

Artikel Asli/Original Articles

Kandungan Makronutrien Rumpai Laut Merah *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum* (Macronutrients content of Red Seaweed *Kappaphycus alvarezii* and *Kappaphycus striatum*)

FARAH DIYANA ARIFFIN, AMINAH ABDULLAH, SHAHRUL HISHAM ZAINAL ARIFFIN & CHAN KOK MENG

ABSTRAK

Rumpai laut mempunyai pelbagai kandungan nutrien yang berpotensi untuk menjadi sumber makanan yang berkhasiat, namun hanya sedikit kajian yang dilakukan terhadap rumpai laut merah di Malaysia. Oleh itu, kajian ini dilakukan untuk menentukan kandungan makronutrien, profil asid amino dan komponen asid lemak *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum*. Hasil kajian mendapati julat kandungan lembapan, lemak, abu, protein, gentian dan karbohidrat bagi kedua-dua rumpai laut merah adalah masing-masing dalam lingkungan 6.9% - 7.3%, 0.5% - 2.6%, 29.4% - 30.9%, 2.5% - 5.7%, 5.3% - 5.5% dan 50.1% - 53.3%. Sebanyak 16 jenis asid amino telah dikenal pasti di mana kandungan asid amino perlu bagi *K. alvarezii* dan *K. striatum* masing-masing adalah sebanyak 41.11% dan 36.15%. Sebanyak 34 komponen asid lemak telah dikenal pasti di mana kandungan asid lemak tepu (SFA) adalah paling tinggi (42.7% - 72.8%) diikuti dengan asid lemak mono tidak tepu (MUFA) (13.8% - 36.2%) dan kandungan asid lemak poli tidak tepu (PUFA) adalah paling rendah (13.5% - 21.2%). Secara kesimpulannya, kajian ini mencadangkan bahawa *K. alvarezii* dan *K. striatum* berpotensi digunakan sebagai bahan mentah atau ramuan makanan untuk meningkatkan nilai pemakanan dalam diet manusia.

Kata kunci: *Kappaphycus alvarezii*; *Kappaphycus striatum*; analisis proksimat; asid amino; asid lemak

ABSTRACT

Seaweed contains various nutrients that has the potential to be a source of nutritious food, but only a few studies done on the red seaweeds in Malaysia. Therefore, this study was conducted to determine the macronutrients content, amino acid profile and fatty acid component in *Kappaphycus alvarezii* and *Kappaphycus striatum*. The study found that the range of moisture, fat, ash, protein, fiber and carbohydrates content for both red seaweeds were 6.9% - 7.3%, 0.5% - 2.6%, 29.4% - 30.9%, 2.5% - 5.7%, 5.3% - 5.5% and 50.1% - 53.3% respectively. A total of 16 amino acids were identified in which the essential amino acid for *K. alvarezii* and *K. striatum* were 41.11% and 36.15% respectively. A total of 34 fatty acids were identified in which the content of saturated fatty acids (SFA) was the highest (42.7% - 72.8%), followed by mono-unsaturated fatty acid (MUFA) (13.8% - 36.2%) and polyunsaturated fatty acids (PUFAs) was the lowest (13.5% - 21.2%). In conclusion, this study suggest that *K. alvarezii* and *K. striatum* are potentially be used as raw materials or food ingredients to improve the nutritional value of the human diet.

Keywords: *Kappaphycus alvarezii*; *Kappaphycus striatum*; proximate analysis; amino acids; fatty acids

PENGENALAN

Rumpai laut dikenali sebagai makroalga (McHugh 2003) yang bermaksud jasad alga yang boleh dilihat dengan jelas tanpa penggunaan mikroskop (Ahmad 1995). Rumpai laut adalah alga laut dan merupakan tumbuhan primitif yang tumbuh dengan banyak di perairan laut yang cetek, kuala dan air buri. Rumpai laut terbahagi kepada tiga kumpulan iaitu rumpai laut merah, perang dan hijau masing-masing dikenali sebagai Rhodophyceae, Phaeophyceae dan Chlorophyceae. Klasifikasi ini ditentukan oleh ciri-ciri pigmentasi, morfologi dan anatomi rumpai laut (Manivannan et al. 2009).

Penanaman rumpai laut memainkan peranan penting dalam pembangunan sektor akuakultur di Sabah. Dari tahun 1994 hingga 1997, eksport produk laut telah menyumbang kira-kira RM114 juta dan rumpai laut adalah penyumbang kedua terbesar iaitu sebanyak 33% (Ahmad Sade et al. 2006). Sabah adalah pengeluar utama rumpai laut dan hampir semua keluaran ditanam di perairan Semporna yang terletak di timur perairan Sabah (Sidik et al. 2012). Potensi rumpai laut sebagai sumber ekonomi meningkat semenjak dua dekad yang lalu (Phang 2006). Spesies *Kappaphycus* merupakan spesies utama yang dikultur di Sabah (Ahmad Sade et al. 2006).

Rumpai laut merupakan sumber kepada hidrokoloid iaitu agar, alginat dan karageenan yang digunakan secara

komersial dalam produk makanan sebagai agen pemekat dan agen penjelan. Rumpai laut juga digunakan sebagai sayur oleh penduduk di pesisir pantai (McHugh 2003) kerana ia mempunyai nilai kandungan zat yang baik (Plaza et al. 2008). Di Malaysia, rumpai laut telah lama digunakan sebagai “salad” oleh masyarakat di Pantai Timur Malaysia (Phang 2006).

Rumpai laut juga merupakan sumber makanan yang memenuhi kehendak masyarakat zaman kini kerana ia merupakan makanan yang rendah kalori dan kaya dengan mineral penting (Norziah & Ching 2000) dan mengandungi komponen zat makanan yang baik untuk kesihatan seperti karbohidrat, protein, asid lemak poli tidak tepu dan serat yang tinggi serta kandungan lipid yang rendah (Norziah & Ching 2000; Wong & Cheung 2000; Manivannan et al. 2009; Matanjun et al. 2009; Gressler et al. 2010). Polisakarida rumpai laut pula memiliki ciri-ciri kapasiti memegang air (Gómez-Ordóñez et al. 2010) dan menghalang penyerapan lipid di saluran gastrousus (Jimenez-Escrigm & Sanchez-Muniz 2000).

