

紫菜的营养价值研究概况

Review of the nutritional properties of nori

张全斌¹, 赵婷婷^{1,2}, 慕慧敏^{1,2}, 李智恩¹, 徐祖洪¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

中图分类号: Q946 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2005)02-0069-04

紫菜自古被誉为理想的营养佳品之一。它不仅含有丰富的蛋白质、碳水化合物,而且各种维生素和矿物质的含量也特别丰富。作者对紫菜所含的营养成分进行概述。

1 蛋白质和氨基酸

紫菜是蛋白质含量最丰富的海藻之一。紫菜中的蛋白质含量随着藻的种类及生长时间、地点等而有所不同,通常蛋白质质量分数占紫菜干质量的 25%~50%^[1,2]。

Noda 等^[3]对日本产紫菜的结合态及游离态氨基酸的含量的研究结果显示,日本产紫菜富含丙氨酸、天冬氨酸、谷氨酸和甘氨酸。紫菜中还含有大量的牛磺酸,其含量超过藻体干质量的 1.2%,牛磺酸为磺酸化的氨基酸,是由胱氨酸衍生而来,可以通过形成牛磺胆酸促进胆酸的肠肝再循环,并控制血液的胆固醇水平;此外牛磺酸对促进婴儿大脑发育及儿童的生长发育、抗氧化、抗衰老都具有良好的功效。

中国产紫菜以条斑紫菜和坛紫菜为主。表 1 所示为中国坛紫菜 (*Porphyra haitanensis*) 与条斑紫菜 (*Porphyra yezoensis*) 中的氨基酸组成^[3,4]。坛紫菜和条斑紫菜中的总氨基酸质量分数相当,分别为 35.5% 和 33.5%。而且 2 种紫菜中的氨基酸的分布基本一致,都是以谷氨酸含量最高,其次为丙氨酸和天冬氨酸。紫菜富含人体必需的 10 种氨基酸中的 9 种(色氨酸未测定),基本与理想蛋白质中必需的氨基酸含量的模式谱 (FAO/WHO 1973 修正模式谱) 相一致。

中国研究人员对条斑紫菜和坛紫菜中氨基酸含量的季节性变化也进行了一些研究,紫菜中氨基酸的含量随着生产月份和季节下降变化明显^[5,6]。越在生

产初期含量越高,之后随着生长时间的延长,含量逐渐减少。分析原因是由于处于生长初期的紫菜细胞不断地进行分裂,以蛋白质为中心的代谢十分旺盛,相反到了生产末期,细胞分裂能力下降。因此生长初期的紫菜蛋白质含量较高,营养价值较高。

藻胆蛋白是藻红蛋白、藻蓝蛋白和别藻蓝蛋白等的总称,是某些藻类特有的捕光色素蛋白。藻胆蛋白在紫菜中含量较多,大约占紫菜干质量的 4% 左右。条斑紫菜 R-藻红蛋白能与胰岛素抗体发生免疫结合反应,具有降血糖应用前景^[7]。坛紫菜的 R-藻蓝蛋白刺激人 B 淋巴细胞增值,当细胞促分裂剂植物血凝素、葡萄球菌 Cowen I (SAS) 或抗人 IgM 的 μ 链血清存在时这种诱导效应尤其明显^[8]。坛紫菜藻蓝蛋白在抗肿瘤实验中能够抑制 HL-60 细胞的生长^[9]。

2 紫菜多糖

紫菜多糖 (porphyran) 属半乳糖硫酸酯,主要由半乳糖、3,6-内醚半乳糖和硫酸基等组成,占紫菜干质量的 20%~40%,是紫菜的主要成分之一。紫菜多糖的结构与琼胶类似,是由 3-连接的 β -D-半乳糖和 4-连接的 α -L-半乳糖单位交替连接而成的线

收稿日期: 2003-09-22 修回日期: 2004-03-20

基金项目: 中国科学院知识创新工程方向性项目 (KZCX3-SW-215), 青岛市科技发展计划项目

作者简介: 张全斌 (1971-), 山东章丘人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为海藻化学和海洋药物, E-mail: qbzhang@ms.qdio.ac.cn

表 1 中国产紫菜和条斑紫菜中的氨基酸组成(mg/g)

氨基酸	坛紫菜 ^[3]	条斑紫菜 ^[4]
精氨酸 Arg	28.07	17.24
天冬氨酸 Asp	34.31	42.05
半胱氨酸 Cys	10.98	-
谷氨酸 Glu	43.36	50.78
甘氨酸 Gly	22.25	20.35
组氨酸 His	3.86	4.64
异亮氨酸 Ile	10.93	4.81
赖氨酸 Lys	20.83	19.25
亮氨酸 Leu	21.86	11.98
甲硫氨酸 Met	7.70	-
苯丙氨酸 Phe	22.20	14.43
脯氨酸 Pro	19.33	-
丝氨酸 Ser	20.86	26.99
苏氨酸 Thr	19.26	11.90
酪氨酸 Tyr	7.19	12.35
缬氨酸 Val	23.51	17.03
总计	354.82	334.5

注: - 未测定,紫菜为干质量,以下同

表 2 条斑紫菜和坛紫菜中的脂肪酸组成(%)

脂肪酸	条斑紫菜 ^[17]		坛紫菜 ^[3]
	10℃	20℃	
12:0	5.2	4.7	0.4
14:0	1.8	1.7	1.4
16:0	21.0	22.5	33.3
16:1	3.7	3.5	-
18:0	1.0	1.0	7.5
18:1	2.9	3.0	1.6
18:2n(γ-)	5.5	5.7	2.8
18:3n(α-)	1.9	2.0	1.0
18:4n3	1.6	1.7	-
20:0	0.5	0.8	2.2
20:3n3	1.8	2.0	-
20:4n3	3.0	3.2	9.4
20:5n3	50.1	48.2	24.0

