis (arsènic total, mercuri total, cadmi i plom) tenen una distribució variable entre les diferents espècies d'algues però dins del mateix ordre de magnitud per cadascun dels anàlisis.

Taula 4. Resultats individuals de les mostres analitzades, en mg/kg (sobre matèria natural)

Origen	Tipus	As	InAs	Cd	Pb	Hg	MeHg	Iode
Xina	Agar agar	0,113	0,043	0,013	0,056	0,0022	< 0,0020	1,00
Desconegut	Agar agar deshidratat	0,066	0,041	0,008	0,109	0,0020	< 0,0020	25,5
Bretanya Fr.	Alga dulce deshidratada	9,5	0,31	0,147	0,941	0,0074	< 0,0020	114
Bretanya Fr./ Irlanda	Alga dulce deshidratada	8,8	0,29	0,133	0,94	0,0070	< 0,0020	249
Xile	Cochayuyo deshidratada	16,5	0,148	3,410	0,063	0,0040	< 0,0020	80
Galícia	Enciam de mar deshidratat	2,39	0,137	0,058	0,296	0,0070	< 0,0020	62
Galícia-doll	Enciam de mar deshidratat	3,6	0,095	0,139	0,63	0,008	< 0,0020	54
Galícia	Espagueti de mar deshidratat	37,7	0,080	0,294	0,115	0,0073	< 0,0020	97
Galícia-doll	Espagueti de mar deshidratat	37,7	0,097	0,460	0,083	0,010	< 0,0020	79
Galícia	Flocs deshidratats de Nori	33,9	< 0,030	1,950	0,158	0,0049	< 0,0020	70
Corea del Sud	Fulles de nori deshidratades	31,3	0,057	2,260	0,35	0,011	< 0,0020	80
Japó	Fulles de nori deshidratades	12,3	< 0,030	0,137	0,094	0,014	< 0,0020	14,2

Xina	Fulles de nori deshidratades	21,6	0,136	1,830	0,098	0,010	< 0,0020	37,4
Xina	Fulles de nori deshidratades	15	0,237	3,430	0,116	0,0067	< 0,0020	13,9
Japó	Hiziki deshidratada	85	73	0,880	0,278	0,037	< 0,0020	558
Japó	Hiziki deshidratada	111	98	1,060	0,139	0,024	< 0,0020	701
Corea	Kombu deshidratada	65	0,238	0,260	0,25	0,021	< 0,0020	4428
Galícia	Kombu deshidratada	49,7	< 0,030	0,319	< 0,095	0,025	< 0,0020	4092
Galícia	Kombu deshidratada	52	< 0,030	0,141	0,194	0,016	< 0,0020	5719
Galícia	Kombu deshidratada	44,5	< 0,030	0,075	0,093	0,013	< 0,0020	4815
Galícia-doll	Kombu deshidratada	64	< 0,030	0,696	0,120	0,011	< 0,0020	3288
Japó	Kombu deshidratada	26,4	0,30	0,180	0,032	0,019	< 0,0020	2246
Japó	Kombu deshidratada	121	0,082	1,690	0,024	0,017	< 0,0020	3643
Japó	Kombu deshidratada	96	< 0,030	0,842	0,052	0,024	< 0,0020	4273
Xina	Kombu deshidratada	52	0,136	0,121	0,38	0,040	< 0,0020	3224
Xina	Kombu deshidratada	11,6	< 0,030	0,318	1,86	0,031	< 0,0020	216
Galícia	Molsa de mar deshidratada	12,2	0,115	0,710	0,173	0,0047	< 0,0020	418
Galícia	Molsa de mar deshidratada	18,7	0,093	0,587	0,188	0,0056	< 0,0020	392
Galícia	Molsa d'Irlanda deshidratada	15,3	0,103	0,740	0,58	0,008	< 0,0020	465
Corea	Wakame deshidratat	42,5	< 0,030	2,130	0,37	0,023	< 0,0020	292
Galícia	Wakame deshidratat	39,6	< 0,030	0,177	0,42	0,012	< 0,0020	288
Galícia	Wakame deshidratat	35,8	< 0,030	0,560	0,207	0,011	< 0,0020	113
Galícia	Wakame deshidratat	35,90	< 0,030	0,583	1,32	0,011	< 0,0020	149
Galícia	Wakame natural	2,32	< 0,030	0,134	0,042	0,0021	< 0,0020	8,4
Galícia	Wakame natural	2,6	< 0,030	0,137	0,045	0,0023	< 0,0020	8,3

Per a dur a terme l'avaluació hem fet servir les mitjanes per a cadascuna de les espècies, valors que segueixen les distribucions de concentració que indicaven els valors individuals, tot i que el nombre de casos per a algunes espècies és petit per assegurar que sigui un comportament intraespecífic generalitzat.

Taula 5. Mitjanes dels resultats per espècie, en mg/kg sobre matèria natural

Tipus	As	InAs	Cd	Pb	Hg	MeHg	Iode
Agar agar deshidratat	0,066	0,041	0,0084	0,1090	0,0020	< 0,0020	25,5
Alga dulce deshidratada	9,150	0,301	0,1400	0,9390	0,0072	< 0,0020	181,5
Cochayuyo deshidratada	16,500	0,148	3,4100	0,0630	0,0040	< 0,0020	80,0
Enciam de mar deshidratat	2,995	0,116	0,0985	0,4630	0,0075	< 0,0020	58,0
Espagueti de mar deshidratat	37,700	0,089	0,3770	0,0990	0,0087	< 0,0020	88,0
Fulles de nori deshidratades	22,820	0,098	1,9214	0,1634	0,0093	< 0,0020	43,1
Hiziki deshidratada	98,000	85,700	0,9700	0,2085	0,0305	< 0,0020	629,5
Kombu deshidratada	63,400	0,101	0,4804	0,1387	0,0207	< 0,0020	3969,8
Molsa de mar deshidratada	15,400	0,104	0,6790	0,3130	0,0061	< 0,0020	425,0
Wakame deshidratat	38,450	0,030	0,8625	0,5790	0,0143	< 0,0020	210,5

6 Dades de consum d'algues

Segons les dades de consum de l'enquesta ENALIA 2 (Enquesta nacional d'alimentació en població adulta, gent gran i embarassades a Espanya) de l'Agència Espanyola de Seguretat Alimentària i Nutrició (AESAN), el consum mitjà s'estima en 0,01 g/dia per al global de la població i en 10,39 g/dia en el cas de considerar només els consumidors d'algues. Aquestes valors es deriven només de la resposta de dos consumidors.

Com que no és un aliment bàsic i el seu consum s'ha popularitzat fa relativament poc temps, el consum d'algues és molt variable i se'n disposen poques dades de consum d'acord amb l'enquesta ENALIA, fet pel qual s'ha decidit fer l'avaluació plantejant diferents escenaris de consum d'algues.

Per la mida de les racions es van considerar, d'una banda les recomanacions dels fabricants, de 5 grams per una guarnició i 10 grams per una amanida (15 grams en total) i, de l'altra les recomanacions descrites a les receptes culinàries, de 2 i 4 grams (per guarnició i amanida respectivament, 6 grams en total), sempre parlant respecte a l'alga deshidratada.

Així, per a l'escenari general per a l'avaluació es va considerar que una persona consumís una ració en format guarnició i una en format amanida. Es van considerar les dues mides de racions esmentades (15 grams i 6 grams). La freqüència d'aquest consum es va considerar que podia ser: cada dia (extrem), cada setmana (habitual) o cada mes (ocasional).

Taula 6. Consum d'alga dessecada segons els escenaris generals plantejats

Extrem		Habitual		Ocasional	
15 grams/dia	6 grams/dia	15 grams / setmana	6 grams / setmana	15 grams/mes	6 grams/mes

A més, si l'avaluació ho requereix també es plantejaran escenaris particulars segons les recomanacions o usos específics. De tal manera, en el cas de la kombu i de la hijiki s'han tingut en compte que alguns fabricants fan recomanacions de consum que s'indiquen en els paquets; 0,5 grams al dia en el cas de la kombu; 0,6 grams al dia en el cas de la hijiki. En el cas de la nori també s'ha tingut en compte el seu ús quan es fa servir per a fer sushi (2g per ració, el pes aproximat d'una làmina, que seria el que es fa servir en una ració de sushi).

