



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och  
jordbruksvetenskap  
Institutionen för livsmedelsvetenskap

# **Makroalger och deras användning som livsmedel och livsmedelstillsatser**

Macroalgae and their uses as food and food additives

*Mirjam Öhman*

Institutionen för livsmedelsvetenskap

Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap- kandidatarbete, 15 hp, G2E

Agronomprogrammet - livsmedel

Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap, nr 393

Uppsala, 2014

## **Makroalger och deras användningsområden som livsmedel och livsmedelstillsatser**

Macroalgae and their uses as food and food additives

*Mirjam Öhman*

**Handledare:** Jana Pickova, Institutionen för livsmedelsvetenskap

**Examinator:** Lena Dimberg, Institutionen för livsmedelsvetenskap

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap

**Kurskod:** EX0669

**Program/utbildning:** Agronom - Livsmedel

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2014

**Serietitel:** Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap  
nr: 393

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Makroalger, tång, livsmedel, livsmedelstillsatser



## Sammanfattning

Makroalger är ett annat ord för tång. Tång som livsmedel har traditionellt sett använts i kustområden på flera platser i världen. I asiatiska länder har den använts länge och det är fortfarande där den används allra mest. I Europa har platser som Irland, Island, Wales och Bretagne som tradition att använda sig av tång som livsmedel, men i övriga Europa har alger ändå mestadels använts i livsmedel som emulgeringsmedel och för att förbättra livsmedelsprodukters viskositet och gelbildning. Det som utvinns ur algerna i störst utsträckning är karragenan, alginat och agar. Alger har länge ansetts vara näringsrika livsmedel då de innehåller fibrer, proteiner, mineraler, vitaminer och spårelement som jod. Deras innehåll av fettsyror är lågt, men den lilla del de innehåller är fleromättade som är rika på omega-3 och omega-6. I algerna finns också bioaktiva föreningar som är förknippade med god hälsa såsom karotenoider, polyfenoler och fytoosteroler. Syftet med den här studien var att beskriva vad alger kan användas till i human konsumtion inom livsmedel och livsmedelstillsatser. Med tanke på deras näringsrika innehåll kan tång ha en stor betydelse i framtiden till nya livsmedelsprodukter. Genom att tillsätta alger eller bioaktiva komponenter från alger kan produkter som inte annars räknas till de mest näringsrika få ett mer hälsomässigt fördelaktigt innehåll. Exempelvis kan fiberinnehåll förbättras och saltinnehåll reduceras. Det finns dessvärre också nackdelar med tång. De är bra på att absorbera det som finns i deras omgivning vilket leder till att de kan ha ett rikt innehåll av tungmetaller som exempelvis kvicksilver och bly. Speciellt i algen Hijiki kan det samlas höga koncentrationer av arsenik och i brunalger kan så höga halter av jod lagras att de blir ohälsosamma. Tång bör på grund av detta kontrolleras så att de inte är hälsofarliga. De bör därför undvikas att konsumeras i allt för hög grad. Det finns ändå en uppåtgående trend för alger som livsmedel här i Sverige och likaså på andra platser i världen där konsumtionen inte heller tidigare varit stor.

*Nyckelord:* makroalger, tång, livsmedel

## Abstract

Seaweed is the same as macroalgae. Seaweed was traditionally consumed as a food in coastal areas around the world. In Asian countries seaweeds have been used for a long time and even today it is where seaweeds are used as food the most. In Europe, places like Ireland, Iceland, Wales and Brittany traditionally used macroalgae as food, but at other places in Europe they have been used mostly as emulsifier and to improve food products' viscosity and gel formation. The products extracted from seaweeds are mainly carrageenan, alginate and agar. Seaweeds have for a long time been regarded as nutritionally beneficial since they contain fibers, proteins, minerals, vitamins and trace elements like iodine. They contain a low amount of fatty acids though the little amount there are conclude polyunsaturated fatty acids which are rich in omega-3 and omega-6. They also contain bioactive substances associated with good health, such as carotenoids, polyphenoles and phytosterols. The aim of this study was to describe what algae could be used for in human consumption as foods and food additives. Considering their healthy properties algae might be of great importance for the future for new food products. By adding algae or bioactive components from algae unhealthy products could get a more beneficial content. For example the fiber content could get improved and salt content could be reduced. Unfortunately there are also disadvantages with seaweeds. They are accumulators which may lead to a rich content of heavy metals like mercury and lead. The algae Hijiki may contain high concentrations of arsenic. Brown algae may contain high levels of iodine, so high that they can become unhealthy. Algae should be controlled because of the high content of unhealthy substances they may contain. Since they could become a health hazard they should not be eaten in too large quantities. There is still an upward trend for algae as food here in Sweden and at other places in the world too, which previously did not consume a lot of algae.

*Keywords:* macroalgae, seaweed, food

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Material och metod</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Resultat</b>	<b>8</b>
3.1	Arter	8
3.1.1	<i>Porphyra</i> spp. (Nori)	8
3.1.2	<i>Laminaria japonica</i> (Kombu)	8
3.1.3	<i>Undaria pinnatifida</i> (Wakame)	9
3.1.4	<i>Hizikia fusiforme</i> (Hijiki)	9
3.1.5	<i>Palmaria palmata</i> (Dulse / Rödsallat)	10
3.1.6	<i>Chondrus crispus</i> (Karragentång)	10
3.2	Näringsammansättning	11
3.2.1	Polysackarider	11
3.2.2	Protein	13
3.2.3	Lipidinhåll	14
3.2.4	Bioaktiva komponenter	14
3.3	Oönskade ämnen i alger	15
3.4	Alger i livsmedel	17
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>18</b>
	<b>Referenslista/References</b>	<b>22</b>



# 1 Inledning

Alger kan delas in i makroalger och mikroalger (Dawczynski et al. 2007b). Makroalger är ett annat ord för tång (McHugh 2003). Tång har historisk varit en del av kosten i kustområden i ett flertal länder i olika delar av världen (McHugh 2003; Mouritsen et al. 2013). Japan har den högsta konsumtionen av marina alger i världen (Murata & Nakazoe 2001). I Sverige har inte tång använts i någon större utsträckning. Vårt land har en lång kustlinje och här finns möjlighet att utnyttja tången till olika användningsområden - inte bara livsmedel. Tidigare i år startade ett tvärvetenskapligt forskningsprojekt som heter Seafarm, vilket ska undersöka hur vi i högre grad ska kunna använda makroalger än vad som hittills gjort. Alger är en viktig resurs som till idag inte utnyttjats till fullo och som kan komma att ha stor betydelse i ett hållbart biobaserat samhälle. De kommer kunna vara en del för en framtida energiproduktion, som råvara vid materialtillverkning och ämnen som de innehåller kan komma att brukas till livsmedel och foder (Seafarm 2013).

