

養殖海葡萄、石蓴及海木耳的營養成分

蘇惠美、張銀戀、施建宏
水產試驗所東港生技研究中心

前言

依據 FAO 資料，2008 年世界海藻總產量約 1 千 5 百萬公噸鮮重，總產值達 74 億美元。海藻養殖自 1970 年以來穩定擴展中，年成長率約 7.8%。養殖海藻產量最高的是海帶 (*Laminaria japonica*, 4.8 百萬公噸)，其次為麒麟菜 (*Euchema* spp., 3.8 百萬公噸)、裙帶菜 (*Undaria pinnatifida*, 1.8 百萬公噸)、龍鬚菜 (1.4 百萬公噸) 與紫菜 (1.4 百萬公噸)。東亞及東南亞是主要產地，東亞生產的溫帶海藻 (海帶、裙帶菜、紫菜) 大多作為人類食品；而東南亞生產的熱帶海藻 (麒麟菜)，則主要用來萃取卡拉膠 (carrageenan)。台灣的海藻養殖始於 1970 年代，2008 年以魚塢養殖的龍鬚菜產量最高 (6,861 公噸)，主要用來養殖九孔，另有海上養殖的紫菜及裙帶菜，產量僅數噸，供人類食用。為了提供更多元的海中蔬菜，東港生技研究中心於 2009 年開始利用水槽養殖法，培育海葡萄、石蓴及海木耳，已可達到每週每平方公尺 2 kg 以上的鮮重產量。綠藻類蕨藻科的海葡萄，外型如串串葡萄，有綠色魚子醬之美名。同屬綠藻類的石蓴的功能，早已載明於本草綱目。紅藻類的海木耳則是小琉球的珍饈佳餚，涼拌煮湯脆黏爽口。本研究進一步分析這三種海藻的營養成分，顯示富含膳食纖維、鈣、鎂、鉀、鐵、鋅、硒礦物質，並含

有與乳品差不多量的蛋白質及人體必需的胺基酸，活腦的維生素 E，Omega-3 與 Omega-6 脂肪酸，確實是營養健康的海中蔬菜。

材料與方法

養殖海藻採收後，先用淡水浸泡清洗藻體，去除表面的鹽份。瀝乾後置於熱風乾燥機，以 55°C 烘 24 小時，乾燥後收集在夾鏈袋中，冷藏於 7°C 備用。檢驗方法：粗脂肪、水分、灰分、粗蛋白、維生素之分析參考 CNS 方法，膳食纖維、鈉、鈣、鉻、鐵、鉀、鎂、錳、鎳、磷、鋅、鈷、硒、銅、硼等之分析參考 AOAC、NIEA 方法，脂肪酸組成份用氣相層析儀，水解胺基酸組成用胺基酸離子層析法。熱量計算公式為：【9 (粗脂肪) + 4 (粗蛋白) + 4 (碳水化合物-粗纖維-膳食纖維)】，碳水化合物：【100-水分-灰分-粗蛋白-粗脂肪】。委託檢驗單位：屏東科技大學農水產品檢驗與驗證中心、食品工業發展研究所及杜夫萊因食品生技安全顧問公司。

結果

表 1 顯示海葡萄、石蓴與海木耳 100 g 乾重藻體的一般成分，並據以換算出 100 g 鮮重藻體的相對成分。綠藻類之海葡萄 (小葉蕨藻 *Caulerpa microphysa*) 粗蛋白含量最

低 (11.04%)，與馬來西亞野生的日本海葡萄—長莖蕨藻 (10.41%) 差不多 (Matanjun et al., 2009)。石蓴 (*Ulva lactuca*) 的含量則高出 2 倍之多 (22.66%)。紅藻類的海木耳 (*Sarcodia montagneana*) 粗蛋白含量 (21.85%) 低於海南島 (張, 2002) 野生紫菜 (29.05%)，與細基江蓢 (20.21%) 差不多、高於石花菜及異枝麒麟菜 (2.99%)，也大於馬