7 Valors de seguretat

L'avaluació dels risc es basa en la comparació entre l'exposició dietètica calculada i els valors que determinen que una exposició és segura o no.

En el cas del iode els valors de referència que s'han fet servir han estat el valor d'ingesta màxima tolerable (*tolerable upper intake level-UL*) i la ingesta adequada (*adequate intake - AI*).

Taula 7. Ingesta màxima tolerable i ingesta adequada de iode segons l'edat

Valors de referència per al iode*			
Població	Edat	AI	UL
Infants	7-11 mesos	0,070 mg/dia	ND
Nens	1-3 anys	0,090 mg/dia	0,200 mg/dia
Nens	4-6 anys	0,090 mg/dia	0,250 mg/dia
Nens	7-10 anys	0,090 mg/dia	0,300 mg/dia
Nens	11-14 anys	0,120 mg/dia	0,450 mg/dia
Nens	15-17 anys	0,130 mg/dia	0,500 mg/dia
Adults	≥ 18 anys	0,150 mg/dia	0,600 mg/dia
Dones prenyades	≥ 18 anys	0,200 mg/dia	0,600 mg/dia
Dones en lactació	≥ 18 anys	0,200 mg/dia	0,600 mg/dia

*Dades extretes del [DRV Finder d'EFSA](#)

Per a la resta de contaminants, seguint el criteri dels estudis de dieta duts a terme per l'ACSA, els valors de seguretat són els que es fan servir en les avaluacions més recents de l'EFSA per a cadascun dels contaminants.

Així, en el cas de l'arsènic inorgànic es va agafar el límit inferior de la dosi de referència associada a un increment del risc de l'1% (BMDL₀₁) de risc de patir càncer de pulmó, pell i bufeta.

La IST és el paràmetre d'avaluació per al cadmi i el mercuri inorgànic, en ambdós casos pels seus efectes tòxics sobre el ronyó. La IST també és el paràmetre d'avaluació del metilmercuri, en aquest cas pels seus efectes sobre el desenvolupament neuronal en la població infantil i en la fase prenatal.

En el cas del plom l'EFSA considera que cal basar l'avaluació amb els BMDL₀₁ de diferents efectes derivats de la seva concentració en sang. Per a aquest estudi s'ha escollit el nivell d'ingesta de plom associat al BMDL₀₁ referit als efectes sobre el desenvolupament cerebral en nens, l'efecte més sensible sobre la població més vulnerable.

Taula 8. Valor de seguretat per als metalls pesants

Valors de seguretat			
Arsènic inorgànic	BMDL ₀₁	0,3-8 µg/kg pc·dia	EFSA CONTAM Panel, 2009
Cadmi	IST	2,5 µg/kg pc·setmana	EFSA, 2009
Plom	BMDL ₀₁	0,5 µg/kg pc·dia*	EFSA CONTAM Panel, 2010
Mercuri inorgànic	IST	4 µg/kg pc·setmana	EFSA CONTAM Panel, 2012
Metilmercuri	IST	1,3 µg/kg pc·setmana	EFSA CONTAM Panel, 2012

*Ingesta associada a BMDL₀₁ en sang

A més de l'avaluació toxicològica del risc associat al consum d'algues, es va avaluar la contribució de l'exposició als diferents elements associada al consum d'algues respecte de l'exposició dietètica global estimada per a la població catalana en els darrers estudis de dieta total duts a terme per l'ACSA.

Taula 9. Exposició estimada de la població catalana als metalls pesants i al iode

Exposició total estimada per a la població catalana 2017*	
Iode (2015)	0,113 mg/dia
Arsènic inorgànic	0,04 µg/kg pc·dia
Cadmi	0,65 µg/kg pc·setmana
Plom	0,1 µg/kg pc·dia
Mercuri total	0,4 µg/kg pc·setmana

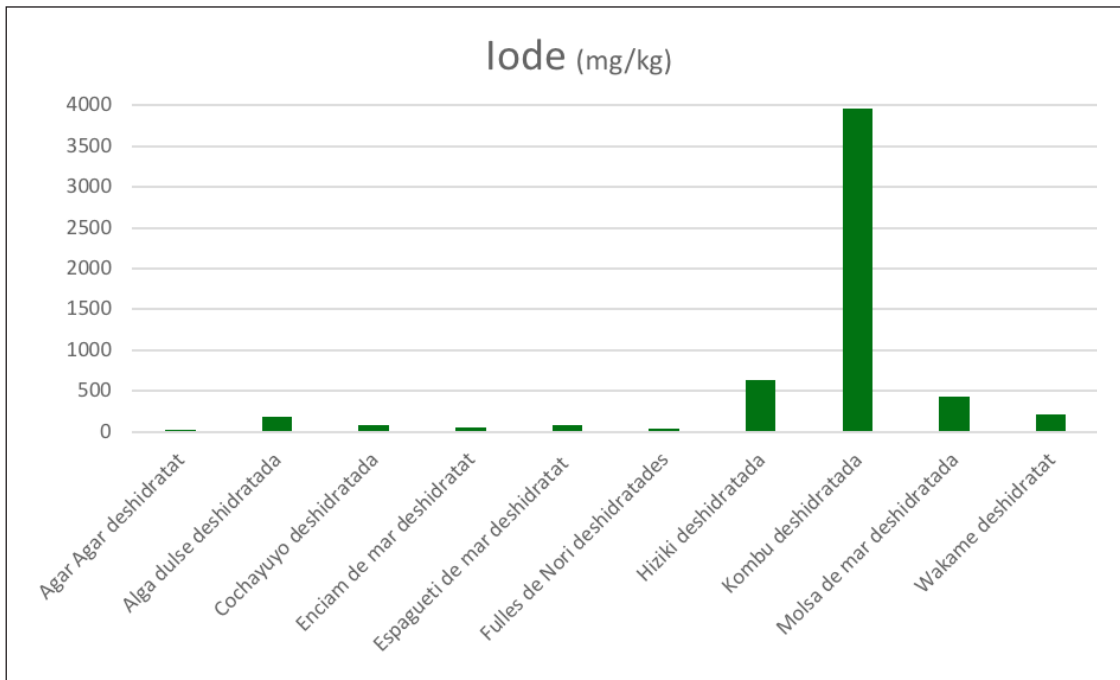
*Dades extretes dels [estudis de dieta total de l'ACSA](#)

8 Iode

Hi ha una llarga història que uneix el consum d'algues per part dels éssers humans i la reducció de la incidència de goll i altres trastorns de la tiroide. La deficiència de iode provoca hipotiroïdisme mentre que l'excés de iode pot induir hiper o hipotiroïdisme. Les algues marines són una font nutricional de iode, especialment a regions on altres aliments en són deficientes, però el contingut de iode en algues marines disponibles comercialment varia enormement segons les espècies.

D'acord amb les dades de l'estudi, la kombu és l'alga amb més iode, amb un valor mitjà de 3970 mg/kg, la hijiki en té 630 mg/kg (16% respecte de la kombu) i les altres tenen menys del 10% respecte la kombu. El contingut en iode de la resta de les algues (les de menys contingut) és superior a la resta d'aliments, d'un a tres ordres de magnitud superior respecte al grup d'aliments amb concentració més elevada (peix i marisc 0,2-1,5 mg/kg).

Figura 1. Contingut mitjà en iode (mg/kg) de les algues analitzades



8.1 Exposició dietètica i avaluació del risc

Seguint la metodologia descrita, les exposicions dietètiques al iode pel consum d'algues en els escenaris de consum plantejats es mostren a la taula 10.