Alger delas in i brunalger (phaeophyta), rödalger (rhodophyta) och grönalger (chlorophyta), men för livsmedelsproduktion är brunalger och rödalger de mest lämpade (Dawczynski et al. 2007b). År 2006 var det brunalger som bidrog mest till den odlade produktionen (56%), följt av rödalger (40%) och grönalger (<1%) (D'orazio et al. 2012).

Makroalger har många användningsområden för tillverkning av livsmedel (Fleurence 1999), men har mestadels använts till funktionella och teknologiska ingredienser av livsmedelsindustrin - t.ex. till emulgeringsmedel och för att förbättra viskositet och gelbildning i livsmedelsprodukter (Fitzgerald et al. 2011). I Europa utnyttjas speciellt brunalger som tillsatser (Fleurence 1999). Hydrokolloider som utvinns ur alger är karrageenan, alginat och agar vilka används som emulgeringsmedel och förtjockningsmedel (Saha & Bhattacharya 2010). Som emulgeringsmedel och förtjockningsmedel används även alger i läkemedel och kosmetika (Fitzgerald et al. 2011).



I flera asiatiska länder t. ex. i Japan, Sydkorea och Kina är alger en viktig del i den dagliga kosten sedan lång tid, men efterfrågan har ökat i Nord- och Sydamerika och även i Europa (McHugh 2003). Algerna skördas både från vilda bestånd och från odlade. I ungefär 35 länder bedrivs kommersiell produktion av alger och denna finns spridd i både syd och nord, på olika breddgrader, och i hav med olika vattentemperaturer (McHugh 2003).

Vanliga näringsmässiga analyser av tång har visat att de är rika på kolhydrater likväl som mineraler, vitaminer och spårelement som exempelvis jod (MacArtain et al. 2007). Ätliga makroalger är lågkalorikost (Fitzgerald et al. 2011) och är rika på mineraler som Ca, P, Na, K och vitaminer A, B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub>, C, D, E, riboflavin, niacin, pantotensyra och folsyra på ett sätt som ingen annan växt (Fitzgerald et al. 2011; Gupta & Abu-Ghannam 2011a). Vissa alger innehåller också stor del protein (MacArtain et al. 2007). De har lågt innehåll av fett och detta är till stor del fleromättat, med höga nivåer av omega-3 fettsyror och de har ett idealförhållande gällande kvoten av omega-6/omega-3 fettsyror (Dawczynski et al. 2007b).

De ätbara makroalgernas sammansättning av olika bioaktiva föreningar har under lång tid också varit förknippad med god hälsa (MacArtain et al. 2007).

Makroalgextrakt innehåller stor andel polyfenoler vilka har en väldokumenterad antioxidationsförmåga, men de har också antimikrobiell aktivitet mot livsmedelsförstörande organismer och livsmedelspatogener. Därför är det möjligt att alger skulle kunna tillsättas till livsmedel på grund av dessa egenskaper (Gupta & Abu-Ghannam 2011b).

Tång kan också ha stor betydelse i framtiden genom att förbättra innehållet av fibrer i livsmedelsprodukter men också att medverka till att minska innehållet av salt i produkter speciellt i köttindustrin (Gupta & Abu-Ghannam 2011b). Makroalgerna innehåller en väsentlig del av aminosyrorna asparaginsyra och glutaminsyra vilka är viktiga för att ge dem dess smak (Matanjun et al. 2009; Wong & Cheung 2000).

I denna studie beskrivs de alger som idag används inom olika appliceringar för human konsumtion. Frågeställningen var: "Varför ska man äta makroalger och vilka är dess användningsområden och begränsningar som livsmedel?"

## 2 Material och metod

I ett första skede användes webbsidan foodnavigator - detta för att se den senaste forskningen om alger som livsmedel och till livsmedelsproduktion. Detta ledde vidare till nya litteratursökningar i Scopus och Web of Science. I första hand eftersöktes litteraturöversikter, men då de inte alltid fanns att tillgå användes även andra vetenskapliga artiklar. För att välja bland dem utgicks från deras sammanfattning. De mest intressant artiklarna har i sin tur lett vidare till fler för sammanhanget relevanta artiklar. En bok utgiven av FAO med inriktning på tångindustrin och med nyttig bakgrundsinformation om de alger som används till livsmedel ingick i studien liksom en svensk publikation om de olika makroalgerna i vårt land.

## 3 Resultat

### 3.1 Arter

#### 3.1.1 *Porphyra* spp. (Nori)

Nori (*Porphyra* spp.) kan vara den tång som de flesta svenskar känner till, då den används till sushi. Färgen på nori är lila-svart, men den hör till rödalgerna (McHugh 2003). Traditionellt har *Porphyra*-arter används i Wales för att baka ett bröd som kallas laver bread (Fitzgerald et al. 2011). *Porphyra purpurea* förekommer längs den svenska västkusten (Tolstoy & Willén 1997) och är en av de arter som kallas nori (Taboada, Millán & Miguez 2013). I Japan är nori den produkt som ligger högst i produktion för den marina odlingen. Nori räknas till de mest näringsrika tångarterna och innehåller 30-50% protein varav 75% är nedbrytbart (McHugh 2003). Det är en av de alger som har högst proteininnehåll (MacArtain et al. 2007). Sockerinnehållet är lågt (0,1%) och vitamininnehållet är högt med signifikanta halter av vitamin A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C niacin och folsyra (McHugh 2003). *Porphyra* spp. innehåller polysackariden porphyran i nivåer upptill 48% av torrsvikt. Denna polysackarid har studerats för att användas till livsmedelsapplikationer (MacArtain et al. 2007). Porphyran är sulfaterad och har visat apoptotisk aktivitet vilket inkluderar död av cancerceller (Plaza, Cifuentes & Ibáñez 2008). Florideanstärkelse även kallad floridoside är stärkelsebaserade polysackarider som även de ingår i *Porphyra* ssp. De finns i uppåt 42% av torrsvikten och detta gör också att denna tång passar i livsmedelssammanhang (MacArtain et al. 2007).

#### 3.1.2 *Laminaria japonica* (Kombu)

Kombu är det japanska namnet på en torkad tång som fås från flera arter av *Laminaria*. De skördas från vilda bestånd, huvudsakligen på Hokkaidos norra ö. Algerna växer på klippor och rev i lugna vatten från 2-15 meters djup och i tempera-

turer mellan 3 och 20 °C (McHugh 2003). Haidai är det kinesiska namnet för *L. japonica*. *Laminaria*-arter innehåller ca 10% protein, 2% fett samt värdefulla mineraler och vitaminer, men dock i något lägre mängd än i nori (McHugh 2003). *Laminaria* sp. kan innehålla 1700-11580 mg jod/kg torrsvikt vilket är högt (Dawczynski et al. 2007a). I Kina anses haidai vara en hälsogrönsak med tanke på sitt mineral- och vitamininnehåll, speciellt i de norra delarna där det är dåligt med gröna grönsaker på vintern. Grön kombu, vilket är en färgad variant av kombu, kokas vanligen med kött, fisk och i soppor. Pulvriserad kombu används i såser och soppor (McHugh 2003).