Penggunaan rumpai laut boleh menjadi industri yang bernilai jutaan ringgit dengan mengoptimalkan penggunaan pelbagai sumber rumpai laut tropika terutama sekali spesies tempatan sebagai produk komersial. Rumpai laut berpotensi menjadi produk nutrasetikal (Nair et al. 2007; Nwosu et al. 2011; Yip et al. 2014), kosmesetikal (Wijesinghe & Jeon 2012), makanan haiwan (Valente et al. 2006; Pereira et al. 2012a) dan sumber hidrokoloid (Bixler & Porse 2010). Pelbagai spesies rumpai laut juga telah ditemui di Malaysia (Phang 2006) namun ia belum diterokai dan digunakan sepenuhnya sebagai produk komersial (Marshall et al. 2007; Phang 2010). Penerokaan rumpai laut di Malaysia terutama sekali *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum* sebagai sumber makanan boleh dijadikan rujukan untuk digunakan secara komersial. Oleh itu, kajian ini dilakukan untuk menilai kandungan zat rumpai laut merah Malaysia yang boleh dikomersialkan sebagai produk makanan.

KAEDAH KAJIAN

ANALISIS PROKSIMAT

Rumpai laut *K. alvarezii* dan *K. striatum* telah dibeli di Semporna, Sabah. Sampel rumpai laut yang segar dibasuh dengan air suling untuk membuang kotoran dan garam. Kemudian, sampel rumpai laut ini dikering dalam oven selama 5 jam pada suhu 60°C. Apabila sampel telah kering, sampel dikisar sehingga menjadi serbuk dan serbuk ini disimpan dalam bekas gelap kalis udara dan bekas ini disimpan dalam peti sejuk beku -20°C sehingga analisis dijalankan. Analisis dijalankan secara triplikat.

Analisis kimia yang terlibat adalah kandungan lembapan (kaedah ketuhar pada 105°C sehingga berat sampel stabil), protein kasar (Kjeldhal, N x 6.25), kandungan lemak kasar (pengekstrakan Soxtec dengan heksana), kandungan abu (550°C sehingga warna sampel

bertukar dari hitam ke putih) dan kandungan gentian kasar (hidrolisis Fibertech dengan 100°C H₂SO₄, NaOH dan HCl selama 30 minit masing-masing). Kandungan karbohidrat dikira secara perbezaan.

PENENTUAN PROFIL ASID AMINO

Hidrolisis Asid Kandungan asid amino seperti asid aspartik (Asp), treonina (Thr), Serina (Ser), asid glutamik (Glu), prolina (Pro), glisina (Gly), alanina (Ala), valina (Val), leusina (Leu), tirosina (Tyr) fenilalanina (Phe), histidina (His), lisina (Lys) dan arginina (Arg) ditentukan oleh hidrolisis asid mengikut kaedah yang dilaporkan oleh Waters (1993). Sebanyak 0.5 g serbuk rumpai laut dicampur dengan 5 mL 6N asid hidroklorik (HCl) ke dalam tabung uji pirex bertutup. Kemudian sampel dipanaskan di dalam ketuhar selama 24 jam pada suhu 110°C. Sebanyak 400 µL piawai dalaman iaitu 50 µmol/mL asid alfa amino butirik (AABA) dalam 0.1N HCl dimasukkan ke dalam sampel, diikuti penambahan air suling sehingga isi padu sampel menjadi 100 mL. Sebanyak 10 µL sampel dan piawai yang telah dituras menggunakan penuras nilon politetrafluoroetilena bersaiz 0.20 mm disuntik ke dalam Sistem Kromatografi Cecair Berprestasi Tinggi (HPLC) (Waters 2475, USA) pada kadar aliran 1 mL/min. Analisis asid amino dilakukan dengan menggunakan kolum AccQ Tag (3.9 x 150 mm). Fasa bergerak A adalah Eluent A (200 mL Tag AccQ: 2 L air Milli-Q) dan fasa bergerak B adalah Eluent B (asetonitril 60%). Program kecerunan Eluent A dan Eluent B ditunjukkan dalam Jadual 1. Pengesanan dilakukan dengan pengesanan DAD pada gelombang 250 nm. Purata dua bacaan diambil untuk setiap sampel.

Pengoksidaan Performik Kandungan asid amino seperti sistina (Cys) dan metionina (Met) ditentukan melalui pengoksidaan performik. Sebanyak 0.5 g serbuk rumpai laut dicampur dengan 2.0 mL larutan asid performik sejuk (campuran asid formik dan hidrogen peroksida pada nisbah 9:1 v/v) ke dalam tabung uji pirex bertutup. Tabung uji berisi sampel disimpan di dalam bekas berisi ketulan ais selama 16 jam pada suhu 4°C. Kemudian, hidrogen bromida (HBr) ditambahkan pada sampel dan dibiarkan pada suhu 4°C selama 30 minit. Setelah 30 minit, sampel disejat di dalam kebuk wasap sehingga kering untuk menghilangkan larutan asid performik menggunakan kukus air dan proses hidrolisis 6N HCl (seperti kaedah hidrolisis asid) diteruskan. Sebanyak 10 µL sampel dan piawai disuntik ke dalam Sistem Kromatografi Cecair Berprestasi Tinggi (HPLC) (Waters 2475, USA) pada kadar aliran 1 mL/min. Analisis asid amino dilakukan dengan menggunakan kolum AccQ Tag (3.9 x 150 mm). Fasa bergerak A adalah Eluent A (200 mL Tag AccQ: 2 L air Milli-Q) dan fasa bergerak B adalah Eluent B (asetonitril 60%). Program kecerunan Eluent A dan Eluent B ditunjukkan dalam Jadual 1. Pengesanan dilakukan dengan pengesanan DAD pada gelombang 250 nm. Purata dua bacaan diambil untuk setiap sampel.

PENENTUAN PROFIL ASID LEMAK

Penyediaan metilester asid lemak adalah berdasarkan kaedah IUPAC 2.301. Asid lemak metilester (FAMES) dianalisis menggunakan Sistem Kromatografi Gas HP5890 Series II Plus disambung dengan kolum kapilari DB 225 (30 mm x 0.25 mm x 0.25 mm). Suntikan dilakukan pada suhu 240°C dengan isi padu 1 mL. Penentuan komponen asid lemak dilakukan dengan membandingkan masa tahanan bagi piawai asid lemak. Komponen asid lemak dilaporkan dalam peratusan (%).