Taula 10. Ingesta estimada de iode (mg/dia) en els escenaris de consum plantejats

Tipus d'alga (deshidratada)	Extrem		Habitual		Ocasional	
	15 grams/ dia	6 grams/ dia	15 grams / setmana	6 grams / setmana	15 grams/ mes	6 grams/ mes
	Ingesta (mg/dia)	Ingesta (mg/dia)	Ingesta (mg/ dia)	Ingesta (mg/dia)	Ingesta (mg/dia)	Ingesta (mg/dia)
Kombu	59,55	23,82	8,51	3,40	1,98	0,79
Hiziki	9,44	3,78	1,35	0,54	0,31	0,13
Molsa de mar	6,38	2,55	0,91	0,36	0,21	0,09
Wakame	3,16	1,26	0,45	0,18	0,11	0,04
Alga dulce	2,72	1,09	0,39	0,16	0,09	0,04
Espagueti de mar	1,32	0,53	0,19	0,08	0,04	0,02
Cochayuyo	1,20	0,48	0,17	0,07	0,04	0,02
Enciam de mar	0,87	0,35	0,12	0,05	0,03	0,01
Fulles de nori	0,65	0,26	0,09	0,04	0,02	0,01
Agar agar	0,38	0,15	0,05	0,02	0,01	0,01

*En vermell es ressalten tots els resultats que superen la UL (0,6 mg/dia) per a una persona adulta, en groc es ressalten tots els resultats que superen la ingesta adequada (0,15 mg/dia) per a una persona adulta

Si es comparen aquestes ingestes amb la UL (ingesta màxima tolerable) fixada per a una persona adulta (0,6 mg/dia) veiem que:

- El consum de kombu provoca una ingesta de iode superior a la UL en tots els escenaris descrits
- El consum extrem (>6 grams al dia) de qualsevol tipus d'alga provoca una ingesta de iode superior a la UL en la majoria dels escenaris, i el límit se supera sempre en el cas de racions grans (15 grams).
- El consum setmanal i mensual d'algues no suposa una ingesta de iode superior a la UL, exceptuant qualsevol consum de kombu i també el consum setmanal de racions grans de hiziki i molsa de mar.

Si es comparen aquestes ingestes amb la AI (ingesta adequada) fixada per a una persona adulta (0,15 mg/dia) veiem que:

- El consum extrem (>6 grams al dia) de qualsevol alga suposa superar aquesta ingesta adequada
- El consum diari de 2 grams d'alga nori en el format d'una ració de sushi (1 ració=2 grams d'alga nori) no supera la ingesta adequada

En l'etiquetatge de molts envasos d'alga kombu hi figura una recomanació d'ús de 0,5 grams per dia. Segons aquesta recomanació s'ha fet un càlcul específic per a la kombu ja que, d'acord amb els escenaris utilitzats en el nostre estudi, tots els consums superen la UL (taula 11). Aquest càlcul inclou les ingestes associades a les concentracions superior i inferior del interval de concentracions trobades.

Taula 11. Ingesta estimada de iode (mg/dia) d'acord amb la recomanació de consum de kombu d'alguns operadors (0,5 grams/dia)

Kombu	Extrem	Habitual	Ocasional
	0,5 grams dia	0,5 grams setmana	0,5 grams mes
	Ingesta (mg/dia)	Ingesta (mg/dia)	Ingesta (mg/dia)
Valor màxim	2,860	0,409	0,095
Mitjana	1,9849	0,2836	0,0662
Valor mínim	1,1230	0,1604	0,0374

*En vermell es ressalten tots els resultats que superen la UL (0,6 mg/dia) per a una persona adulta, en groc es ressalten tots els resultats que superen la ingesta adequada (0,15 mg/dia) per a una persona adulta

Comparant els valors de la ingesta estimada de iode d'acord amb a la recomanació de consum de kombu (0,5 grams al dia) amb la UL fixada per a una persona adulta (0,6 mg/dia) veiem que:

- El consum de 0,5 grams al dia de kombu suposa una ingesta de iode superior a la UL, tant en el valor màxim com en el mínim de totes les concentracions individuals trobades. El consum setmanal d'aquesta quantitat (0,5 grams) de kombu suposa una ingesta de iode que no supera la UL però sí que supera la ingesta adequada (AI) per a una persona adulta (0,15 mg/dia) en qualsevol de les concentracions trobades.

8.2 Contribució de les algues a l'exposició dietètica total de iode de la població de Catalunya

A més de l'avaluació del risc, per a totes les algues amb excepció de la kombu, s'ha estimat l'efecte de la incorporació d'algues a la dieta respecte a l'exposició dietètica de la població catalana al iode. D'acord amb les dades de l'Estudi de dieta total a Catalunya, la ingesta de iode d'una persona adulta és de 0,113 mg/dia, valor molt proper a l'AI de iode, i per tant, hi ha moltes situacions de consum d'algues que fan que es superi aquest valor recomanat. Així si sumem les ingestes derivades dels escenaris de consum plantejats (taula 10) amb la ingesta global estimada per les persones catalanes adultes (0,113 mg/dia) veiem que:

- El consum setmanal de 15 grams d'algues que no siguin kombu suposa un increment d'ingesta global de iode que fa que se superi la ingesta adequada per als adults (0,150 mg/dia) i per a les dones gestants i en lactació (0,200 mg/dia), però en cap cas no es supera la UL amb un consum de només 6 grams setmanals.

Tenint en compte aquesta incidència en l'exposició de la població adulta, també s'ha fet una estimació de la ingesta per als nens i adolescents (<17anys). Com en el cas dels adults, la seva ingesta de iode associada a la dieta és molt propera als valors recomanats d'AI. Tanmateix cal tenir present que per als nens i adolescents els valors de seguretat són menors (UL entre 0,200 mg/dia i 0,500 mg/dia) (AI entre 0,070 mg/dia i 0,130 mg/dia). Així s'han combinant les ingestes associades a la dieta total i les associades als escenaris generals plantejats en aquest estudi¹, i el resultat s'ha comparat amb la ingesta adequada (AI) i la ingesta màxima tolerada (UL). En aquest càlcul no s'ha tingut en compte la kombu atès que és evident, veient els càlculs en la població adulta, que la ingesta de la població infantil supera la UL.

Taula 12. Estimació de la incidència de la incorporació d'algues a la dieta en el grup d'edat de 10 a 19 anys*

Tipus	Consum	Ingesta iode (mg/dia)		
		Associada al consum d'algues	Dieta sense algues	Dieta amb algues
Hiziki	6 grams/mes	0,130	0,108	0,238
Molsa de mar		0,085		0,193
Wakame		0,042		0,150
Alga dolça		0,036		0,144
Espagueti de mar		0,018		0,126
Cochayuyo		0,016		0,124
Enciam de mar		0,012		0,120
Fulles de nori		0,009		0,117
Agar agar		0,005		0,113

*Es presenta aquesta taula com a mostra dels càlculs efectuats, que no es poden presentar en la seva totalitat en el format de document actual

¹ El nombre i la diferent composició dels grups d'edat entre l'estudi de dieta i els valors de referència fa que la presentació dels càlculs efectuats per aquest apartat no es pugui mostrar globalment en el format del document actual, fet pel qual presentem un extracte significatiu d'un dels casos (taula 12).

De la revisió de les estimacions en els grups d'edat inferiors a 17 anys s'observa que:

- La dieta global dels nens de 4 a 9 anys ja suposa una ingesta de iode que supera l'AI, i qualsevol incorporació d'algues a la dieta augmenta l'exposició, de tal manera que la ingesta setmanal de 15 grams de qualsevol alga suposa superar la UL establerta
- Per als grups d'edat d'11 a 17 anys, la incorporació d'algues a la dieta suposa superar la AI de 0,130 (mg/dia) en tots els casos plantejats (excepte en els casos mostrats a la taula 12 de consum ocasional de racions petites d'algunes algues -6 g/mes-).
- En els grups d'edat d'11 a 17 anys el consum setmanal de les algues que tenen més iode (kombu, a banda), hiziki, molsa de mar i wakame, suposa superar el valor màxim tolerable (UL).

8.3 Consideracions de l'avaluació del risc respecte del iode

D'acord amb tot el que s'ha exposat anteriorment es fan les consideracions següents:

- El consum d'una ració de kombu diària, setmanal o inclús mensual representa superar el valor de seguretat. La recomanació de 0,5 grams al dia que figura en algunes etiquetes de productes comercialitzats, també suposa la superació del valor de seguretat (UL).
- Respecte a la resta de les algues, el consum setmanal de 6 grams suposa una ingesta que en molts casos supera la AI, però no es supera la UL en la població adulta.
- Respecte a les dones en lactació o gestants el consum setmanal d'algues de les racions plantejades suposa en alguns casos la superació dels valors d'ingesta adequada (0,20 mg/dia) pel que es recomana que en general se'n faci una ingesta ocasional.
- Respecte dels grups d'edat menors de 18 anys, incorporar les algues a la dieta, en tots els escenaris estudiats, suposa una ingesta de iode superior a les recomanacions d'ingesta diàries (AI) i en alguns casos de consum setmanal la superació de la UL, així que aquests grups se n'haurien d'abstenir o fer-ne un consum molt ocasional i selectiu (menys d'un cop al mes).