### 3.1.3 *Undaria pinnatifida* (Wakame)

Wakame är en brunalg som trivs och växer vid klippiga kuster och stränder i Japan, Sydkorea och Kina. Algen växer allra bäst i 5-15 °C vattentemperatur och slutar att växa vid temperaturer över 25 °C. Algen har spridit sig till Australien, Nya Zeeland och Frankrike troligtvis via fartygs ballastvatten (McHugh 2003).

Wakame innehåller högre andel kostfiber än både kombu och nori (McHugh 2003). Fettinnehållet är lågt, ca 3%. Proteininnehållet är ca 15% (Murata & Nakazoe 2001), men kan vara så högt som 24% vilket är ett ovanligt högt värde för brunalger (Fleurence 1999). Vitaminerna som dominerar i wakame är B-vitaminerna, speciellt niacin. Innehållet av spårelement (mangan, koppar, kobolt, järn, nickel och zink) i rå wakame är rikt och liknar de värden som finns i kombu och hijiki. Den vanligaste wakameprodukten är saltad, torkad wakame i större bitar utan mittnerv - en produkt som håller länge om den förvaras kallt (McHugh 2003).

### 3.1.4 *Hizikia fusiforme* (Hijiki)

Brunalgen hijiki har en mindre bladstruktur än wakame och kombu. I Japan skördas algen vilt, men i Sydkorea odlas algen och det mesta av detta (90%) exporteras till Japan. Näringsinnehållet av protein, fett, kolhydrater och vitaminer liknar det som man hittar i kombu. Vid beredandet av algen förstörs dock en stor del av vitaminerna. Fettinnehållet är lågt (1,5%), men av detta är 20-25% eikosa-pentaensyra (McHugh 2003).

Hijiki innehåller en stor del av pigmentet florotannin vilket ger algen dess extra mörka färg, men också en adstringerande, besk smak. Beredningen av hijiki är omfattande och innefattar soltorkning, kokning med annan alg, ångkokning, delning i bitar samt soltorkning igen. Denna produkt kallas hoshi hiziki och säljs torkad för att sedan kunna blötläggas i 10-15 minuter före tillagningen. Algen passar exempelvis i wokrätter tillsammans med grönsaker (McHugh 2003).

Flera länder har varnat konsumenter för att äta hijiki då de innehåller stora mängder av oorganiskt arsenik. I Australien och Nya Zeeland år 2004 och i Hong Kong (2005) blev allmänheten avrådd att äta hijiki och import och försäljning stoppades. I Japan rekommenderade det japanska ministeriet (The Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare) 2004 att inte äta för mycket, dvs. mindre än 4,7 gram om dagen efter att hijiki hade blötlagts och överflödigt vatten tagits bort, men det japanska ministeriet identifierade dock också hijiki som en bra källa till kostfiber och essentiella mineraler (Yokoi & Konomi 2012).

### 3.1.5 *Palmaria palmata* (Dulse / Rödsallat)

Dulse kan vara den mest populära algarten på de kustnära platser i västvärlden där det är tradition att äta tång. T.ex. platser såsom Island, Irland, Maine, Nova Scotia och Bretagne. Trenden att äta mer hälsosam grundläggande kost, tillsammans med ett ökat intresse bland kockarna för tång i matlagningen, har gjort att fokus har riktats på bortglömda algarter som har konsumerats av människan i hundratals år (Mouritsen et al. 2013).

Denna rödalg skördas för hand från klippor vid lågvatten. När tången plockas eller klipps kommer utväxten att ske från kanten av föregående säsongs blad. Huvudsakligen skördas denna alg i Irland och vid stränderna i Bay of Fundy i östra Kanada (McHugh 2003). *Palmaria palmata* finns även i Sverige (Tolstoy & Willén 1997). Hel dulse förpackas och säljs torkad. Om torkningen inte blir bra kan algen istället malas till pulver eller brytas till flingor. Detta kan användas som smaksättare, exempelvis i majschips. I Nova Scotia och Maine serveras dulse som ett salt cocktailtilltugg (McHugh 2003). Detta förekommer även i Irland och Skottland (Mouritsen et al. 2013). I Irland äts dulse rå, eller kokas tillsammans med potatis, och kan tillsättas i soppor och fiskrätter. Dulse är en god källa till mineraler och innehåller mycket järn samt alla spårelement som människan behöver för sin nutrition (McHugh 2003). *Palmaria palmata* innehåller uppemot 45% av polysackariden xylan. Xylos och besläktade sockerarter i xylan gör den till en fördelaktig beståndsdel i livsmedel - detta tack vare att den är en kostfiber (MacArtain et al. 2007). *Palmaria palmata* har även ett högt proteininnehåll på 35% av torrmasan (Fleurence 1999).

### 3.1.6 *Chondrus crispus* (Karragentång)

Karragentång förekommer längs med den svenska västkusten (Tolstoy & Willén 1997). *Chondrus crispus* går att använda i framställandet av karragenan (McHugh 2003). I Irland har karragentång använts sedan år 400 e.Kr. som gelatin och som botemedel i hemmet mot hosta och förkylning (Necas & Bartosikova 2013), men

den har också nyttjats i andra delar av Europa. Den har då inte bara ätits som den är utan använts på grund av sin förtjockande förmåga vid kokning i vatten (McHugh 2003).

## 3.2 Näringsammansättning

### 3.2.1 Polysackarider

Huvudtyperna av polysackarider i alger är strukturella-, lagrings- och mukopolysackarider (Murata & Nakazoe 2001). Algernas strukturella polysackarider liknar de som finns hos landlevande växter - dessa är huvudsakligen cellulosa, hemicellulosa och xylan. Lagringspolysackarider är karragenan och alginat som är mer utmärkande för just alger och de är de mest kommersiellt utnyttjade beståndsdelarna i tång. Inom livsmedelsframställning och hydrokolloidindustrin används lagringspolysackariderna eftersom de uppvisar konsistensgivande och stabiliserande egenskaper (MacArtain et al. 2007). Mukopolysackarider finns i det intracellulära utrymmet i cellerna (Murata & Nakazoe 2001). De rikligare komponenterna i alger inkluderar andra klasser av artspecifika polysackarider såsom laminarin i *Laminaria* arter, ulvan i arterna *Ulva* och florideanstärkelse i rödalger. Alginater finns i upp till 32% av torrvikten av brunalger (MacArtain et al. 2007).