JADUAL 1. Program gradient *Eluent A* dan *Eluent B*

Masa/minit	<i>Eluent A</i> %	<i>Eluent B</i> %
0	100	0
0.5	98	2
15	91	9
19	87	13
32	65	35
34	65	35
35	0	100
38	0	100
39	100	0
50	100	0

ANALISIS STATISTIK

Hasil kajian dilaporkan dalam bentuk purata \pm sisihan piawai. Analisis statistik menggunakan perisian *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versi 15.0. Ujian T tidak bersandar digunakan untuk membandingkan purata hasil kajian antara sampel *K. alvarezii* dan *K. striatum* bagi analisis proksimat dan profil asid amino.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

ANALISIS PROKSIMAT

Peratus kandungan makronutrien dalam rumpai laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum* ditunjukkan dalam Rajah 1. Kandungan lembapan bagi *K. alvarezii* adalah tidak berbeza secara signifikan ($p > 0.05$) berbanding *K. striatum* di mana kandungan lembapan masing-masing adalah sebanyak 7.3% dan 6.9%. Kandungan lembapan dalam kedua-dua rumpai laut merah ini adalah rendah berbanding rumpai laut merah lain seperti *Hypnea charoides* dan *Hypnea japonica* (Wong & Cheung 2000). Kandungan lembapan kedua-dua spesies rumpai laut ini juga adalah rendah berbanding kajian yang dilakukan oleh Matanjun et al. (2009) di mana kandungan *K. alvarezii* yang didapati daripada kajian tersebut adalah 10.6%. Menurut Aguilera-Morales et al. (2005), kandungan lembapan adalah penting dalam memelihara kualiti rumpai laut supaya boleh disimpan untuk jangka masa yang panjang dan mengurangkan kehadiran agen bakteria dan fungus

yang boleh mengubah kualiti rumpai laut melalui proses penguraian. Kajian tersebut juga mendapati kandungan lembapan di bawah 10% adalah nilai yang sesuai untuk menjaga kualiti rumpai laut. Oleh itu, *K. alvarezii* dan *K. striatum* boleh disimpan untuk jangka masa panjang tanpa menjejaskan kualiti rumpai laut tersebut.

Kandungan lemak *K. alvarezii* adalah rendah berbanding kandungan lemak *K. striatum* iaitu masing-masing adalah sebanyak 0.5% dan 2.6%. Kandungan lemak bagi kedua-dua spesies rumpai laut merah adalah berbeza secara signifikan ($p < 0.05$). Kandungan lemak bagi rumpai laut merah *K. striatum* adalah dalam julat kandungan lemak untuk semua spesies rumpai laut iaitu 1-3% (Chapman & Chapman 1980). Kepelbagaian komposisi lemak dalam rumpai laut boleh dikaitkan dengan tahap nitrogen dalam air laut yang juga merupakan faktor yang memberi kesan kepada kandungan lemak dalam rumpai laut seperti yang dilaporkan oleh Mišurcová et al. (2011). Mereka menyatakan kekurangan nitrogen boleh menyebabkan pengeluaran alga biojisim yang sedikit dan seterusnya menghasilkan kandungan lemak yang rendah. Oleh itu, kandungan lemak yang berbeza di antara *K. alvarezii* dan *K. striatum* di perairan Semporna, Sabah mungkin dipengaruhi oleh kandungan nitrogen dalam rumpai laut.

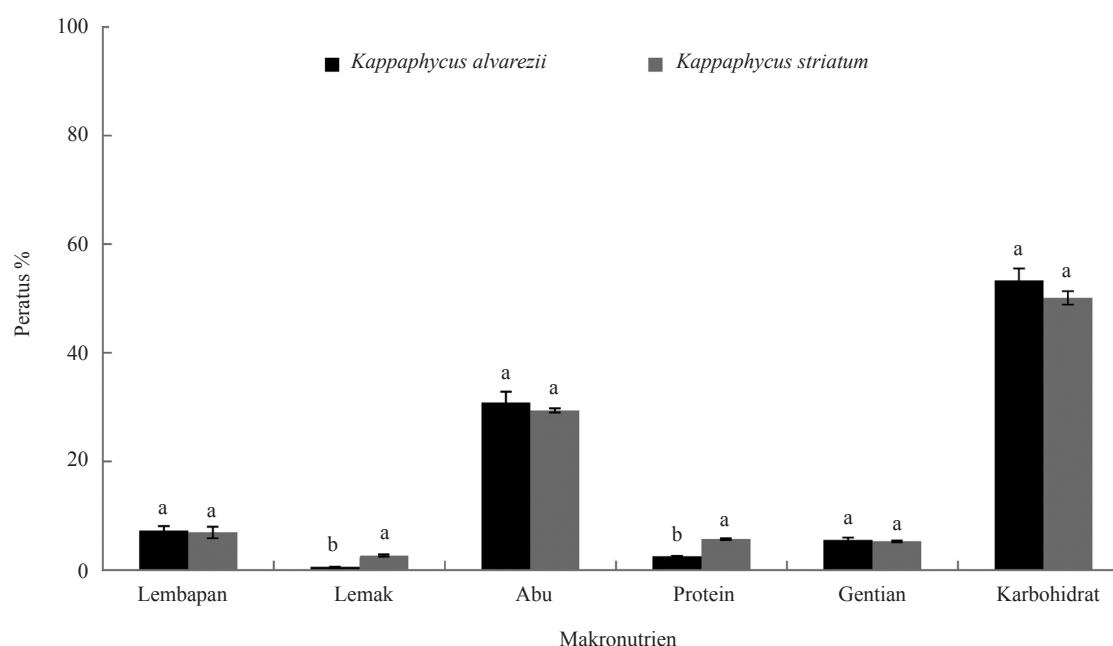
Kandungan abu bagi *K. alvarezii* dan *K. striatum* adalah tidak berbeza secara signifikan ($p > 0.05$) di mana kandungan abu masing-masing adalah sebanyak 30.9% dan 29.4%. Abu adalah mineral atau bahan bukan organik yang terbentuk sebagai karbonat, sulfat, fosfat, klorida dan silika (Poedijono Nitisewojo 1995; Marshall 2010). Keputusan kajian ini adalah berbeza dengan kajian Matanjun et al. (2009) di mana kandungan abu yang didapati daripada *Eucheuma cottonii* adalah lebih tinggi iaitu sebanyak 46.2%. Kandungan kalium (K) adalah paling tinggi dalam *E. cottonii* (Matanjun et al. 2009), namun kandungan natrium (Na) adalah tinggi dalam rumpai laut merah *Chondrus crispus* (Irish moss) dan *Porphyra tenera* (Nori) (Ruperez 2002).