- Respecte al grup d'edat de 4 a 7 anys, on la ingesta associada a la dieta total ja supera la AI, un consum setmanal de qualsevol alga, i algun consum mensual, suposa superar la UL en la gran majoria dels casos.
- Sobre aquesta avaluació cal tenir en compte que en el cas del iode està clarament documentat que el tractament culinari per calor pot suposar una disminució entre el 28% i el 60%, i en coccions molt llargues fins el 99%. En el cas que les algues no es consumeixin crues aquest aspecte s'hauria de tenir en compte i suposaria una disminució de l'exposició.

8.4 Límits legals i recomanacions d'altres organismes

L'AESAN (2012) recomana adoptar un límit de contingut màxim en algues de 2000 mg/kg de pes sec independentment de l'espècie i aconsellar un consum moderat, especialment els nens petits i les dones gestants, per evitar superar els valors màxims recomanats. Amb aquests valor de contingut màxim cap alga kombu de les que hem estudiat es podria comercialitzar, a més amb continguts inferiors també es donen situacions de risc en els escenaris que hem plantejat.

L'ANSES diu que el límit legalment establert a França (2000 mg/kg de pes sec) no impedeix que encara hi hagi risc de superar el nivell de seguretat (UL), fins i tot amb la recomanació de consum de 0,5 grams al dia. Veient la diversitat de contingut en iode, recomana identificar clarament l'espècie i detallar-ne el contingut en iode en el moment de la comercialització. Recomana que evitin el consum les poblacions vulnerables (persones amb disfunció tiroïdal, cardiopaties o insuficiència renal; persones que estiguin en tractament amb medicaments a base de iode i/o liti; dones gestants o que estiguin alletant) i en cas d'infants recomana ser prudent en el seu consum perquè no se n'ha pogut caracteritzar completament el risc. També avisa que el consum d'algues (en qualsevol format: fresques, seques, en complements, etc.) no és pertinent per corregir la deficiència de iode.

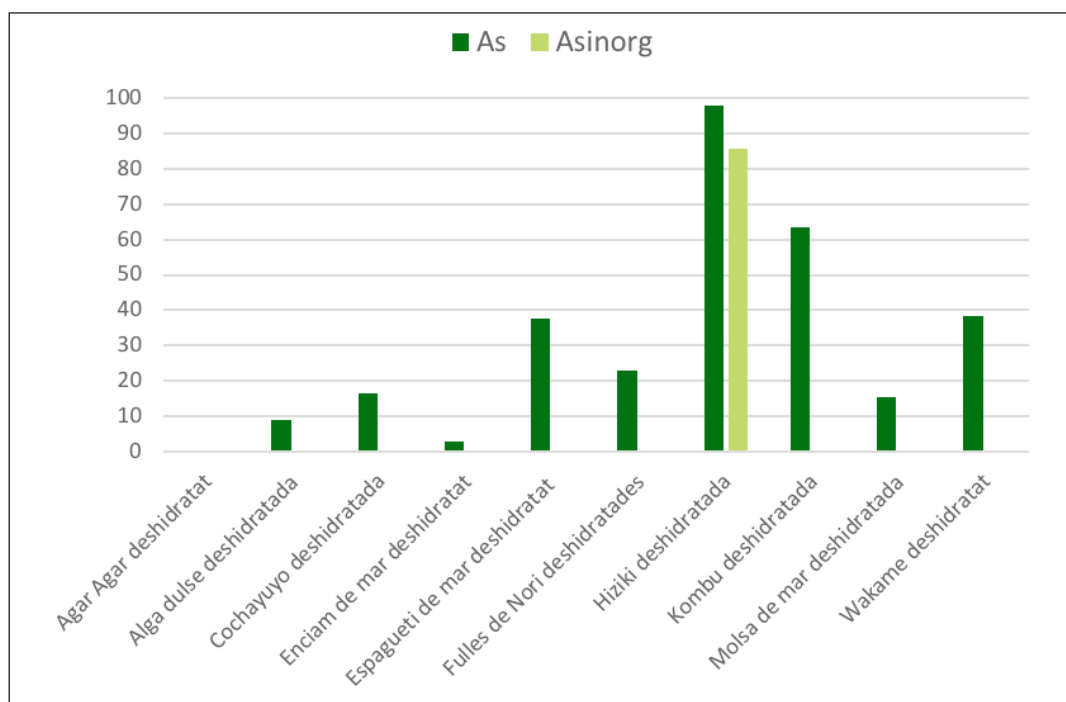
A més, la normativa francesa va fixar la dosi màxima diària de iode a 150 µg en complements alimentosos.

L'Institut Federal per a l'Avaluació de Riscos d'Alemanya (BfR, 2004) recomana que s'haurien d'establir uns valors màxims a escala europea i que els productors haurien de basar el consum diari màxim segons el contingut de iode del seu producte i la ingesta diària adequada, ja que consideren que és l'única manera que els consumidors puguin saber la ingesta de iode degut al consum d'aquest tipus de producte. El BfR recomana un consum diari màxim de 500 µg/dia i una concentració màxima de 20 mg/kg de iode en algues seques per al consum. Aquest valor tan restrictiu per al consum a Alemanya està motivat pel risc que suposaria una eventual i sobtada ingesta elevada de iode en regions endèmiques de deficiència de iode, com és el cas d'Alemanya. Amb aquest valor només 5 algues de les 37 estudiades podrien haver estat comercialitzades.

9 Arsènic

L'arsènic és un element químic present de forma natural en el sòl, en l'aigua i en les plantes, és un metal·loide que té valències diferents (-3,0,+3,+5), de manera que en la natura es troben molts compostos arsenicals amb diferents característiques químiques i tòxiques. Les formes inorgàniques són les més tòxiques, especialment les que són, a més, trivalents. Les plantes terrestres poden absorbir aquest arsènic del sòl o de l'aigua contaminats a través de les arrels o de l'aire, a partir de les partícules contaminades que es dipositen sobre les fulles. Les formes orgàniques, que són molt poc tòxiques, es troben principalment en els organismes marins. Així, com altres organismes marins, les algues també transformen a formes orgàniques la majoria de l'arsènic inorgànic que absorbeixen. Veient els valors trobats sembla que totes les algues tenen aquesta capacitat, excepte la hijiki, perquè acumula una gran quantitat d'arsènic inorgànic. La hijiki és l'alga que amb molta diferència té més arsènic inorgànic (86 mg/kg), ja que les altres tenen com a molt el 0,4% respecte la hijiki. Tot i això el valor de la majoria de les algues (exceptuant hijiki) és similar a l'aliment amb un contingut més elevat d'arsènic inorgànic, l'arròs (0,151 mg/kg).

Figura 2. Distribució de l'arsènic total i inorgànic en les diferents espècies d'algues (mg/kg)



9.1 Exposició dietètica i avaluació del risc de l'arsènic inorgànic

L'arsènic inorgànic és la forma més tòxica i seguint el criteri de l'estudi de dieta total, només s'ha d'avaluar l'exposició a l'arsènic inorgànic.

Tenint en compte els escenaris de consum explicat anteriorment la taula 13 mostra les exposicions a arsènic inorgànic per a un individu de 70 kg.