#### *Fiber*

I alger är alginat, karragenan och agar de huvudsakliga beståndsdelarna av fiber. De spjälkas inte i någon större utsträckning i tarmen och till stor del passerar de mag-tarmkanalen utan nedbrytning (MacArtain et al. 2007). Algfiber kan också ha fermenterande egenskaper som skiljer sig från kärnväxternas kolhydrater (Brown et al. 2014). Utöver detta kan fibrerna också öka känslan av mättnad och hjälpa till under matsmältningen tack vare dess bulkningseffekt (MacArtain et al. 2007).

#### *Hydrokolloider*

Hydrokolloider är heterogena grupper av långkedjiga polymerer (polysackarider och proteiner) som kännetecknas av deras förmåga att forma viskösa dispersioner och/eller geler när de fördelar sig i vatten (Saha & Bhattacharya 2010).

### *Karragenan*

Karragenan är en naturlig kolhydrat som kan utvinnas från ätlig rödalga (Necas & Bartosikova 2013). Traditionellt användes *Chondrus crispus* vid utvinnandet av karragenan (McHugh 2003). Idag används *Chondrus*, men också *Giartina* och olika arter av *Eucheuma* (Necas & Bartosikova 2013) samt andra arter (McHugh 2003). Karragentång växer längs Europas och Nordamerikas kust. Denna tång används också till en rad olika tillämpningar på grund av sina egenskaper att kunna gelbilda, förtjocka och stabilisera, främst inom livsmedelprodukter och såser (Necas & Bartosikova 2013).

När karragenan används som livsmedelstillsats har den E-nummer E407 eller E407a. Skillnaden på dessa två är att E407a innehåller betydande del cellulosa. Karragenan har inget näringsvärde (Necas & Bartosikova 2013).

Huvudanvändningsområden inom livsmedel är i mjölkprodukter såsom i puddingar, milk shakes, chokladmjölk och glass (Saha & Bhattacharya 2010). Den används även till charkuterivaror och i modersmjölksersättning (Necas & Bartosikova 2013).

### *Alginat*

Alginat är namnet som oftast används för salterna från alginsyra, men det kan också vara alla derivat från alginsyra och alginsyran själv. Alginat finns i cellväggen hos brunalger som kalcium-, magnesium- och natriumsalt från alginsyra. När alginat extraheras är målet att få fram torrt natriumalginat i pulverform (McHugh 2003). Fördelen med alginat är att den kan forma en gel utan någon typ av upphettning. Detta beror på att natriumalginat är lösligt i kallt vatten och att de geléer som bildats i kallt tillstånd även är värmestabila. Alginat är därför fördelaktigt som gleringsmedel, exempelvis i vaniljkräm som blandas kallt och som sedan även är stabil vid bakning i ugn (Saha & Bhattacharya 2010). Alginat passar också för puddingar och desserter, kallrörda bagerikrämer, fruktberedningar och bagerisylt. Alginat används också i glasyrer där de gör så att de inte kladdar (McHugh 2003; Saha & Bhattacharya 2010).

Alginat har även fördelar som inte har att göra med varken dess viskositet eller förmåga att forma en gel. När alginat tillsätts vid glasstillverkning används den som stabiliseringsmedel vilket ger en smidig glass utan iskristaller. Alginat hjälper också till så att iskristaller inte bildas när glassen under hemtransport tinar något samt att den inte smälter i samma utsträckning som den skulle gjort utan likvärdigt stabiliseringsmedel (McHugh 2003).

### Agar

Den största delen av agarn extraheras från arterna *Gelidium* och *Gracilaria*. *Pterocladia* är en nära släkting till *Gracilaria* som i liten skala används på Azorerna (Portugal) och i Nya Zeeland. I Indien används *Gelidiella acerosa* och *Ahnfeltia* används i Ryssland och Japan (McHugh 2003).

*Gelidium* skördas inom en stor geografisk area. Stora mängder samlas in vid Spaniens norra kust, från mittersta till sydligaste kusten i Portugal och på västkusten i Marocko. Japan var tidigare en stor producent, men idag producerar landet inte mer än Spanien och Portugal. En stor del av det som skördas kommer från stormgjutna hopsamlingar av alger (McHugh 2003).

Agar används till att forma gelé. Den löses i kokande vatten och stelnar när den kylts ned. Beroende på vilken typ av tång den kommer från kan den stelna mellan 32 och 43 °C. Agargeler smälter inte förrän de kommit upp i 85°C eller högre (McHugh 2003). Tillsätts salt till agarprodukter ökas smältpunkten hos dem ännu mer. I traditionella japanska livsmedel som Yokan, Mitsumame och Tokoroten används också agar. I små mängder som 0,5-2 % används agar för att gelea kött-, kyckling- och fiskkonserver (Saha & Bhattacharya 2010). Agar används som stabiliseringsmedel och förtjockning i pajfyllning, glasyrer och maränger. Agar är speciellt användbart i varma klimat där kakor och bullar lätt kan fastna i sin förpackning. Där är agar en speciellt viktig ingrediens i glasyren (McHugh 2003).

### 3.2.2 Protein

Utifrån säsong och art varierar proteininnehållet stort för alger och även beroende på i vilken miljö de växer (Dawczynski et al. 2007b). Proteininnehållet i brunalger är generellt sett lågt (3-15% av torrvikten), men *Undaria pinnatifida* är ett undantag med upptill 24%. Röd- och grönalger däremot har ett proteininnehåll på 10-47% av torrvikten (Fleurence 1999). Proteininnehållet i vissa algararter, framförallt rödalger, är ibland högre i jämförelse med proteinrika livsmedel som sojaböner, spannmål, ägg och fisk (Harnedy & FitzGerald 2011). För att bedöma den näringsmässiga kvaliteten av algers proteiner är innehåll, förhållande och tillgänglighet av olika aminosyror av grundläggande vikt (Taboada, Millán & Miguez 2013).

### Aminosyror

Asparaginsyra och glutaminsyra finns rikligt förekommande i alger (Dawczynski et al. 2007b). Dessa uppvisar intressanta egenskaper för smakutveckling i livsmedel. Glutaminsyra är huvudkomponenten i grundsmaken umami. *Laminaria japonica* (kombu) är originalkällan till smakförstärkaren natriumglutamat och



upptäcktes i sin användning i den asiatiska matlagningen. Den är nära släkt med *Laminara digitala* (fingertare) (MacArtain et al. 2007) som finns i svenska vatten på västkusten (Tolstoy & Willén 1997). Nivåerna av asparaginsyra och glutaminsyra är högst i brunalger, medan rödalger har lägre mängd av dessa två (MacArtain et al. 2007).