Terdapat perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) pada kandungan protein di mana nilai kandungan protein bagi *K. alvarezii* adalah lebih rendah berbanding *K. striatum* dengan nilai kandungan protein masing-masing adalah 2.5% dan 5.7%. Perbezaan kandungan protein yang signifikan antara kedua-dua spesies rumpai laut ini disokong oleh Fleurence (1999) dan MacArtain et al. (2007) yang menyatakan kandungan protein dalam rumpai laut berbeza mengikut spesies. McDermid & Stuercke (2003) juga menyatakan kepekatan protein berbeza terutamanya dalam spesies yang berada di kalangan populasi yang sama. Perbezaan kandungan protein dalam rumpai laut disebabkan oleh perubahan kandungan asid amino dalam rumpai laut sepanjang tahun (Černá 2011). Selain itu, kandungan protein juga berbeza mungkin disebabkan oleh perbezaan kandungan fikoerithrin dalam kedua-dua spesies rumpai laut tersebut. Fikoerithrin merupakan protein yang memberikan warna kepada rumpai laut merah, Rhodophyceae (Fleurence 1999) dan pigmen

tersebut boleh mewakili sehingga 50% daripada pecahan protein (Gantt & Lipschutz 1974). Kandungan protein bagi kedua-dua spesies rumpai laut merah ini adalah rendah berbanding dengan kajian yang dijalankan oleh Fayaz et al. (2005) di Perairan Barat India di mana kajian tersebut melaporkan kandungan protein dalam *K. alvarezii* adalah 16.24%. Perbezaan kandungan protein dalam spesies yang sama adalah dipengaruhi oleh perbezaan habitat, lokasi geografi dan musim tuaian (Kumar et al. 2015).

Nilai gentian kasar *K. alvarezii* adalah tidak berbeza secara signifikan ($p > 0.05$) berbanding dengan *K. striatum*. Kandungan gentian bagi *K. alvarezii* dan *K. striatum* adalah masing-masing sebanyak 5.5% dan 5.3%. Kandungan gentian dalam *K. alvarezii* dan *K. striatum* adalah setara dengan kandungan gentian dalam *E. cottonii* (5.91%) dalam kajian yang dilakukan oleh Matanjun et al.

(2009). Selain itu, kandungan gentian dalam *K. alvarezii* dan *K. striatum* juga adalah setara dengan kandungan gentian dalam *Ceramium* sp. (5.1%) dan *Polysiphonia* sp. (4.3%) namun lebih tinggi berbanding *Porphyra* sp. (1.1%) yang masing-masing juga merupakan rumpai laut merah (Marsham et al. 2007). Gentian adalah komponen makanan yang tidak boleh dicernakan oleh usus kecil. Ia terdiri daripada selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin dan pelbagai jenis gam. Kebanyakan gentian boleh didapati daripada tumbuhan seperti sayur-sayuran, buah-buahan, kacang dan bijirin (Dreher 2001). Kesemua komposisi gentian adalah polisakarida kecuali lignin yang merupakan hidrokarbon (S' miechowska & Dmowski 2006). Gentian adalah berfaedah untuk kesihatan dan penting dalam membantu pergerakan usus (Anderson et al. 2009).



RAJAH 1. Peratus kandungan makronutrien dalam *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum*. Bacaan dalam purata \pm sisihan piawai ($n = 3$). Huruf yang berbeza pada kumpulan histogram menunjukkan perbezaan yang ketara ($p < 0.05$).

Tiada perbezaan yang signifikan ($p > 0.05$) antara kandungan karbohidrat *K. alvarezii* dan *K. striatum* dengan nilai kandungan karbohidrat masing-masing adalah 53.3% dan 50.1%. Kajian yang lepas mendapati kandungan karbohidrat dalam rumpai laut merah adalah dalam julat 4.3% hingga 26.5% (Wong & Cheung 2000; Manivannan et al. 2009; Matanjun et al. 2009). Namun kandungan karbohidrat yang dilaporkan oleh Marinho-Soriano et al. (2006) bagi spesies *Gracilaria cervicornis* adalah setanding dengan kajian ini iaitu 63.1%. Kandungan karbohidrat yang tinggi dalam rumpai laut merah adalah dipengaruhi oleh intensiti cahaya, suhu dan penurunan kandungan protein (Marinho-Soriano et al. 2006). Selain itu, kehadiran karageenan dalam *K. alvarezii* dan *K. striatum* (Estevez

et al. 2004; Villanueva & Montano 2003) boleh meningkatkan kandungan karbohidrat.

PROFIL ASID AMINO

Kandungan asid amino dalam *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum* ditunjukkan dalam Jadual 2. Purata kandungan asid amino yang paling tinggi dalam *K. alvarezii* adalah asid glutamik iaitu sebanyak 0.260%, manakala purata kandungan asid amino yang paling rendah adalah sistina iaitu sebanyak 0.001%. Sebaliknya purata kandungan asid amino yang paling tinggi dalam *K. striatum* adalah arginina iaitu sebanyak 0.560%, manakala purata kandungan asid amino yang paling rendah dalam

K. striatum adalah sistina iaitu sebanyak 0.003%. Walau bagaimanapun, kajian ini berbeza dengan keputusan kajian Matanjun et al. (2009) di mana kajian tersebut mendapati

kandungan fenilalanina adalah paling tinggi (19.07 mg/g) dalam *Eucheuma cottonii* manakala kandungan histidina adalah yang paling rendah (0.25 mg/g).