Taula 13. Exposicions a l'arsènic inorgànic ($\mu\text{g}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$) en els escenaris plantejats

Tipus d'alga (deshidratada)	Extrem		Habitual		Ocasional	
	15 grams/ dia	6 grams/ dia	15 grams / setmana	6 grams / setmana	15 grams/ mes	6 grams/ mes
	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)
Hiziki o hijiki	18,364	7,346	2,623	1,049	0,612	0,245
Alga dulce	0,064	0,026	0,009	0,0037	0,0021	0,0009
Cochayuyo	0,032	0,013	0,005	0,0018	0,0011	0,0004
Enciam de mar	0,025	0,010	0,004	0,0014	0,0008	0,0003
Molsa de mar	0,022	0,009	0,003	0,0013	0,0007	0,0003
Kombu	0,022	0,009	0,003	0,0012	0,0007	0,0003
Fulles de nori	0,021	0,008	0,003	0,0012	0,0007	0,0003
Espagueti de mar	0,019	0,008	0,003	0,0011	0,0006	0,0003
Agar agar	0,009	0,004	0,0013	0,0005	0,0003	0,0001
Wakame	0,006	0,003	0,0009	0,0004	0,0002	0,0001

*En vermell es ressalten tots els resultats que superen el valor de seguretat ($0,3 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)

Considerant els escenaris de consum plantejats i d'acord amb el valor de seguretat, el límit inferior del BMDL₀₁ (0,3 µg/kg pc·dia), s'observa que:

- El consum de l'alga hiziki comporta una ingesta d'arsènic inorgànic que supera el valor de seguretat en la majoria dels escenaris generals plantejats. Només en el cas del consum mensual de racions petites (6 grams/mes) no se supera el valor de seguretat
- El consum de la resta d'algues comporta una ingesta d'arsènic inorgànic entre 10 i 100 vegades inferior al valor de seguretat.
- Pel consum extrem de racions grans d'alga dulce (el pitjor cas si no es té en compte la hiziki) suposa una ingesta de 0,064 µg/kg pc i dia que sumat a l'exposició dietètica total de la població catalana (0,04 µg/kg pc i dia) suposa només el 30% del valor de seguretat.

La hiziki té, segons el que s'indica en alguna etiqueta, una recomanació d'ús de 0,6 grams per dia, fet pel qual s'ha fet un càlcul específic (taula 14) i on s'observa que:

- La recomanació d'alguns productors de limitar el consum de hiziki a 0,6 grams al dia suposa una ingesta d'arsènic inorgànic superior al valor de seguretat.
- Amb un consum de 0,6 g/setmana no se supera el valor de seguretat.

Taula 14. Exposicions a arsènic inorgànic (µg/kg pc·dia) segons a la recomanació de consum d'alguns productors

Tipus d'alga (deshidratada)	Extrem	Habitual	Ocasional
	0,6 grams/dia	0,6 grams /setmana	0,6 grams /mes
	Exposició (µg/kg·dia)	Exposició (µg/kg·dia)	Exposició (µg/kg·dia)
Hiziki	0,7346	0,1049	0,0245

*En vermell es ressalten tots els resultats que superen el valor de seguretat (0,3 µg/kg pc·dia)

9.2 Avaluació del risc de l'arsènic inorgànic (

D'acord a tot el que s'ha exposat anteriorment es fan les consideracions següents:

- En el cas de la hijiki, la recomanació que fan diversos productors de consumir un màxim, de 0,6 grams al dia, suposa la superació del valor de seguretat.
- El consum de 0,6 grams de la hijiki a la setmana no supera el valor de seguretat. Considerant la ingesta total d'arsènic inorgànic estimada d'acord amb el darrer estudi de dieta total a Catalunya, tampoc es superaria el valor de seguretat.
- La incorporació a la dieta d'algues, que no siguin hijiki, no suposa cap una variació significativa de l'avaluació del risc de la ingesta d'arsènic inorgànic.
- Respecte d'aquesta avaluació cal tenir en compte, a diferència del iode, que el tractament culinari per calor no suposa una disminució del contingut per evaporació, tot i que si hi ha cocció i no s'absorbeix tota l'aigua, part de l'arsènic podria lixiviar-se i no ingerir-se si es rebutgés l'aigua de cocció.

9.3 Límits legals i recomanacions d'altres organismes

L'AESAN (2012) recomana no consumir hijiki i escollir altres tipus d'algues.

El Consell Superior de Salut de Bèlgica recomana evitar el consum de hijiki i restringeix el consum d'altres algues a 7 grams al dia (en format deshidratat). Alhora recomana que nens i dones gestants no consumeixin algues, almenys en format de complement alimentari. Recomana no ingerir els líquids de cocció de les algues, atès que s'hi troba l'arsènic que ha migrat de les algues cuinades. Recomana estar atent que la dieta normal no aporti un nivell alt d'arsènic i a no tenir un consum elevat dels aliments que aporten arsènic inorgànic (arròs, algues i derivats). En l'avaluació del risc s'estableix que el consum de hijiki pot suposar un increment d'ingesta d'arsènic inorgànic entre 50 i 150 vegades, i que si ens donessin aquests valors d'exposició hi hauria efectes tòxics a curt i llarg termini.

A França el contingut màxim d'arsènic total està fixat en 3 mg/kg de pes sec, amb aquest criteri cap alga de les analitzades en aquest estudi (tret de l'agar) es podria haver comercialitzat. Caldria que, tal com recomanen a Bèlgica, la legislació parlés d'arsènic inorgànic.

A Irlanda, el FSAI recomana limitar el consum de hijiki i, si és possible, consumir altres algues.

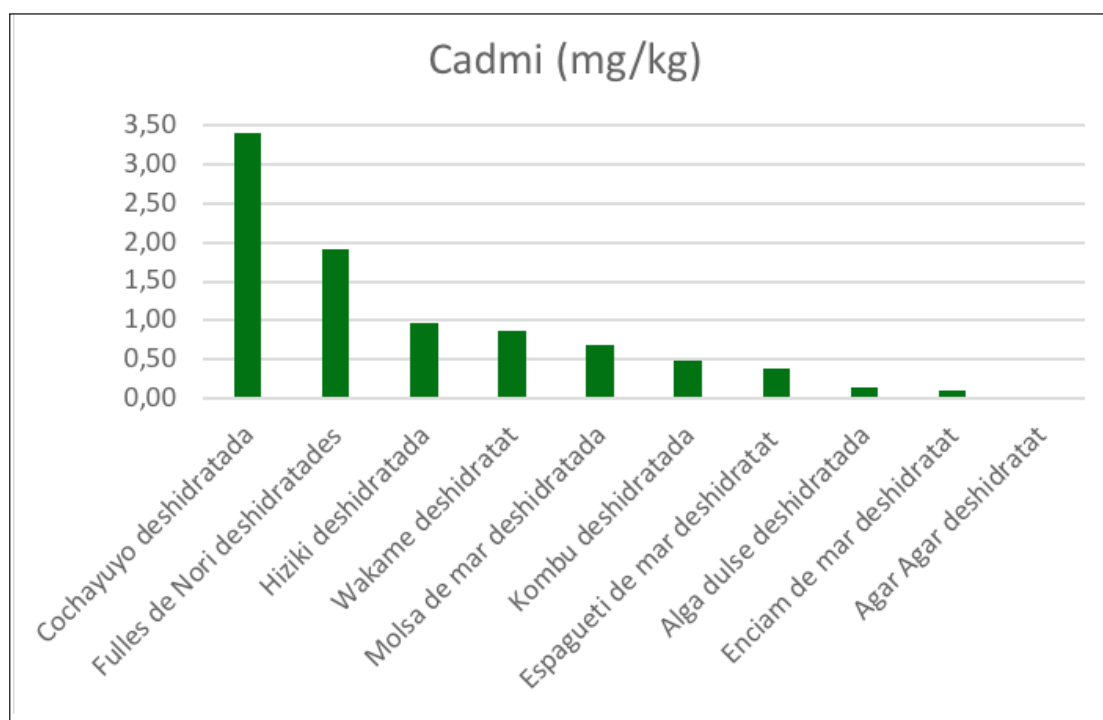
Segons Food Standards (Austràlia, Nova Zelanda) si el contingut d'arsènic inorgànic és inferior a 1 mg/kg de pes sec, el consum d'algues és poc probable que tingui cap tipus d'impacte en l'exposició a l'arsènic. Totes les algues estudiades, excepte la hijiki i la nori, compleixen aquest criteri. L'alga hijiki està qualificada com a aliment de risc pel seu contingut en arsènic i té un seguiment especial en els controls a la frontera.