Essentiella aminosyror såsom histidin, leucin, isoleucin och valin finns i många alger, *Palmaria palmata* (dulse eller rödsallat) och olika *Ulva* spp. t. ex. havssallat (MacArtain et al. 2007). Havssallat (*Ulva lactuca*) är en art som finns på den svenska västkusten (Tolstoy & Willén 1997). Nivåerna av isoleucin och treonin i *Palmaria palmata* är liknande nivåerna som hittas i baljväxter medan histidin som förekommer i *Ulva pertusa* finns i nivåer liknande de i äggproteiner (MacArtain et al. 2007).

Taboada, Millán och Miguez (2013) undersökte aminosyror i wakame (*Undaria pinnatifida*) och nori (*Porphyra purpurea*) och använde kasein som referensprotein. De visade sig innehålla höga nivåer av arginin, glycin samt alanin. Nori visade även upp höga nivåer av fenylalanin och treonin. De essentiella aminosyrorna i både nori och wakame var generellt sett höga. Detta tyder på att dessa alger innehåller proteiner av bra kvalitet (Taboada, Millán & Miguez 2013). För övrigt kan nämnas aminosyran taurin som är ett näringsmässigt inslag hos rödalger (Dawczynski et al. 2007b).

### 3.2.3 Lipidinhåll

Fettinnehållet hos alger varierar mellan 1-6 g/100 g av torrvikten (Gupta & Abu-Ghannam 2011a). Den allra största delen av fettsyrorerna i algerna är fleromättade och innehåller de essentiella fettsyrorerna omega-3 och omega-6 (MacArtain et al. 2007). Trots att algernas lipidinhåll är lågt drar Kumari et al. (2009) slutsatsen att de fleromättade fettsyrorerna såsom linolsyra, alfa-linolensyra, gammalinolensyra, arakidonsyra, eikosapentaensyra och dokosahexaensyra visar kapacitet till användning i livsmedel med lågt fettinnehåll (Kumari et al. 2009).

Många alger innehåller också steroler. Olika kliniska studier har visat att växtsteroler kan hjälpa till att minska kolesterolnivåerna i blodet (Plaza, Cifuentes & Ibáñez 2008).

### 3.2.4 Bioaktiva komponenter

I haven lever makroalgerna i en tuff och krävande miljö, där de får konkurrera mycket hårdare än de marklevande växterna. De producerar specifika och aktiva biomolekyler och sekundära metaboliter, som tillkommer just på grund av dessa hårda levnadsvillkor - inkluderande extrem salthalt, temperatur och UV-

bestrålning i kombination med näringsbrist (Fitzgerald et al. 2011). Det är speciellt brunalgerna som innehåller bioaktiva substanser som omega-3 fettsyror, polyfenoler, polysackarider, fucosterol, och fukoxantin (D'Orazio et al. 2012).

Grönalgernas färg kommer från klorofyll, som precis som för de landlevande växterna är av formerna *a* och *b* i samma proportioner. Grönalger innehåller även det gula pigmentet betakaroten och varierande karaktäristiska xantofyll (gul- eller brunaktigt pigment). Betakaroten finns också i brun- och rödalger, men maskeras av starkare färgämnen (Gupta & Abu-Ghannam 2011a). Den röda tången från *Gracilaria* spp. har nyligen visats innehålla 5,4 mg betakaroten per 100 g torrsvikt, vilket är en relativt hög nivå jämförelsevis med grönsaker på land (MacArtain et al. 2007).

I brunalger dominerar xantofyllpigmentet fukoxantin (Gupta & Abu-Ghannam 2011a) och det är det som ger brunalgerna dess karaktäristiska färg (MacArtain et al. 2007). Fukoxantin är en karotenoid som finns i bland annat *Undaria pinnatifida* (wakame), *Hizikia fusiformis* (hijiki), *Laminaria japonica* (kombu) och *Sargassum fulvellum* (D'Orazio et al. 2012). De röda algerna får sin färg av fykoerytrin och fykocyanin. Dessa två maskerar de andra pigmenten som finns i rödalger (Gupta & Abu-Ghannam 2011a).

Mineraler som makroalgerna är rika på är Ca, P, Na, K. De är också rika på vitaminer som A, B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub>, C, D, E, riboflavin, niacin, pantotensyra och folsyra (Gupta & Abu-Ghannam 2011a). Tång är en av de få vegetabiliska källorna till vitamin B<sub>12</sub> (MacArtain et al. 2007).

### 3.3 Önskad ämnen i alger

I alger finns också metaller, mineraler och bioaktiva substanser som inte är positiva för hälsan. De kan finnas så koncentrerade i algen att de blir toxiska. Det kan exempelvis finnas bly (Pb), kvicksilver (Hg), kadmium (Cd), koppar (Cu), mangan (Mn), zink (Zn) och det explosiva ämnet trinitrotoulen (Holdt & Kraan 2011).

Tungmetallinnehållet kan variera beroende på omgivningen. Lokala skillnader kan vara markanta (Holdt & Kraan 2011). Generellt sett är innehållet av ultraspårelement Pb, Cd och Hg i röd- och brunalger så pass lågt att det bedöms vara ofarligt (Dawczynski et al. 2007a).

Oorganisk arsenik (As) ackumuleras av alger, vilket är ogynnsamt eftersom det kan ha effekter på det mänskliga nervsystemet. Marina organismer tar upp oorganisk arsenik, men det blir dock ofta transformerat till organisk arsenik som inte är en toxisk form av arsenik (Francesconi & Edmons 1996 se Holdt & Kraan 2011). Marina alger, speciellt brunalger är välkända för att vara primära ackumulatorer för arsenik (Dawczynski et al. 2007a; Francesconi och Edmons 1996 se Holdt & Kraan 2011).

I en studie av Besada et al. (2009) mättes innehållet av sex tungmetaller från 11 olika kommersiella spanska algprodukter. Studien visade att det skulle behöva införas en europeisk lag på maxinnehåll för hur mycket föroreningar som ätlig tång får innehålla. Studiens resultat jämfördes med fransk lagstiftning och resultatet visade att de flesta prov överskred gränserna för kadmium. *Hizikia fusiforme* (Hijiki) visade sig innehålla de största koncentrationerna av oorganisk arsenik av alla alger i studien. Allt detta sammantaget skulle kunna hindra vår konsumtion av alger. Hg och Pd var väl under gränserna, nori-proverna (*Porphyra*) visade sig innehålla högst koncentrationer av Zn och Cu vilka inte finns med i den franska livsmedelslagstiftningen (Besada et al. 2009). Det är dock så att traditionell blötläggning och tvättning av *Hizikia fusiforme* (hijiki) kan minska innehållet av arsenik upptill 60% (Devesa, Vélez & Montoro 2008).