來西亞養殖的耳突麒麟菜 (9.76%) 及澳洲 14 種野生熱帶紅藻 (4.8–12.8%) (Renaud & Luong-Van, 2006)。海藻蛋白質含量因藻種及季節有很大差異，一般而言，紅藻類的含量最高 (11–47%)，綠藻類次之 (9–26%)，褐藻類最低 (3–15%) (Harnedy & FitzGerald, 2011)。以鮮重換算，石蓴與海木耳約含有 2% 之蛋白質。

表 1 海葡萄、石蓴與海木耳的一般營養成分

營養成分	海葡萄	石 蓴	海木耳	海葡萄	石 蓴	海木耳
	100 g 乾重含量(測定)			100 g 鮮重含量(換算)		
熱 量(大卡)	125	126	115	4	13	12
水分(g)	7.35	15.73	10.26	96.92	89.35	89.72
粗蛋白(g)	11.04	22.66	21.85	0.34	2.41	2.25
粗脂肪(g)	1.47	0.81	0.64	0.05	0.09	0.07
碳水化合物	16.90	43.00	37.75	0.52	4.58	3.88
總膳食纖維(g)	17.84	36.00	32.50	0.55	3.83	3.34
灰分(g)	58.33	17.81	29.16	1.80	1.90	3.00
維生素 B2(mg)	0.22	0.23	N.D.	0.007	0.024	N.D.
維生素 Eα(mg)	N.D.	3.23	0.70	N.D.	0.344	0.071
鈉(mg)	17300	131	7230	533	14	743
鉀(mg)	1130	1634	1635	35	174	168
鈣(mg)	1590	935	600	49	100	62
鎂(mg)	1840	3952	988	57	421	102
磷(mg)	79	227	666	2	24	68
鐵(mg)	18.30	8.42	3.53	0.564	0.896	0.363
鋅(mg)	1.18	4.35	69.93	0.036	0.463	7.189
硒(mg)	0.039	0.069	0.030	0.001	0.007	0.003
銅(mg)	0.220	3.736	1.198	0.007	0.398	0.123
硼(mg)	N.A.	3.44	8.21	N.A.	0.366	0.844
錳(mg)	2.23	1.03	1.53	0.069	0.110	0.157
鉻(mg)	0.030	0.209	0.094	0.001	0.022	0.010
鎳(mg)	N.A.	0.473	0.204	N.A.	0.050	0.021
鈷(mg)	0.033	0.019	0.015	0.001	0.002	0.001
鈉/鉀比例	15.31	0.08	4.42	15.31	0.08	4.42
總陽離子(g)	21.96	6.86	11.26	0.676	0.731	1.158

* 根據鮮藻體之水分從乾重換算；N.D. = 測不到；N.A. = 未測定

總膳食纖維含量以石蓴最高 (36.0%)、海木耳 (32.5%) 次之，海葡萄最低 (17.8%)，可能因成長較快，均較野生的裂片石蓴 (50.1%)、長莖蕨藻 (24.0% & 33.0%) 及紅藻類 (35.8–59.8%) 低。但其含量相當於麥麩 (43.9%)、高纖穀物 (32.2%)、燕麥 (11.3%) (McDermid et al., 2005)，鮮重含量也不低於洋蔥 (1.6%)、青花椰 (2.7%) 及甘薯葉 (3.1%)，是高膳食纖維食物。膳食纖維是不能被人體消化酵素所分解的物質，它的成分也是碳水化合物。可食海藻的膳食纖維因其生化特性 (保水量、鍵結量、陽離子交換能、發酵性等)，可以縮短糞便通過腸道的時間，避免便秘的發生，降低血清膽固醇，減少有害物質被吸收，減低癌細胞形成的機率。膳食纖維一般建議每日攝取 25 g，超過 35 g 會影響其他營養素的吸收，可用來減肥。