El CFS (Hong Kong) recomana als consumidors evitar el consum de hijiki i evitar triar l'hijiki com a ingredient alimentari.

10 Cadmi

El cadmi és un metall que es troba en l'escorça terrestre i que s'allibera al medi ambient a partir de fonts naturals i pels seus usos en processos industrials, on es propaga per sòls i aigües d'on és captat pels vegetals. Alguns vegetals, com certs cereals concentren selectivament el cadmi. En el cas de les algues es troben valors mitjans de cadmi iguals o superiors al diferents aliments que més cadmi contenen (peix i marisc 0,117 mg/kg), algunes de les quals en tenen entre 5 i 25 vegades més. La cochayuyo (3,4 mg/kg) és l'alga que conté més cadmi, seguida de la nori que també en té un contingut destacat (1,9 mg/kg). Les altres algues no en tenen tant però el seu contingut en cadmi supera en un ordre de magnitud el contingut mitjà de la resta d'aliments que en contenen.

Figura 3. Contingut de cadmi en les diferents espècies d'algues (mg/kg)



10.1 Exposició dietètica i avaluació del risc del cadmi

Tenint en compte els escenaris de consum explicat anteriorment presentem les exposicions a cadmi per a un individu de 70 kg en els escenaris de consum d'algues plantejats (taula 15).

Taula 15. Exposicions al cadmi ($\mu\text{g}/\text{kg}$ pc-setmana) en els supòsits de consum habitual i ocasional

Tipus d'alga (deshidratada)	Extrem		Habitual		Ocasional	
	15 grams/dia	6 grams/dia	15 grams / setmana	6 grams / setmana	15 grams/ mes	6 grams/mes
	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)
Cochayuyo	5,1150	2,0460	0,7307	0,2923	0,1705	0,0682
Nori	2,8821	1,1528	0,4117	0,1647	0,0961	0,0384
Hiziki	1,4550	0,5820	0,2079	0,0831	0,0485	0,0194
Wakame	1,2938	0,5175	0,1848	0,0739	0,0431	0,0173
Molsa de mar	1,0185	0,4074	0,1455	0,0582	0,0340	0,0136
Kombu	0,7207	0,2883	0,1030	0,0412	0,0240	0,0096
Espagueti de mar	0,5655	0,2262	0,0808	0,0323	0,0189	0,0075
Alga dulce	0,2100	0,0840	0,0300	0,0120	0,0070	0,0028
Enciam de mar	0,1478	0,0591	0,0211	0,0084	0,0049	0,0020
Agar Agar	0,0126	0,0050	0,0018	0,0007	0,0004	0,0002

*En vermell es ressalten tots els resultats que superen el valor de seguretat

De les exposicions presentades en la taula anterior en podem concloure que:

- Només el consum extrem de racions grans de les dues algues que contenen més cadmi (cochayuyo i nori) comporta la superació del valor de seguretat (IST=2,5 µg/kg pc·setmana)
- El consum extrem (diari) de qualsevol alga suposa, en la majoria dels casos, un increment significatiu (>20%) de l'exposició dietètica respecte de la ingesta estimada en l'estudi de dieta total a Catalunya (0,65 µg/kg pc·setmana). Això també es dona en el consum habitual (setmanal) de les algues cochayuyo i nori.
- En el cas dels grups d'edats menors de 10 anys, l'estudi de dieta total indica que l'exposició dietètica (2,42-2,78 µg/kg pc·setmana) és molt propera a la IST fet pel qual la ingesta d'algues pot suposar un increment d'exposició que agreugi la situació en aquests grups de població.

Com que la nori s'utilitza en l'elaboració del de sushi, s'ha fet un càlcul específic de l'exposició per a aquest ús (taula 16), tot considerant que en aquesta presentació el consum és de 2 grams per ració. D'aquest càlcul s'observa que:

- El consum de sushi no comporta la superació del valor de seguretat establert per al cadmi en cap dels escenaris plantejats.
- Només el consum diari (extrem) de sushi comportaria un augment significatiu (60%) de l'exposició al cadmi respecte de la ingesta estimada en l'estudi de dieta total a Catalunya.

Taula 16. Exposicions a cadmi (µg/kg pc·setmana) per consum de sushi

Tipus d'alga (deshidratada)	Extrem	Habitual	Ocasional
	2 grams/dia	2 grams/setmana	2 grams/mes
	Exposició (µg/kg·setmana)	Exposició (µg/kg·setmana)	Exposició (µg/kg·setmana)
Fulles de Nori	0,3843	0,0549	0,0128

10.2 Avaluació del risc del cadmi

D'acord amb tot el que s'ha exposat anteriorment es fan les consideracions següents:

- Exceptuant el consum diari (extrem) de cochayuyo i nori (que no sigui al sushi), el consum d'algues no suposa un risc respecte a la ingesta de cadmi
- El consum de sushi no suposa un risc respecte a la ingesta de cadmi en cap dels escenaris plantejats
- Un consum ocasional o habitual de racions moderades no suposaria un increment significatiu, excepte potser el cas de la nori (que no sigui al sushi) i la cochayuyo.
- L'estudi de dieta total indica que els grups d'edat menor a 10 anys estan en el llindar de seguretat establert per al cadmi, motiu pel qual caldria recomanar una limitació en el consum per a aquests grups d'edat.

10.3 Límits legals i recomanacions d'altres organismes.

A França el contingut màxim de cadmi està fixat en 0,5 mg/kg de pes sec. Amb aquest criteri, només 16 de 35 (46%) de les algues analitzades en aquest estudi es podrien haver comercialitzat.

El Reglament 1881/2006 regula el cadmi en complements compostos exclusivament o principalment d'algues marines dessecades i n'estableix un contingut màxim de 3 mg/kg.

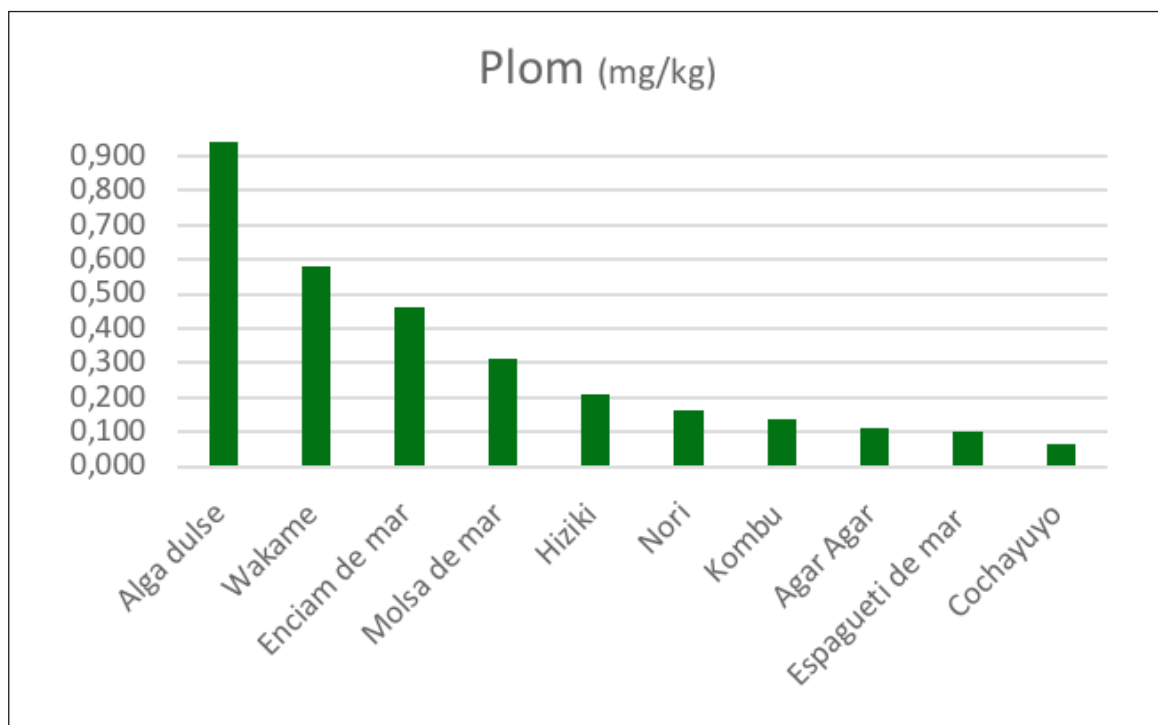
11 Plom

42

Plom

El plom (Pb) és un element abundant a la natura i ha tingut diversos usos domèstics i industrials motius pels quals té una distribució àmplia en el medi ambient pel que no ens hauria d'estranyar la seva presència en els aliments. Tot i això, sembla que les algues tinguin una capacitat especial per acumular-ne ja que, en general, el seu contingut en Pb és alt comparat amb la resta d'aliments. Les algues en tenen, com a mínim, 10 vegades més que la gran majoria d'aliments (0,002-0,010 mg/kg). L'alga dulce és l'alga amb més contingut de plom (0,94 mg/kg).