JADUAL 2. Kandungan asid amino *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum*

Asid amino	Rumpai laut merah	
	<i>Kappaphycus alvarezii</i> /%	<i>Kappaphycus striatum</i> /%
Alanina (Ala)	0.148 ± 0.003 ^b	0.275 ± 0.016 ^a
Arginina (Arg)	0.119 ± 0.006 ^b	0.560 ± 0.052 ^a
Asid aspartik (Asp)	0.253 ± 0.023 ^b	0.486 ± 0.034 ^a
Asid glutamik (Glu)	0.260 ± 0.021 ^b	0.520 ± 0.056 ^a
Fenilalanina (Phe)	0.125 ± 0.014 ^b	0.219 ± 0.011 ^a
Glisina (Gly)	0.132 ± 0.012 ^b	0.262 ± 0.013 ^a
Histidina (His)	0.016 ± 0.011 ^a	0.047 ± 0.001 ^a
Leusina (Leu)	0.185 ± 0.006 ^b	0.357 ± 0.016 ^a
Lisina (Lys)	0.118 ± 0.021 ^b	0.221 ± 0.017 ^a
Metionina (Met)	0.107 ± 0.027 ^a	0.177 ± 0.013 ^a
Prolina (Pro)	0.121 ± 0.010 ^a	0.267 ± 0.085 ^a
Serina (Ser)	0.151 ± 0.016 ^b	0.281 ± 0.013 ^a
Sistina (Cys)	0.001 ± 0.000 ^a	0.003 ± 0.001 ^a
Treonina (Thr)	0.137 ± 0.019 ^b	0.232 ± 0.015 ^a
Tirosina (Tyr)	0.034 ± 0.006 ^b	0.079 ± 0.004 ^a
Valina (Val)	0.163 ± 0.011 ^b	0.294 ± 0.015 ^a

Nilai dipersempakkan dalam purata ± sisihan piawai, $n = 2$. Huruf superscript yang berbeza pada baris yang sama menunjukkan perbezaan yang ketara ($p < 0.05$)

Kajian ini juga mendapati kandungan asid glutamik dan asid aspartik adalah tinggi dalam kedua-dua spesies rumpai laut merah ini. Kajian lepas mendapati kandungan asid glutamik, arginina dan asid aspartik adalah paling tinggi dalam kebanyakan spesies rumpai laut (Fleurence 1999; Wong & Cheung 2001; Dawczynski et al. 2007). Selain itu, alanina dan glisina juga banyak didapati dalam rumpai laut merah (Barsanti & Gualtieri 2006).

Kajian ini mendapati *K. striatum* mempunyai kandungan asid amino yang lebih tinggi ($p < 0.05$) berbanding kandungan asid amino dalam *K. alvarezii* kecuali histidina, metionina, prolina dan sistina ($p > 0.05$). Ini menjelaskan perbezaan kandungan protein ($p < 0.05$) antara *K. alvarezii* dan *K. striatum*. Namun, kedua-dua rumpai laut merah *K. alvarezii* dan *K. striatum* menunjukkan kehadiran asid amino perlu seperti fenilalanina, histidina, leusina, lisina, metionina, treonina dan valina. Menurut Wong & Cheung (2001), rumpai laut adalah kaya dengan asid amino perlu seperti leusina, lisina, treonina dan valina. Asid amino perlu adalah asid amino yang tidak boleh dihasilkan oleh badan. Oleh itu ia perlu didapati melalui makanan. Keputusan kajian ini mendapati kandungan asid amino perlu dalam *K. alvarezii* adalah lebih tinggi (41.11%) daripada kandungan asid amino perlu dalam *K. striatum* (36.15%). Keputusan kajian ini adalah lebih rendah berbanding kajian yang dilakukan oleh Matanjun et al. (2009) yang mendapati kandungan asid amino perlu di dalam *E. cottonii* adalah sebanyak 60.6%. Namun, data-data ini menyokong hasil kajian Galland-Irmouli et al. (1999) yang melaporkan bahawa protein daripada *Palmaria*

palmata mengandungi sebanyak 26-50% asid amino perlu daripada jumlah asid amino dalam rumpai laut.

Asid glutamik, asid aspartik, dan alanina merupakan sebahagian besar (> 30%) daripada pecahan asid amino dalam *K. alvarezii* dan *K. striatum*. Manakala tirosina, metionina dan sistina dilaporkan dalam jumlah yang lebih rendah (Gressler et al. 2010; Norziah & Ching 2000). Asid glutamik terlibat dalam mengekalkan fungsi sebenar otak dan aktiviti mental manakala asid aspartik, dalam bentuk tenaga, membantu memulakan dua laluan yang paling penting badan iaitu Kitar Krebs dan urea (Braverman et al. 2003). Selain itu, asid amino bebas juga memberikan jenis rasa yang berbeza pada rumpai laut. Manakala alanina memberikan rasa manis untuk rumpai laut (McLachlan et al. 1972; Ehigiator & Oterai 2012) serta asid aspartik dan asid glutamik pula memberikan rasa yang khas untuk rumpai laut (Mabeau et al. 1992).

PROFIL ASID LEMAK

Kandungan asid lemak dalam *K. alvarezii* dan *K. striatum* ditunjukkan dalam Jadual 3 di mana ia berdasarkan asid lemak tepu (SFA), asid lemak mono tak tepu (MUFA) dan asid lemak poli tak tepu (PUFA).

Berdasarkan Jadual 3, kedua-dua spesies rumpai laut menunjukkan kandungan SFA yang paling tinggi (42.7% - 72.8%) diikuti dengan kandungan MUFA (13.8% - 36.2%) dan kandungan PUFA adalah yang paling rendah (13.5% - 21.2%). Hasil kajian ini menyokong hasil kajian lepas oleh Chu et al. (2003), Pereira et al. (2012b) dan Mendes

JADUAL 3. Kandungan asid lemak (% jumlah asid lemak) *Kappaphycus alvarezii* dan *Kappaphycus striatum*