石蓴含有較高量的維生素 B2 (0.23 mg) 及維生素 E α (3.23 mg)，海木耳僅測得維生素 E α (0.70 mg)，而海葡萄僅含維生素 B2 (0.22 mg)。Burtin (2003) 指出，綠藻類與紅藻類僅含有維生素 E α ，而褐藻類不僅含量較高，另外還含有維生素 E β 及 E γ 。Matanjun et al. (2009) 分析 3 種新鮮海藻 (綠藻類、紅藻類與褐藻類各 1 種)，結果約含有 35 mg 的維生素 C，且三大類之含量差不多，因此海藻類也是含有維生素 C 及 E α 的天然食物。

乾燥海葡萄含高量的灰分 (58.33%)，石蓴灰分量最低 (17.82%)；若以鮮藻換算，因海葡萄含水量高達 97%，二種綠藻類灰分量 (1.8–1.9%) 差不多，海木耳則較高 (3.0%)。三種海藻的巨量礦物質成分差異大，100 g 乾重之含量：鈉 0.1–17.3 g、鈣

0.6–1.59 g、鉀 1.13–1.63 g、鎂 0.99–3.95 g、磷 0.08–0.67 g。鮮藻中之鈣、鎂、鉀含量以石蓴為最高，鈉、磷含量則以海木耳最高。根據衛生署國人膳食營養素參考攝取量，建議成人每日攝取量鈣 1,000 mg、磷 800 mg、鎂 315–360 mg。同時研究也指出，國人於遵循均衡飲食之情況下，鎂攝取量仍低於建議量，而鎂攝取量不足與許多慢性疾病有關。例如流病資料顯示，25% 的糖尿病患者有低血鎂之情形，鎂的補充可改善非胰島素糖尿病患者之葡萄糖耐量；此外也可改善停經後婦女的骨質疏鬆情況與血脂濃度；並發現飲食之鎂含量與血壓呈負相關。海藻類是含鎂較高的天然食物，100 g 鮮藻體中鎂含量 57–421 mg，遠高於陸上 47 種蔬菜 (9–69 mg) 及蔬菜中含量最高的野苣 (186 mg)。攝取鈉鉀比例過高的食物有發生高血壓的風險，石蓴鈉鉀比例最低 (0.08)，含量與陸上蔬菜 (0.01–0.43) 差不多，但海葡萄 (15.31) 與海木耳 (4.47) 則過高，將探討如何從養殖技術加以改善。

養殖海藻微量礦物質的含量差異頗大，如表 1 所示。除石蓴之銅 (3.74 mg/100 g 乾重) 與海木耳之鋅 (69.93 mg/100 g 乾重) 較高外，這 8 種作為環境污染指標的微量礦物質，均在黑海野生食用海藻測得之範圍內 (Tuzen et al., 2007)。依據 FAO/WHO 建議，微量元素日攝取量：鐵 48 mg、鋅 60 mg、硒 0.055 mg、銅 3 mg、錳 2–9 mg、鉻 0.05–0.20 mg、鎳 0.1–0.3 mg (Tuzen et al., 2007)。