Även Hanaoka et al. (2001) menar att genom att tvätta och blötlägga hijiki minskas arsenikkoncentrationen och genom den proceduren minskar risken för förgiftning betydligt - om inte konsumenterna äter mer än 5-10 g torr vara per dag (Hanaoka et al. 2001).

När innehållet av arsenik i livsmedel studeras undersöks sedan lång tid tillbaka innehållet i den råa produkten, men ofta konsumeras livsmedlet efter att den har blivit processad på något sätt. Olika processer kan förändra den kemiska formen av arsenik. När tester för livsmedelssäkerhet utförs bör därför hänsyn tas till vilka steg som kommer att utföras före det att livsmedlet förtärs, såsom förvaring, förbehandling som tvättning och slutligen den process som ger den största förändringen av koncentrationen arsenik i algen. Det har också betydelse vilken form av arsenik som den slutligen innehåller (Devesa, Vélez & Montoro 2008).

Alger kan också innehålla kaininsyra som är ett neurotoxin som liknar det neurotoxin som ger amnesiframkallande skaldjursförgiftning. Kaininsyra är en aminosyra som kan associeras med vissa skadliga algbloomningar. Det är en naturlig marin syra som finns i viss tång och som kraftfullt stimulerar det centrala nervsystemet. *Palmaria palmata* kan ha ett visst innehåll av kaininsyra (Holdt & Kraan 2011) men nivåerna är högre i de viltskördade populationerna jämfört med odlat material (Lüning 2008 se Holdt & Kraan 2011).

Utöver makroalgernas alla näringsmässiga fördelar kan de även innehålla spår- och ultra-spårämnen som har toxikologisk potential för människor. Generellt sett är tång rika på jod och speciellt brunalger ackumulerar ämnet från havsvattnet. *Porphyra* sp. innehåller som mest 550 mg I/kg torrsvikt medan *Laminaria* sp. kan innehålla 1700-11 580 mg I/kg torrsvikt. Även här kan det vara en fördel om brunalger kontrolleras på sitt innehåll av jod eftersom det kan finnas en hälsorisk (Dawczynski et al. 2007a).

### 3.4 Alger i livsmedel

Marina alger är kända för att vara hälsosamma livsmedel. Detta beror på att de innehåller låg andel fett, hög koncentration av polysackarider, de är naturligt rika på mineraler, fleromättade fettsyror samt vitaminer. Dessutom innehåller de bioaktiva molekyler (Gupta & Abu-Ghannam 2011a).

Från alger kan många hälsosamma livsmedelsingredienser utvinnas. Bageriprodukter och pastaprodukter är de livsmedel som konsumeras brett på många platser på jorden och marina ingredienser från alger skulle kunna ingå i dessa produkter för att nå ut till nya målgrupper (Kadam & Prabhasankar 2010; Fitzgerald et al. 2011).

I bageriprodukter kan flera hydrokolloider med olika kemiska strukturer och från olika ursprung tillsättas. Effekten av marinbaserade hydrokolloider (natriumalginat,  $\kappa$ -karragenan) på färskt bröds kvalitet och dess inverkan på hur brödet hårdnar har studerats. Det visade sig att både natriumalginat och  $\kappa$ -karragenan efter 24 h hade bidragit till en observerbar positiv effekt. De bidrog också till att förlusten av fukt reducerades när brödet förvarades och minskade uttorkningen av inkråmet (Kadam & Prabhasankar 2010).

Det behövs mer forskning på speciella livsmedelsprocessmetoder, om t. ex. upphettning har någon effekt på bioaktiviteten av peptider. Det har visat sig att peptider behåller sin bioaktivitet när de upphettas till 100 °C, men vid exempelvis bakning då temperaturen kan gå upp till 230 °C kan peptiderna behöva skyddas (Fitzgerald et al. 2011).

Forskning har visat att tång kan användas som en rik källa av kostfiber och karotenoider såsom astaxantin och fukoxantin. Dessa kan inkorporeras i pastaprodukter utan att förändra smakkvaliteten. Exempelvis har en tillsats av wakame (*U. pinnatifida*) i pasta visat stor potential att förbättra innehållet av fukoxantin i produkten (Kadam & Prabhasankar 2010).

Studier har även utförts där flera typer av alger har tillförts till olika charkprodukter. Det har visat sig att tillsats av alger förbättrar egenskaperna såsom struktur, tuggmotstånd och vattenbindningsförmåga. Med dessa i charkvaror behövs även en mindre mängd salt tillsättas till de färdiga livsmedelsprodukterna (Cofrades et al. 2008; López-López, Cofrades & Jimenez-Colmenero 2009) vilket är positivt. I Europa får vi idag tyvärr i oss mer salt än vad som är hälsosamt (WHO 2013).

## 4 Diskussion

Makroalger har visat sig ha för livsmedel nyskapande och intressanta näringsmässiga egenskaper. Kina, Korea och Japan är storkonsumenter av ätliga alger vilka är rika på polysackarider, kostfiber, mineraler, proteiner samt vitaminer. Konsumtionen av marina alger är de högsta i världen i Japan (Murata & Nakazoe 2001; Fitzgerald et al. 2011). I det asiatiska köket är åtta gram (torrvikt) alger ett typiskt dagligt intag. Detta kan bidra till uppemot 12,5% av det dagliga kostfiberbehovet. Tång har på grund av detta granskats och visat sig gynnsamt som en källa även för andra näringsämnen för det dagliga intaget (MacArtain et al. 2007). Speciellt är algsläktena *Chlorophyceae* och *Rhodophyceae* rika på proteiner. Alger som nori och dulse har högre proteininnehåll än sojabönan (Fleurence 1999). I rödalger kan proteininnehållet vara större än andra proteinrika livsmedel som spannmål, ägg och fisk (Harnedy & FitzGerald 2011).

Eftersom västerländska dieter generellt sett är rika på raffinerade produkter och intaget av fiber är otillräckligt för en god hälsa, kan tång vara en värdefull ny källa till kostfiber (Taboada, Millán & Miguez 2013). De fettsyror som alger innehåller har bevisade biomedicinska, näringsmässiga och farmaceutiska användningsområden (Kumari et al. 2009). Innehållet av växtsteroler kan förutom att minska kolesterolnivåerna i blodet, bl. a ha antiinflammatorisk och antibakteriell effekt och kan även motverka tumöraktivitet (Plaza, Cifuentes & Ibáñez 2008).