Figura 4. Contingut en plom (mg/kg) de les algues analitzades



11.1 Exposició dietètica, avaluació del risc i recomanacions per al plom

Tenint en compte els escenaris de consum plantejats es presenten les ingestes diàries estimades de plom per a un individu de 70 kg (taula 17).

Taula 17. Ingestes de plom ($\mu\text{g}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$) en els supòsits de consum extrem, habitual i ocasional

Tipus d'alga (deshidratada)	Extrem		Habitual		Ocasional	
	15 grams/dia	6 grams/dia	15 grams / setmana	6 grams / setmana	15 grams/ mes	6 grams/mes
	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$)
Alga dulce	0,2012	0,0805	0,0287	0,0115	0,0067	0,0027
Wakame	0,1241	0,0496	0,0177	0,0071	0,0041	0,0017
Enciam de mar	0,0992	0,0397	0,0142	0,0057	0,0033	0,0013
Molsa de mar	0,0671	0,0268	0,0096	0,0038	0,0022	0,0009
Hiziki	0,0448	0,0179	0,0064	0,0026	0,0015	0,0006
Fulles de Nori	0,0349	0,0140	0,0050	0,0020	0,0012	0,0005
Kombu	0,0298	0,0119	0,0043	0,0017	0,0010	0,0004
Agar Agar	0,0234	0,0093	0,0033	0,0013	0,0008	0,0003
Espagueti de mar	0,0212	0,0085	0,0030	0,0012	0,0007	0,0003
Cochayuyo	0,0135	0,0054	0,0019	0,0008	0,0005	0,0002

*En vermell els valors que, segons el criteri d'EFSA, no es poden descartar d'efectes adversos

De les exposicions presentades en la taula anterior en podem concloure que:

- El consum d'algues no representa, en cap escenari, una ingesta de plom superior al valor de seguretat ($\text{BMDL}_{01} = 0,5 \mu\text{g}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$).
- El consum habitual (setmanal) i ocasional (mensual) d'algues no suposa cap increment significatiu de l'exposició dietètica al plom, tret del consum habitual de racions grans d'alga dulce i wakame que incrementa un 30% la ingesta de plom respecte de la dieta global.
- No obstant això, EFSA considera que un $\text{MoE} > 10$ no suposa un motiu de preocupació. Per tant, ingestes superiors a $0,05 \mu\text{g}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$, valor 10 vegades inferior al BMDL_{01} , no es poden de considerar segures.
- La ingesta mitjana de plom associada a la dieta total de la població catalana és de $0,1 \mu\text{g}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$, valor que suposa un MoE inferior al que EFSA considera que no representa un risc per a la salut.

- Per tant, malgrat que l'increment de l'exposició dietètica al plom en la població general associat a la incorporació d'algues a la dieta no suposa un increment significatiu de la ingesta total, cal tenir en compte l'aportació de plom derivat del consum d'algues en les grups vulnerables, com els menors de 10 anys i les dones gestants pels efectes del plom sobre el desenvolupament neuronal.

Així doncs, l'increment de l'exposició dietètica al plom en la població general associat a la incorporació d'algues a la dieta no suposa cap variació significativa en l'avaluació del risc, però atenent a que cal una disminució global de la ingesta d'aquest contaminant i a la seva especial vulnerabilitat, es recomana que grups d'edat menors de 10 anys i dones embarassades en facin un consum molt moderat o se n'abstinguin.

11.2 Límits legals i recomanacions d'altres organismes

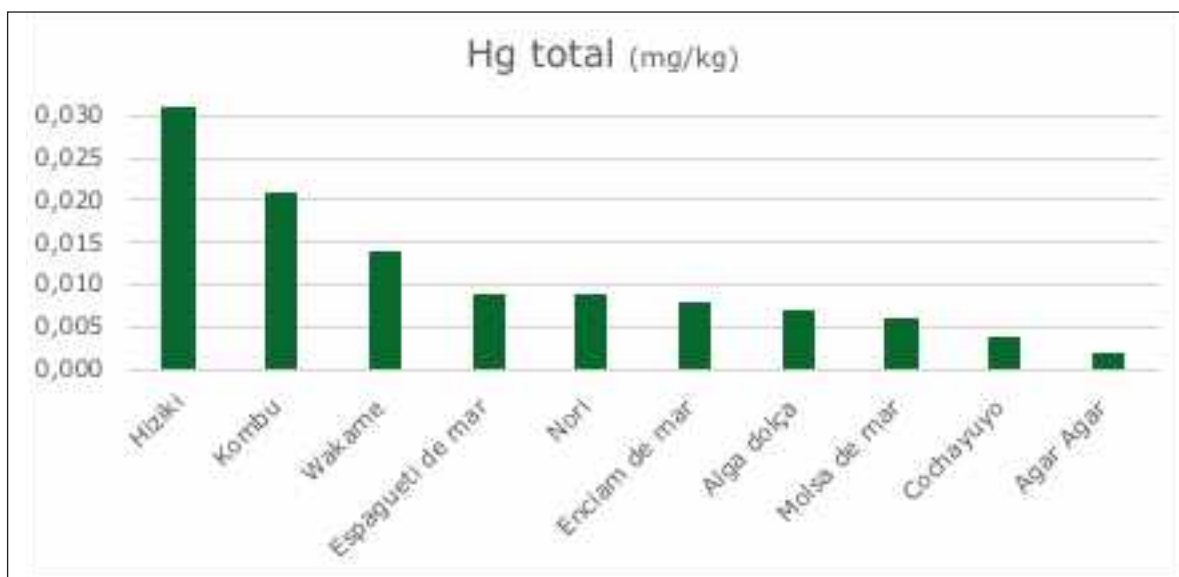
A França el contingut màxim de plom en algues està fixat en 5 mg/kg de pes sec, amb aquest criteri totes les algues analitzades en aquest estudi es podrien haver comercialitzat.

12 Mercuri

El mercuri (Hg) s'ha disseminat com a contaminant ambiental a partir de processos naturals, com erupcions de volcans, per la seva presència en piles, termòmetres i amalgames d'ús dental i sobretot pels seus usos en mineria i l'obtenció d'electricitat per la combustió de carbó. Tot el mercuri de les emissions es diposita a la superfície terrestre en forma de mercuri inorgànic. El que arriba als medis aquàtics pot ser transformat per bacteris i microalgues aquàtiques en mercuri orgànic, metilmercuri, que per la cadena tròfica es bioacumula i es bioconcentra en els grans peixos predadors.

No s'ha detectat metilmercuri en cap de les mostres analitzades (Límit de detecció analític 0,0020 mg/kg). En vista d'aquests resultats, no es du a terme cap avaluació del metilmercuri.

Figura 5. Contingut en mercuri total (mg/kg) de les algues analitzades



12.1 Exposició dietètica, avaluació del risc i recomanacions per al mercuri

Tenint en compte els escenaris de consum explicats anteriorment presentem les exposicions a mercuri total per a un individu de 70 kg en els supòsits de consum extrem, habitual i ocasional de racions grans d'algues (taula 18). En aquest cas no es presenta el càlcul per a les racions moderades (6 grams) atès que no és necessari, ja que la ingesta associada al consum de racions grans aporta tota la informació per arribar a les conclusions.