海葡萄、石蓴與海木耳的粗脂肪含量分別為 1.47%、0.81%、0.64%，與野生的長莖蕨藻 (1.10%)、石蓴 (0.6%)、養殖的耳突麒

鱗菜 (1.11%)、野生的 4 種紅藻 (0.18—0.85%) 相近；但 3 種海藻的脂肪酸組成 (表 2) 則差異大。海木耳含高量棕櫚酸 C16 : 0 (51.10%) 及花生四烯酸 C20 : 4 ω 6 (27.10%)，未測得 Omega-3 脂肪酸；海葡萄的棕櫚酸含量也高 (38.33%)，但多元不飽和脂肪酸 (PUFA) 及 Omega-3 脂肪酸含量最高，分別為 34.97%及 15.73%；石蓴的脂肪酸組成中量較多的是棕櫚酸 (30.59%)、二十碳二烯酸 C20 : 2 ω 6 (13.48%) 及未鑑定的其他脂肪酸 (28.67%)。3 種海藻脂質含量雖低，其 ω 3 及 ω 6 脂肪酸所佔的比例，不比陸上植物低，且 ω 6 含量較 ω 3 高；並含有海水生物特有的二十碳以上多元不飽和脂肪酸 (HUFA) 及嬰兒奶粉配方中強調的亞麻油酸 (18 : 2 ω 6)、 γ -次亞麻油酸 (C18 : 3 ω 6)、花生四烯酸 ARA 及二十二碳六烯酸 DHA，為優質脂質。

海葡萄、石蓴與海木耳的水解胺基酸含量與其百分比組成如表 3 所示，含有 19 種胺基酸，其中人體及魚貝 (Daume et al., 2003) 必需胺基酸共 12 種，必需胺基酸總量 (EAA) 以石蓴最高 (9,561 mg/100 g DW) 其次為海木耳 (7,910 mg/100 g DW) 與海葡萄 (3,517 mg/100 g DW)。但以其佔總水解胺基酸之百分比來看，三種海藻間差異小，介於 53.2—46.4%。三種海藻之水解胺基酸組成百分比類型也大致一樣，含量最高的均是天門冬胺酸 (9.4—13.7%) 與麩胺酸 (9.5—11.8%)，此二種胺基酸是海藻特殊香味與口感的來源；其他胺基酸含量則為 0.7—9.4%。海木耳還含有微量的牛磺酸 (0.2%)。通常，亞熱帶的綠藻類其總胺基酸含量高於紅藻類，本研究也顯示石蓴高於海木耳，但海葡萄則較低，可能

表 2 海葡萄、石蓴與海木耳的脂肪酸組成(%)

脂 肪 酸	碳 數	海葡萄	石 蓴	海木耳
辛酸	C8:0		2.22	2.30
癸酸	C10:0	0.40		
月桂酸	C12:0	0.63		
十三酸	C13:0	0.24		
肉豆蔻酸	C14:0	2.20	1.04	4.53
棕櫚酸	C16:0	38.33	30.59	51.10
棕櫚油酸	C16:1	2.73	4.29	0.65
硬脂酸	C18:0	1.48	1.01	1.61
油酸	C18:1 ω 9	13.33	2.65	5.86
亞麻油酸	C18:2 ω 6	13.17	4.26	1.16
α -次亞麻油酸	α -C18:3 ω 3	10.81	7.92	
γ -次亞麻油酸	γ -C18:3 ω 6	0.67	1.09	
十八碳四烯酸	C18:4 ω 3	0.42		
二十碳二烯酸	C20:2 ω 6		13.48	
γ -二十碳三烯酸	C20:3 ω 6	0.61		0.69
花生四烯酸 (ARA)	C20:4 ω 6	4.79	0.42	27.10
二十碳五烯酸(EPA)	C20:5 ω 3	3.23	0.31	
二十二碳二烯酸	C22:2 ω 6		0.37	
二十二碳五烯酸	C22:5 ω 3	0.45	2.05	
二十二碳六烯酸(DHA)	C22:6 ω 3	0.82		
二十四酸	C24:0	5.27		
二十四碳烯酸	24:1 ω 9	0.41		
其他			28.67	5.71
飽和脂肪酸	SFA	48.55	34.86	59.54
單元不飽和脂肪酸	MFA	16.47	6.94	6.51
多元不飽和脂肪酸	PUFA	34.97	29.53	28.95
多元不飽和脂肪酸 ω -6	Omega-6	19.24	10.25	28.95
多元不飽和脂肪酸 ω -3	Omega-3	15.73	10.28	0.00
Omega-6/Omega-3 比例	ω -6/ ω -3	1.22	1.87	