Karotenoiden fukoxantin finns i bland annat *Undaria pinnatifida* (wakame), *Hijikia fusiformis* (hijiki), *Laminaria japonica* (kombu) och *Sargassum fulvellum*. Denna karotenoid har framförallt blivit allt mer populär tack vare dess effekt vid behandling av fetma och den skulle kunna vara till nytta i functional foods för att förebygga exempelvis det metabola syndromet (D'Orazio et al. 2012). Redan kända fördelar med fukoxantin är att de kan ha anticancerogen effekt, framkallande av apoptos hos cancerceller, anti-inflammatorisk effekt och eliminering av radikaler (D'Orazio et al. 2012). Det har funnits tankar om att karotenoidernas antioxidanta egenskaper skulle vara huvudmekanismen för varför de ger positiva hälsoeffekter. På senare år har nutrigenomiska studier fokuserat på de except-

ionella möjligheter som fukoxantin har att modulera uttrycket av specifika gener som är involverade i cellmetabolismen. Det sistnämnda verkar vara den huvudsakliga hälsoeffekten av fukoxantin (D'Orazio et al. 2012).

Polyfenoler från alger innehåller många biologiska aktiviteter vilket inkluderar exempelvis anti-inflammatorisk, anti-tumör, anti-överkänslig och likaså anti-diabetesaktivitet baserat på inhibering av  $\alpha$ -glukosidas (D'Orazio et al. 2012).

Kemisk syntes av fukoxantin är möjlig men mycket kostsam. Därför skulle denna värdefulla karotenoid istället kunna utvinnas ur brunalger. De innehåller alltså tillräcklig del av fukoxantin och brunalger är även rika på vitaminer, mineraler, kostfibrer, proteiner, fleromättade fettsyror, polysackarider, andra karotenoider, florotanniner och varierande funktionella polyfenoler. Även jod finns i rika mängder och kan användas för att aktivera sköldkörtelfunktionen (D'Orazio et al. 2012). Brunalgen kombu från Hokkaido användes redan 800 år f.Kr. i Kina för att behandla sköldkörtelsjukdomar (Murata & Nakazoe 2001). I övrigt, tack vare sitt innehåll av alginat och mucilago, kan brunalger minska aptiten och även tarmabsorptionen av kolhydrater och fetter (D'Orazio et al. 2012).

Tång som konsumeras i sin hela form kan ha gynnsamma fysiologiska effekter och många bioaktiva komponenter såsom peptider, lektiner, kolhydrater, och fett har identifierats. Tång ses som "naturlig" av konsumenterna, och detta främjar en positiv respons hos de som ofta ser det naturliga som en fördel (Fitzgerald et al. 2011).

Även alger som torkas eller konserveras kan ses som ett hälsosamt livsmedel med lågt fettinnehåll eftersom de har ett högt askinnehåll, ett betydande innehåll av protein, lågt innehåll av total andel lipider och relativt höga nivåer av fleromättade fettsyror (Sánchez-Machado et al. 2004).

Tänkvärt kan vara att tångens näringsinnehåll varierar beroende på säsong och beroende på vilken typ av provtagningsteknik som används (MacArtain et al. 2007; Marsham et al. 2007).

Alger har potential för att vara en naturlig källa till ingredienser med stor variation i biologisk aktivitet. Vid utveckling av miljövänliga utvinningsprocesser som sedan kan användas för att utvinna olika intressanta preparat på ett snabbt och kostnadseffektivt sätt, kan alger komma att bli en positiv del i detta (Plaza, Cifuentes & Ibáñez 2008).

Tillsats av alger till olika charkuterivaror skulle kunna förbättra dem. Forskning på tillsats av 1-5% pulveriserad *Sargassum thunbergii* och *Gelidium amansii* till hamburgare har genomförts - det iaktogs att med mer tillsats av algpulver ökade tillagningsutbytet (López-López, Cofrades & Jimenez-Colmenero 2009).

Cofrades et al (2008) undersökte effekterna av tre olika typer av ätlig tång, remtång (*Himantalia elongata*), wakame (*Undaria pinnatifida*) och nori (*Porphyra umbilicalis*) som tillsattes för att utvärdera de fysokemiska och morfo-

logiska egenskaperna av gel/emulsion-köttmodellssystemen. Det visade sig att tången hade en viktig påverkan av egenskaperna i gel/emulsionköttssystemet genom att smaksätta blandningen och ge den bättre struktur med mer tuggmotstånd och med bättre vatten- och fettbindningskapacitet. Wakame verkade allra bäst. Mycket mindre salt (NaCl 0,5%) användes än vad som vanligen görs vid köttberedning (Cofrades et al. 2008).

López-López, Cofrades och Jiménez-Colmenero (2008) studerade fysokemiska, sensoriska och mikrobiella egenskaper hos frankfurterkorv med lågt fettinnehåll och berikade dem även med omega-3 fleromättade fettsyror och tång (5% *Himanthalia elongata*). De kom fram till att tillsatsen av tång gav blandningen bättre struktur och tuggmotstånd samt förbättrad vattenbindningsförmåga. Saltinnehållet (NaCl) reducerades med 75%, men trots detta åstadkoms ändå en fördelaktig produkt (López-López, Cofrades & Jiménez-Colmenero 2008).

Vi får idag i Europa i oss mycket mer salt än vad som är hälsosamt. WHO rekommenderar ett saltintag under 5 g per person och dag för att förebygga hjärt-kärlsjukdomar. Idag ligger de flesta européers saltintag ungefär mellan 8 och 11 gram (WHO 2013). Genom att tillsätta alger i charkprodukter skulle detta kunna medverka till att minska saltintaget och det skulle också kunna bemästra teknologiska problem som är förknippade med lågsaltsprodukter vilka gäller fettbindnings- och konsistensegenskaper. Ser man det på ett nutritionellt sätt så kan tillsats av alger till köttprodukter ge fler hälsofördelaktiga egenskaper med både kostfiber och bioaktiva komponenter som antioxidanterna polyfenoler eller karotenoider. Med alger i köttprodukter kan detta också bidra till att tillgodose konsumenternas krav på mer hälsosamma functional foods (Cofrades et al. 2008; López-López, Cofrades & Jimenez-Colmenero 2009).

Med tanke på vad alger kan innehålla av skadliga ämnen bör de dock kontrolleras innan de används som livsmedel eller foder (Holdt & Kraan 2011). Brunalger som kan innehålla stora mängder oorganisk arsenik bör därför analyseras eftersom det kan finnas en viss hälsorisk som konsumenterna bör skyddas mot (Dawczynski et al. 2007a). Hijiki som säljs i Japan är säker att ätas om bara konsumenterna bereder algen på det traditionella viset genom tvättning och blötläggning av dem (Hanaoka et al. 2001). Detta förfaringssätt känner troligtvis inte alla konsumenter utanför Japan till och det skulle därför kunna uppkomma förgiftningar.