Asid lemak metil ester	Asid Lemak	<i>K. alvarezii</i>	<i>K. striatum</i>
Kaprilik	C8:0	0.1605 ± 0.033	0.126 ± 0.001
Kaprik	C10:0	0.146 ± 0.018	0.151 ± 0.001
Undecylic	C11:0	ND	0.025 ± 0.001
Laurik	C12:0	1.376 ± 0.141	1.520 ± 0.003
Tridecylic	C13:0	ND	0.041 ± 0.001
Miristik	C14:0	3.263 ± 0.168	2.878 ± 0.007
Pentadekanoik	C15:0	0.220 ± 0.007	0.043 ± 0.016
Palmitik	C16:0	27.090 ± 5.705	35.995 ± 0.053
Heptadekanoik	C17:0	0.238 ± 0.018	0.117 ± 0.001
Stearik	C18:0	7.770 ± 2.175	27.040 ± 0.021
Arakidik	C20:0	0.535 ± 0.078	1.687 ± 0.001
Heneikosanoik	C21:0	0.353 ± 0.166	0.073 ± 0.001
Behenik	C22:0	0.567 ± 0.224	2.530 ± 0.014
Tricosylic	C23:0	0.411 ± 0.021	0.483 ± 0.073
Lignoserik	C24:0	0.577 ± 0.234	0.042 ± 0.002
	Total SFA	42.704	72.747
Miristoleik	C14:1	0.088 ± 0.012	0.065 ± 0.001
cis-10-Pentadeconoik	C15:1	0.133 ± 0.057	0.030 ± 0.005
Palmitoleik	C16:1	10.178 ± 0.849	5.395 ± 0.007
Heptadecenoik	C17:1	18.390 ± 3.070	6.718 ± 0.012
Oleik	C18:1(n-9) cis	2.354 ± 0.228	0.956 ± 0.003
Elaidic	C18:1(n-9) trans	1.263 ± 0.091	ND
Eicosenoik	C20:1 (n-9)	ND	0.025 ± 0.001
Erucik	C22:1 (n-9)	1.003 ± 0.019	0.053 ± 0.002
Nervonik	C24:1	2.743 ± 0.017	0.557 ± 0.008
	Total MUFA	36.150	13.797
Linoleik	C18:2 (n-6) cis	ND	8.153 ± 0.007
Linoleaidik	C18:2 (n-6) trans	0.391 ± 0.010	0.228 ± 0.007
α-Linolenik	C18:3 (n-3)	15.977 ± 2.595	3.933 ± 0.006
γ-Linolenik	C18:3 (n-6)	2.586 ± 0.520	0.388 ± 0.021
Eicosadienoik	C20:2	0.163 ± 0.011	0.027 ± 0.001
cis-11,14,17-Eicosatrienoik	C20:3 (n-3)	0.377 ± 0.158	0.238 ± 0.001
cis-8,11,14-Eicosatrienoik	C20:3 (n-6)	ND	0.089 ± 0.001
Arakidonik	C20:4 (n-6)	1.407 ± 0.595	0.207 ± 0.019
Dokosadienoik	C22:2	0.288 ± 0.04	0.109 ± 0.001
Dokosaheksanoik	C22:6 (n-3)	ND	0.125 ± 0.017
	Total PUFA	21.1875	13.4945
	ω3PUFA	16.354	4.296
	ω6PUFA	4.384	9.065
	ω6/ω3PUFA	0.268	2.110

Nilai dipersembahkan dalam purata ± sisihan piawai, $n = 2$

et al. (2013). Bagi sampel *K. alvarezii*, 13 komponen SFA, 8 komponen MUFA dan 7 komponen PUFA telah dikenal pasti. Untuk *K. striatum*, 15 komponen SFA, 8 komponen MUFA dan 10 komponen PUFA telah dikenal pasti.

Asid palmitik (16:0) adalah SFA yang paling banyak ditentukan dalam kedua-dua spesies rumpai laut. Kajian lain juga melaporkan bahawa kandungan asid palmitik adalah paling tinggi daripada jumlah asid lemak dalam rumpai laut merah (Chu et al. 2003; Mendes et al. 2013). Walau bagaimanapun, asid lemak dalam *K. alvarezii* adalah rendah berbanding *K. striatum*, namun kandungan PUFA dan MUFA pada *K. alvarezii* adalah 2 kali lebih tinggi terutama sekali kandungan asid lemak omega-3. Asid heptadecenoik

adalah asid lemak tidak tepu yang paling tinggi ditemui dalam *K. alvarezii* manakala asid linoleik adalah asid lemak tidak tepu yang paling tinggi ditemui dalam *K. striatum*. Kandungan PUFA adalah berbeza bagi setiap spesies dan ia dipengaruhi oleh suhu persekitaran (Mendis & Kim 2011). Menurut laporan tersebut, suhu persekitaran yang rendah membantu dalam penghasilan PUFA.

Kedua-dua asid lemak perlu iaitu asid linoleik (LA) dan asid alfa-linolenik (ALA) dijumpai dalam *K. striatum*. Walau bagaimanapun, hanya ALA yang ditemui dalam *K. alvarezii*. Asid lemak perlu adalah asid lemak yang tidak boleh disintesis oleh badan tetapi ia diperlukan oleh manusia untuk mengekalkan integriti struktur dan

fungsi sistem saraf pusat dan retina (Singh 2005). Asid docosaheksanoik (DHA) adalah asid lemak yang penting dalam fisiologi manusia dan juga merupakan asid lemak omega-3 yang hanya dijumpai dalam *K. striatum* (0.125%). DHA juga adalah asid lemak yang penting dalam perkembangan otak manusia (Nur Airina Muhamad & Jamaludin Mohamad 2012) dan perkembangan sistem saraf (van Ginneken et al. 2011). Selain daripada DHA, kedua-dua spesies rumpai laut juga mempunyai kandungan asid palmitoleik dan asid oleik yang mana asid palmitoleik berupaya untuk meningkatkan sensitiviti insulin manakala asid oleik pula berupaya untuk meningkatkan sistem imun manusia (Fuad et al. 2015).

KESIMPULAN

Keputusan kandungan makronutrien kedua-dua spesies rumpai laut merah yang dikaji adalah tidak berbeza secara ketara ($p > 0.05$) kecuali kandungan lemak dan kandungan protein ($p < 0.05$). Profil asid amino menggunakan Kromatografi Cecair Berprestasi Tinggi (HPLC) mendapati terdapat perbezaan dalam kandungan asid amino antara *K. alvarezii* dengan *K. striatum* di mana kandungan asid glutamik adalah paling tinggi dalam *K. alvarezii* dan kandungan arginina adalah paling tinggi dalam *K. striatum*. Kedua-dua spesies rumpai laut merah menunjukkan kehadiran asid amino perlu iaitu fenilalanina, histidina, leusina, lisina, metionina, treonina dan valina sebanyak 36.15% hingga 41.11% daripada jumlah asid amino yang hadir. Keputusan profil asid lemak mendapati kandungan SFA adalah yang paling tinggi dalam *K. alvarezii* dan *K. striatum*, diikuti dengan kandungan MUFA dan kandungan PUFA adalah yang paling rendah. Secara kesimpulannya, *K. alvarezii* dan *K. striatum* menunjukkan kehadiran zat yang penting untuk kesihatan manusia seperti abu, protein, karbohidrat dan n-3 PUFA. Kajian lanjutan berkenaan vitamin, mineral, logam berat dan aspek toksikologi perlu dilakukan untuk menggalakkan pengeluaran rumpai laut sebagai sumber makanan dan kegunaan manusia.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi penghargaan kepada Prof. Madya Dr. Ahmad Bin Ismail dan pelajar beliau, Farah Zainee dari Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi, UKM kerana membuat pengenalan sampel *K. alvarezii* dan *K. striatum*. Kajian ini dibiayai oleh geran penyelidikan eScienceFund STGL-016-2012, STGL-007-2010 dan STGL-007-2010 / 9.