註：飽和脂肪酸(Cn:0)；單元不飽和脂肪酸(Cn:1)；多元不飽和脂肪酸(Cn:2 + Cn:3)；Omega-6 (Cn:m ω 6)、Omega-3 (Cn:m ω 3)

表3 海葡萄、石蓴與海木耳的水解胺基酸含量與其百分比組成(*人體魚貝必需胺基酸; N.D. = 測不到; N.A. = 未測定)

胺基酸	Amino acid	海葡萄	石蓴	海木耳	海葡萄	石蓴	海木耳
		mg/100g DW			% of TAA		
異白胺酸*	Isoleucine	279	700	663	4.20%	3.60%	4.40%
白胺酸*	Leucine	436	1352	1109	6.60%	7.00%	7.30%
離胺酸*	Lysine	463	1112	1080	7.00%	5.70%	7.10%
甲硫胺酸*	Methionine	47	N.A.	N.A.	0.70%	N.A.	N.A.
苯丙胺酸*	Phenylalanine	350	1052	744	5.30%	5.40%	4.90%
色胺酸*	Tryptophan	N.A.	844	835	N.A.	4.40%	5.60%
缬胺酸*	Valine	406	1223	850	6.10%	6.30%	5.60%
蘇胺酸*	Threonine	368	927	618	5.60%	4.80%	4.10%
組胺酸*	Histidine	240	299	235	3.60%	1.50%	1.50%
精胺酸*	Arginine	404	1450	1368	6.10%	7.50%	9.00%
丙胺酸	Alanine	427	1817	1046	6.50%	9.40%	6.90%
天門冬胺酸	Aspartic Acid	670	2649	1433	10.10%	13.70%	9.40%
麩胺酸	Glutamic Acid	782	1845	1540	11.80%	9.50%	10.10%
甘胺酸	Glycine	619	1194	717	9.40%	6.20%	4.70%
脯胺酸	Proline	250	924	660	3.80%	4.80%	4.30%
絲胺酸	Serine	345	1218	983	5.20%	6.30%	6.40%
胱胺酸*	Cystine	224	N.A.	N.A.	3.40%	N.A.	N.A.
酪胺酸*	Tyrosine	300	602	408	4.50%	3.10%	2.70%
牛磺酸	Taurine	N.A.	N.D.	38	N.A.	N.D.	0.20%
總水解胺基酸	TAA	6611	19320	15195	100.00%	100.00%	100.00%
必需胺基酸總和	EAA	3517	9561	7910	53.20%	46.40%	49.50%

是養殖方式不同所致。以雞蛋的八種胺基酸總含量為一百分來評價(表4)，石蓴為32、海木耳26、海葡萄11，鮮奶48，石蓴的蛋白質營養快逼近全脂鮮奶。

發與專利也日益增加，養殖成功後則無原料短缺之虞，將有助於帶動新興海藻養殖產業的發展。

表4 海葡萄、石蓴、海木耳與雞蛋中胺基酸含量與其總含量相對比(*衛生署)

胺基酸	雞蛋*	全脂鮮乳*	海葡萄	石蓴	海木耳
	mg/g DW				
異白胺酸	29	14	3	7	7
白胺酸	48	26	4	14	11
離胺酸	41	22	5	11	11
甲硫胺酸	11	5	0		
苯丙胺酸	29	12	4	11	7
色胺酸	7	0		8	8
缬胺酸	33	17	4	12	8
蘇胺酸	27	11	4	9	6
胺基酸含量相對比	100	48	11	32	26
蛋白質	522	267	110	227	219

結語

熱量低、營養平衡的海中蔬菜，含豐富的維生素、礦物質及膳食纖維，在地養殖兼具碳吸存的環保價值。採用陸上水槽式養殖方式，利於掌控養殖環境，且具有成長快速、採收方便、病蟲害防治容易、產量可靠及品質較佳等優點。又，本文中未分析的海藻色素及各種不同的植物性化合物，如藻膽蛋白、朊狀及醣蛋白等海藻生物活性物質之開