Vid ett normalt intag är dosen av oorganiskt arsenik låg - dock är de kroniska effekterna av arsenikintag okänt (Hanaoka et al. 2001). Jod är också ett ämne som det finns gott om i speciellt brunalger (Dawczynski et al. 2007a) som det bör tas hänsyn till om alger börjar konsumeras i allt högre grad. Speciellt *Laminaria* sp. innehåller så pass mycket jod att det kan utgöra en betydande hälsorisk för människor (Dawczynski et al. 2007a).

På det hela taget är alger ett livsmedel med bra näringsinnehåll och med stor potential för framtida livsmedelsutveckling. Just de ohälsosamma ämnen som finns i tång gör den dock till ett kontroversiellt livsmedel.

På grund av deras näringsrika innehåll, smakrikedom och tilltalande utseende blir de allt mer populära och inom restaurangvärlden ökar intresset ständigt. I maj i år vann Sverige kock-EM, och i den vinnande fiskrätten fanns svenska alger, så allt talar för att den uppåtgående trenden kommer att hålla i sig.



## Referenslista/References

- Besada, V., Andrade, J.M., Schultze, F. & Gonzalez, J.J. (2009). Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption. *Journal of Marine Systems* 75(1-2), 305-313.
- Brown, E.M., Allsopp, P.J., Magee, P.J., Gill, C.I.R., Nitecki, S., Strain, C.R. & McSorley, E.M. (2014). Seaweed and human health. *Nutrition Reviews* 72(3), 205-216.
- Cofrades, S., Lopez-Lopez, I., Solas, M.T., Bravo, L. & Jimenez-Colmenero, F. (2008). Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat Science* 79(4), 767-776.
- D'Orazio, N., Gemello, E., Gammone, M.A., de Girolamo, M., Ficoneri, C. & Riccioni, G. (2012). Fucoxantin: A Treasure from the Sea. *Marine Drugs* 10(3), 604-616.
- Dawczynski, C., Schaefer, U., Leiterer, M. & Jahreis, G. (2007a). Nutritional and toxicological importance of macro, trace, and ultra-trace elements in algae food products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(25), 10470-10475.
- Dawczynski, C., Schubert, R. & Jahreis, G. (2007b). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry* 103(3), 891-899.
- Devesa, V., Velez, D. & Montoro, R. (2008). Effect of thermal treatments on arsenic species contents in food. *Food and Chemical Toxicology* 46(1), 1-8.
- Fitzgerald, C., Gallagher, E., Tasdemir, D. & Hayes, M. (2011). Heart Health Peptides from Macroalgae and Their Potential Use in Functional Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(13), 6829-6836.
- Fleurence, J. (1999) Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food & Technology* 10(1), 25-28.
- Gupta, S. & Abu-Ghannam, N. (2011a). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Science & Technology* 22(6), 315-326.
- Gupta, S. & Abu-Ghannam, N. (2011b). Recent developments in the application of seaweeds or seaweed extracts as a means for enhancing the safety and quality attributes of foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12(4), 600-609.
- Hanaoka, K., Yosida, K., Tamano, M., Kuroiwa, T., Kaise, T. & Maeda, S. (2001). Arsenic in the prepared edible brown alga hijiki, *Hizikia fusiforme*. *Applied Organometallic Chemistry* 15(6), 561-565.
- Harnedy, P.A. & FitzGerald, R.J. (2011). Bioactive Proteins, Peptides, and Amino Acids from Macroalgae. *Journal of Phycology* 47(2), 218-232
- Holdt, S.L. & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology* 23(3), 543-597.

- Kadam, S.U. & Prabhasankar, P. (2010). Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Research International* 43(8), 1975-1980.
- Kumari, P., Kumar, M., Gupta, V., Reddy, C.R.K. & Jha, B. (2010). Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. *Food Chemistry* 120(3), 749-757.
- Lopez-Lopez, I., Cofrades, S. & Jimenez-Colmenero, F. (2009). Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Science* 83(1), 148-154.
- MacArtain, P., Gill, C.I.R., Brooks, M., Campbell, R. & Rowland, I.R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews* 65(12), 535-543.
- Marsham, S., Scott, G.W. & Tobin, M.L. (2007). Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food Chemistry* 100(4), 1331-1336.
- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M. & Muhammad, K. (2009). Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Euclima cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology* 21(1), 75-80.
- McHugh, D. J. (2003). *A guide to the seaweed industry*. FAO Fisheries Technical Paper 441. Rome: Food and Agricultural Organisation of the United Nations.
- Mouritsen, O.G., Dawczynski, C., Duelund, L., Jahreis, G., Vetter, W. & Schroder, M. (2013). On the human consumption of the red seaweed dulse (*Palmaria palmata* (L.) Weber & Mohr). *Journal of Applied Phycology* 25(6), 1777-1791.
- Murata, M. & Nakazoe, J. (2001). Production and use of marine algae in Japan. *Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly* 35(4), 281-290.
- Necas, J. & Bartosikova, L. (2013). Carrageenan: a review. *Veterinarni Medicina* 58(4), 187-205.
- Plaza, M., Cifuentes, A. & Ibanez, E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science & Technology* 19(1), 31-39.
- Saha, D. & Bhattacharya, S. (2010) Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology* 47(6), 587-597.
- Sanchez-Machado, D.I., Lopez-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J. & Paseiro-Losada, P. (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry* 85(3), 439-444.
- Seafarm (2013) *Makroalger på väg en mot ett biobaserat samhälle*. Seafarm. Tillgänglig: [www.seafarm.se](http://www.seafarm.se) [2014-05-21]
- Taboada, M.C., Millan, R. & Miguez, M.I. (2013). Nutritional value of the marine algae wakame (*Undaria pinnatifida*) and nori (*Porphyra purpurea*) as food supplements. *Journal of Applied Phycology* 25(5), 1271-1276.
- Tolstoy, A. & Willén, T. (1997). *Preliminär checklista över makroalger i Sverige*. Artdatabanken, SLU, Uppsala.
- Wong, K.H. & Cheung, P.C.K. (2000). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds - Part I - proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry* 71(4), 475-482.
- Yokoi, K. & Konomi, A. (2012). Toxicity of so-called edible hijiki seaweed (*Sargassum fusiforme*) containing inorganic arsenic. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 63(2), 291-297.
- World Health Organization Regional office for Europe (2013) *Mapping salt reduction initiatives in the WHO European Region*. Köpenhamn: World Health Organization Regional office for Europe. Tillgänglig: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/186462/Mapping-salt-reduction-initiatives-in-the-WHO-European-Region-final.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/186462/Mapping-salt-reduction-initiatives-in-the-WHO-European-Region-final.pdf?ua=1) [2014-05-21]