RUJUKAN

- Aguilera-Morales, M., Casas-Valdez, M., Carrillo-Domínguez, S., González-Acosta, B. & Pérez-Gil, F. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *J. Food Comp. Anal.* 18: 79–88.
- Ahemad Sade, Ismail, A. & Mohammad Raduan, M.A. 2006. The seaweed industry in Sabah, East Malaysia. *Jati* 11: 97 - 107.
- Ahmad, I. 1995. *Rumpai laut Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Anderson, J.W., Baird, P., Davis Jr, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V. & Williams, C.L. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutr. Rev.* 67(4):188–205.
- Barsanti, L. & Gualtieri, P. 2006. *Algae: Anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Bixler, H.J. & Porse, H. 2010. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *J. Appl. Phycol.* 23: 321 – 335.
- Braverman, E.R., Pfeiffer, C.C., Blum, K., & Smayda, R. 2003. Glutamate amino acids. Dlm. *The Healing Nutrients Within: Facts, Findings and New Research on Amino Acids*, disunting oleh Hirsch, C. Laguna Beach: Basic Health Publications, Inc.
- Černá, M. 2011. Seaweed proteins & amino acids as nutraceuticals. Dlm. *Marine Medicinal Foods: Implications and Applications, Macro and Microalgae*, disunting oleh Kim, S.K. Oxford: Elsevier Inc.
- Chapman, V.J. & Chapman, D.J. 1980. *Seaweeds and Their Uses*. Ed. ke-3. New York: Chapman and Hall.
- Chu, W.L., Mohamed, N. & Phang, S.M. 2003. Fatty acid composition of some Malaysian seaweeds. *Mal. J. Sci.* 22(2): 21- 27.
- Dawczynski, C., Schubert, R. & Jahreis, G. 2007. Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.* 103(3): 891-899.
- Dreher, M.L. 2001. Dietary fiber overview. Dlm. *Handbook of Dietary Fiber*, disunting oleh Cho, S.S. & Dreher, M.L. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Ehigiator, F.A.R. & Oterai, E.A. 2012. Chemical composition and amino acid profile of a caridean prawn (*Macrobrachium vollenhovenii*) from Ovia River and tropical periwinkle (*Tympanotonus fuscatus*) from Benin River, Edo State, Nigeria. *Int. J. Res. Rev. Appl. Sci.* 11(1): 162 – 167.
- Estevez, J.M., Ciancia, M. & Cerezo, A.S. 2004. The system of galactans of the red seaweed, *Kappaphycus alvarezii*, with emphasis on its minor constituents. *Carbohydr. Res.* 339: 2575–2592.
- Fayaz, M., Namitha, K.K., Murthy, K.N.C., Swamy, M.M., Sarada, R., Khanam, S., Subbarao, P.V. & Ravishankar, G.A. 2005. Chemical composition, iron bioavailability, and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezii* (Doty). *J. Agric. Food Chem.* 53, 792–797.
- Fleurence, J. 1999. Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 25–28.
- Fuad, M.A.M., Mohammad-Noor, N., Jalal, A.K.C. & Kamaruzzaman, B.Y. 2015. Growth Profile and fatty acid accumulation of four *Chaetoceros* taxa isolated from Coastal Water of Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana* 44(8): 1077–1084.