Taula 18. Exposicions al mercuri ($\mu\text{g}/\text{kg pc}\cdot\text{setmana}$) en els supòsits de consum extrem, habitual i ocasional (

Tipus d'algua (deshidratada)	Extrem	Habitual	Ocasional
	15 grams/dia	15 grams /setmana	15 grams /mes
	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)	Exposició ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{setmana}$)
Hijiki	0,0465	0,0066	0,0016
Kombu	0,0315	0,0045	0,0011
Wakame	0,0210	0,0030	0,0007
Espagueti de mar	0,0135	0,0019	0,0005
Fulles de nori	0,0135	0,0019	0,0005
Enciam de mar	0,0120	0,0017	0,0004
Alga dolça	0,0105	0,0015	0,0004
Molsa de mar	0,0090	0,0013	0,0003
Cochayuyo	0,0060	0,0009	0,0002
Agar agar	0,0030	0,0004	0,0001

De les exposicions presentades en la taula anterior en podem concloure que:

- El consum d'algues no representa, en cap escenari, una ingesta de mercuri total significativa respecte al valor de seguretat (IST = $4 \mu\text{g}/\text{kg pc}\cdot\text{setmana}$). L'exposició més elevada, associada al consum extrem i racions grans a l'algua hijiki, només suposa un 1,8% de la IST.
- La contribució de les algues a la ingesta de mercuri en la dieta de la població catalana suposa, en el cas de l'algua hijiki i considerant un consum extrem, un increment del 11,6%, modificant l'exposició estimada d'acord amb l'Estudi de dieta total a Catalunya de $0,4 \text{ mg}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$ a $0,45 \text{ mg}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$, valor molt inferior al valor de seguretat de $4 \text{ mg}/\text{kg pc}\cdot\text{dia}$ establert per l'EFSA.
- El consum d'algues no representa, en cap escenari, un increment significatiu de la ingesta de mercuri total.

12.2 Límits legals i recomanacions d'altres organismes

A França el contingut màxim de mercuri està fixat en $0,1 \text{ mg}/\text{kg}$ de pes sec, amb aquest criteri totes de les algues analitzades en aquest estudi es podrien haver comercialitzat.

13 Conclusions generals i recomanacions

La primera consideració és que quan es parla de les algues respecte als contaminants estudiats no es pot generalitzar i cal diferenciar les recomanacions per espècies, en de cada contaminant atès que diferents algues acumulen diferents contaminants.

Respecte a l'alga **kombu**:

- L'alga kombu es caracteritza per presentar altes concentracions de iode (3969,8 mg/kg). El consum d'una ració diària, setmanal i inclús mensual d'aquesta alga representa superar el valor de seguretat UL.
- Cal tenir en compte que el tractament culinari per calor pot suposar, per evaporació, la pèrdua d'un percentatge important (fins al 60%) del contingut en iode. Tot i aquesta disminució, la ingesta teòrica estimada seguiria superant el valor de seguretat, en els escenaris plantejats i en la recomanació dels productors.
- El seu consum s'hauria de restringir per la població adulta. Els grups de població vulnerable com persones amb disfunció tiroïdal, malaltia cardíaca, insuficiència renal o tractats amb medicaments amb iode o litis i dones embarassades/en lactació no l'haurien de consumir.

Respecte a l'alga **hijiki**:

- L'alga hijiki té una concentració molt elevada d'arsènic inorgànic (85,7 mg/kg). El consum d'una ració diària, setmanal o mensual suposa superar el valor de seguretat. La recomanació de 0,6 grams al dia que figura en algunes etiquetes de productes comercialitzats, també suposa la superació del valor de seguretat, fet pel qual s'hauria de consumir de manera molt ocasional o no consumir-la.
- Alguns països recomanen no consumir-la o fixen continguts màxims d'arsènic.
- En el cas de l'avaluació de l'arsènic cal mencionar que un tractament culinari on l'aigua de cocció i/o rentat no s'aprofités podria disminuir l'exposició estimada en aquest estudi. Això també podria afectar a la resta de contaminants, però cal disposar de més dades per afinar-ne l'avaluació.

Respecte a la resta d'algues:

- Segons l'Estudi de dieta total, la ingesta de iode ja cobreix la ingesta adequada, per tant les persones amb problemes de tiroides, grups d'edat inferiors a 20 anys i dones embarassades i lactants haurien de restringir el consum d'algues ja que podrien superar aquest valor
- Segons l'Estudi de dieta total, la ingesta de cadmi en els grups d'edat inferior a 10 anys és proper al valor de seguretat, fet pel qual haurien de limitar el consum d'algues per tal de no incrementar l'exposició a aquest contaminant.
- El consum d'algues no suposa, en general i malgrat el seu alt contingut en plom, un increment significatiu de la ingesta de plom ni una variació en la seva avaluació del risc, però cal tenir en compte que la dieta total ja indica una ingesta de plom no totalment exempta de risc i que s'hauria de continuar disminuint-ne l'exposició. Aquesta recomanació s'ha de reforçar en els menors de 10 anys per la seva vulnerabilitat respecte als efectes del plom sobre el desenvolupament neuronal.

Recomanacions:

- Caldria evitar el consum de l'alga hijiki.
- L'alga kombu l'hauria de consumir la població adulta de manera moderada i les persones vulnerables al iode haurien d'evitar-ne el consum.
- Per a les persones vulnerables al iode és desaconsellable el consum d'algues.
- Els grups d'edat menors de 10 anys haurien de fer un consum limitat i ocasional d'algues.

14 Bibliografia

ACSA. [Estudi de dieta total de iode i contribució de la llet en l'exposició de la població catalana](#), 2015

ACSA. [V Estudi de dieta total. Contaminants químics. Metalls pesants, dioxines \(PCDD/F\) i bifenils policlorats \(PCB\)](#), 2017

AESAN. [Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición \(AESAN\) sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo](#). AESAN-2012-003

AESAN. [Informe de resultados del estudio prospectivo para la determinación de Metales y Yodo en algas marinas](#) AESAN, Estudio prospectivo EP 10 19 ALG, 1 de junio de 2020

AFSSA. [Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments relatif à la teneur maximale en arsenic inorganique recommandée pour les algues lamineuses et aux modalités de consommation de ces algues compte tenu de leur teneur élevée en iode](#). Afssa Saisine n° 2007-SA-0007

ANSES. [Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au risque d'excès d'apport en iode lié à la consommation d'algues dans les denrées alimentaires](#). Avis de l'Anses Saisine n° 2017-SA-0086

BfR. [Health risks linked to high iodine levels in dried algae](#). Updated BfR Opinion No. 026/2007, 22 de juny de 2004

CFS. [Food Safety Focus](#) (42nd Issue, January 2010) Seaweed. Center for Food Safety Web: Hong Kong.

CEVA. [Macroalgues et microalgues alimentaires - Statut réglementaire en France et en Europe Synthèse](#) CEVA 2019 rev 19/03/2020

EFSA. [Scientific Opinion on Cadmium in Food](#). EFSA Journal (2009) 980, 1-139

EFSA. [Scientific Opinion on Arsenic in Food](#). EFSA Journal 2009; 7(10):1351

EFSA. [Scientific Opinion on Lead in Food](#). EFSA Journal 2010; 8(4):1570

EFSA. [Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food](#). EFSA Journal 2012; 10(12):2985

EFSA. [Analysys and Risk Assessment of Seaweed](#). EFSA Journal 2019;17(52): e170915

FSANZ. [Survey of inorganic arsenic in seaweed and seaweed-containing products available in Australia](#). Food Standards Australia New Zealand, Canberra.

FSAI. [Consumption of Hijiki Seaweed](#). FSAI Web Review 29/9/2015

Miyai et al. [Suppression of Thyroid Function during Ingestion of Seaweed "Kom-bu" \(Laminaria japonica\) in Normal Japanese Adults](#). Endocrine Journal 2008, 55 (6), p. 1103-1108.

Superior Health Council Belgium. [Arsenic and other elements in algae and dietary supplements based on algae](#). Publication of the Superior Health Council No.9149. Versió 1 d'abril de 2015.

Teas [et al.]. [Variability of Iodine Content in Common Commercially Available Edible Seaweeds](#). Thyroid 2004, volum 14, número 10, p. 836-841.

Xia, B.; Abbott, I.A.. [Edible seaweeds of China and their place in the Chinese diet](#). Economic Botany, 1987, 41 (3), p. 341-353.