- Galland-Irmouli, A., Fleurence, J., Lamghari, R., Lucon, M., Rouxel, C., Barbaroux, O., Bronowicki, J., Villaume, C. & Gueant, J. 1999. Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmaria palmata* (Dulse). *J. Nutr. Biochem.* 10: 353 – 359.
- Gantt, E. & Lipschutz, C.A. 1974. Phycobilisomes of *Porphyridium cruentum*: pigment analysis. *Biochemistry, N.Y.* 13: 2960 – 2966.
- Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A. & Rupérez, P. 2010. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Res. Int.* 43: 2289–2294.
- Gressler, V., Yokoya, N.S., Fujii, M.T., Colepicolo, P., Filho, J.M., Torres, R.P. & Pinto, E. 2010. Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. *Food Chem.* 120: 585–590.
- Jimenez-Escrig, A. & Sanchez-Muniz, F.J. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutr. Res.* 20(4): 585 – 598.
- Kumar, K.S., Ganesan, K. & Subbarao, P.V. 2015. Seasonal variation in nutritional composition of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—an edible seaweed. *J. Food Sci. Technol.* 52(5): 2751–2760.
- Mabeau, S., Cavaloc, E., Fleurence, J. & Lahaye, M. 1992. New seaweed based ingredients for the food industry. *Int. Food Ingredients* 3: 38-45.
- MacArtain, P., Gill, C.I.R., Brooks, M., Campbell, R. & Rowland, I.R. 2007. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutr. Rev.* 65(12): 535-543.
- Manivannan, K., Thirumaran, G., Devi, G.K., Anantharaman, P. & Balasubramanian, T. 2009. Proximate composition of different group of seaweeds from Vedalai Coastal Waters (Gulf of Mannar): Southeast Coast of India. *Middle East J. Sci. Res.* 4(2): 72-77.
- Marinho-Soriano, E., Fonseca, P.C., Carneiro, M.A.A. & Moreira, W.S.C. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresour. Technol.* 97: 2402 – 2406.
- Marshall, M.R. 2010. Ash analysis. Dlm. *Food Analysis*, disunting oleh Nielsen, S.S. Ed. ke- 4. New York: Springer.
- Marsham, S., Scott, G.W. & Tobin, M.L. 2007. Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food Chem.* 100: 1331 – 1336.
- Matanjun, P., Suhaila Mohamed, Noordin Mohamed Mustapha & Kharidah Muhammad. 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *J. Appl. Phycol.* 21: 75 – 80.
- McDermid, K.J. & Stuercke, B. 2003. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *J. Appl. Phycol.* 15: 513–524.
- McHugh, D.J. 2003. A guide to seaweed industry. *FAO Fisheries Technical Paper No. 441*: 1 – 105. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y4765e/y4765e06.pdf> [20 Mei 2010]
- McLachlan, J., Craigie, J.S., Chen, L.C.M. & Ogetze, E. 1972. *Porphyra linearis* Grev: an edible species of Nori from Nova Scotia. *Proceedings of the International Seaweed Symposium* 7: 473-476.
- Mendes, M., Pereira, R., Sousa-Pinto, I., Carvalho, A.P. & Gomes, A.M. 2013. Antimicrobial activity and lipid profile of seaweed extracts from the North Portuguese Coast. *Int. Food Res. J.* 20(6): 3337-3345.
- Mendis, E. & Kim, S.K. 2011. Present and future prospects of seaweeds in developing functional foods. Dlm. *Marine Medicinal Foods: Implications and Applications, Macro and Microalgae*, disunting oleh Kim, S.K. Oxford: Elsevier Inc.
- Mišurcová, L., Ambrožová, J. & Samek, D. 2011. Seaweed lipids as nutraceuticals. Dlm. *Advances in Food and Nutrition Research*, disunting oleh Kim, S.K. Vol. 64. Burlington: Academic Press.
- Nair, R., Chabhadiya, R. & Chanda, S. 2007. Marine algae: Screening for a potent antibacterial agent. *J. Herb. Pharmacother.* 7(1): 73 – 86.
- Nur Airina Muhamad & Jamaludin Mohamad. 2012. Fatty acids composition of selected Malaysian fishes. *Sains Malaysiana* 41(1): 81–94.
- Norziah, M.H. & Ching, C.Y. 2000. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chem.* 68: 69 – 76.
- Nwosu, F., Morris, J., Lund, V.A., Stewart, D., Ross, H.A. & McDougall, G.J. 2011. Anti-proliferative and potential anti-diabetic effects of phenolic - rich extracts from edible marine algae. *Food Chem.* 126(3): 1006-1012.
- Pereira, R., Valente, L.M.P., Sousa-Pinto, I. & Rema, P. 2012a. Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Algal Res.* 1: 77 – 82.
- Pereira, H., Barreira, L., Figueiredo, F., Custódio, L., Vizetto-Duarte, C., Polo, C., Resek, E., Engelen, A. & Varela, J. 2012b. Polyunsaturated fatty acids of marine macroalgae: Potential for nutritional and pharmaceutical applications. *Mar. Drugs* 10: 1920-1935.
- Phang, S.M. 2006. Seaweed resources in Malaysia: Current status and future prospects. *Aquat. Ecosyst. Health Manag.* 9(2): 185 – 202.
- Phang, S.M. 2010. Potential products from tropical algae and seaweeds, especially with reference to Malaysia. *Mal. J. Sci.* 29(2): 160 – 166.
- Plaza, M., Cifuentes, A & Ibáñez, E. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends Food Sci. Technol.* 19(1): 31 - 39.
- Poedijono Nitisewojo. 1995. *Prinsip Analisis Makanan*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Ruperez, P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chem.* 79: 23 – 26.
- S´miechowska, M. & Dmowski, P. 2006. Crude fibre as a parameter in the quality evaluation of tea. *Food Chem.* 94: 366 – 368.
- Sidik, B.J., Zakaria M.H. & Kawaguchi, S. 2012. Historical review of seaweed research in Malaysia before 2001. *Coast. Mar. Sci.* 35(1): 169 – 177.
- Singh, M. 2005. Essential fatty acids, DHA and human brain. *Indian J. Pediatr.* 72(3): 239 – 242.
- Valente, L.M.P., Gouveia, A., Rema, P., Matos, J., Gomes, E.F. & Sousa-Pinto, I. 2006. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 252: 85 – 91.
- van Ginneken, V.J.T., Helsper, J.P.F.G., de Visser, W., van Keulen, H. & Brandenburg, W.A. 2011. Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from North Atlantic and tropical seas. *Lipids Health Dis.* 10: 104 -111.

- Villanueva, R.D. & Montaño, M.N.E. 2003. Fine chemical structure of carrageenan from the commercially cultivated *Kappaphycus striatum* (Sacol variety) (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *J. Phycol.* 39: 513–518.
- Waters. 1993. Waters AccQ-Tag amino acid analysis system: Operator's manual. USA: Milford.
- Wijesinghea, W.A.J.P. & Jeon, Y.J. 2012. Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulphated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review. *Carbohydr. Polym.* 88: 13–20.
- Wong, K. & 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 Chem.* 71: 475 – 482.
- Wong, K. & Cheung, P.C.K. 2001. Influence of drying treatment on three *Sargassum* species. *J. Appl. Phycol.* 13: 43–50.
- Yip, W.H., Joe, L.S., Mustapha, W.A.W., Maskat, M.Y. & Said, M. 2014. Characterisation and stability of pigments extracted from *Sargassum binderi* obtained from Semporna, Sabah. *Sains Malaysiana* 43(9): 1345–1354.

Farah Diyana Ariffin
 Chan Kok Meng
 Program Kesihatan Persekitaran dan Keselamatan Industri
 Pusat Pengajian Sains Diagnostik dan Kesihatan Gunaan
 Fakulti Sains Kesihatan
 Universiti Kebangsaan Malaysia
 50300 Jalan Raja Muda Abdul Aziz
 Kuala Lumpur, Malaysia

Aminah Abdullah
 Program Sains Makanan
 Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan
 Fakulti Sains dan Teknologi
 Universiti Kebangsaan Malaysia
 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan

Shahrul Hisham Zainal Ariffin
 Program Biokimia
 Pusat Pengajian Biosains dan Bioteknologi
 Fakulti Sains dan Teknologi
 Universiti Kebangsaan Malaysia
 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan

Pengarang untuk dihubungi: Farah Diyana Ariffin
 Emel: farahdiyana@ukm.edu.my

Tel: +603-9289 7413
 Fax: +603-2692 9032

Diterima: Jun 2016
 Diterima untuk diterbitkan: Februari 2017