注:以占总脂肪酸的质量分数表示

性多糖。其中 D-半乳糖单位部分地被 6-O-甲基-D-半乳糖取代,而其中的 L-半乳糖单位由 L-半乳糖-6-硫酸基或 3,6-内醚半乳糖构成。多糖是构成生物体的一类十分重要的物质。近年来的研究显示紫菜多糖具有多种生物活性。条斑紫菜多糖具有增强免疫功能、抗衰老、抗凝血、降血脂、抑制血栓形成等作用^[10-13]。作者对坛紫菜多糖的研究也表明坛紫菜多糖具有抗氧化和抗衰老作用^[14]。

海藻富含膳食纤维,它们构成了一大类膳食纤维,其中可溶性膳食纤维的比例很高。膳食纤维许多明显的生理功能与其理化特性有关。其中,其形成粘稠溶液的能力是最重要的一个因素。粘性多糖能够干扰营养成分的吸收,因而影响糖类和脂类的代谢。Goñi 等^[15]对紫菜作为膳食纤维对机体的影响进行了一系列的研究。研究表明,健康志愿者进食前服用 3g 紫菜,能够降低志愿者食用白面包后的血糖反应。食用紫菜能够对结肠微生物群落有调控作用。紫菜作为膳食纤维饲喂大鼠能够影响盲肠细菌的活性,与纤维素组相比,紫菜饲喂的大鼠盲肠中 β-葡萄糖醛酸酶、β-葡萄糖苷酶、偶氮还原酶、硝基还原酶和硝酸盐还原酶的活性均显著降低。胃肠道微生物群落对寄主的健康起着重要的影响。上述酶均由肠道细菌合成,已知它们能产生致癌物、诱变剂和各种各样的肿瘤促进剂。紫菜降低这些酶的活性表明它能够有效降低机体暴露于这些酶产生的致癌物的危险,从而有利于机体的健康^[16]。

3 脂类

紫菜脂肪的质量分数为藻体干质量的 1% ~ 3%。表 2 显示在不同温度下生长的日本产条斑紫菜中脂肪酸的组成^[17]以及中国福建连江产坛紫菜的脂肪酸组成^[3]。从中可以看出紫菜中不饱和脂肪酸比例较高。不饱和脂肪酸能使胆固醇酯化,从而降低血清和肝脏的胆固醇水平。其中二十碳五烯酸(EPA)在日本产条斑紫菜中占到所有脂肪酸总量的近 50%,在福建产坛紫菜中也占总脂肪酸含量的 24.0%。EPA 具有降低血压、促进平滑肌收缩、扩张血管等作用,已经被认为在预防动脉粥样硬化方面比花生四烯酸有效。

表 3 紫菜中的维生素含量(× 10⁻⁵ g/g)

维生素	日本产紫菜 ^[1]	坛紫菜 ^[3]	条斑紫菜 ^[18]
胡萝卜素	16000(IU)	1.82	13.7
B ₁	12.9	0.15	0.041
B ₂	38.2	1.16	4.42
烟酸	11.0	14.4	-
B ₆	1.04	-	-
胆碱	292.0	-	-
肌醇	6.2	-	-
E	-	2.2	-
C	112.5	12.1	87.5

表 4 紫菜中主要矿物质及微量元素含量($\times 10^{-5}$ g/g)

元素	日本产紫菜 ^[1]	条斑紫菜 ^[4]	坛紫菜 ^[3]	坛紫菜 ^[18]	甘紫菜 ^[20]
Ca	440	138	363	220 ~ 570	390 ± 17
P	650	580	-	520 ~ 640	-
Fe	12	25.5	56	-	10.3 ± 0.41
Na	570	-	-	1000 ~ 2380	3627 ± 115
K	2400	652	-	1870 ~ 2650	3500 ± 71
Mn	2	3.14	5.2	-	2.72 ± 0
Zn	10	2.23	9.5	-	2.21 ± 0.17
Cu	1.47	1.83	1.0	-	< 0.5
Se	0.08	0.06	-	-	-
Mg	-	314	329	420 ~ 590	565 ± 11
I	-	1.81	-	-	-

4 维生素

紫菜中维生素含量比较丰富,表 3 所示为中国及日本产紫菜中的维生素含量^[1, 3, 18]。紫菜中维生素 C 的含量比桔子高,胡萝卜素和维生素 B₁、B₂ 及维生素 E 的含量均比鸡蛋、牛肉和蔬菜高,而且紫菜中烟酸、胆碱和肌醇的含量也很高。但不同紫菜之间的数值差异较大,这一方面与紫菜种类有关,另一方面也与紫菜的生长时期及加工方法等有关。

紫菜是天然维生素 B₁₂ 的理想来源。干紫菜中含有丰富的具有生物活性的维生素 B₁₂,每 100 g 条斑紫菜含 51.49 μ g ± 1.51 μ g 维生素 B₁₂。紫菜含 5 种具有生物活性的维生素 B₁₂ 化合物(氰钴胺素、羟钴胺素、亚硫酸钴胺素、腺苷钴胺素、甲基钴胺素),其中维生素 B₁₂ 辅酶(腺苷钴胺素和甲基钴胺素)的质量分数为 60%^[19]。

5 矿物质

对不同来源的紫菜样品中灰分含量的测定结果显示,紫菜中灰分的质量分数为 7.8% ~ 26.9%^[1, 4, 20],高于陆地植物及动物产品。大多数陆地植物灰分质量分数为 5% ~ 10%。这表明紫菜是重要的矿物质来源,而在陆地蔬菜中微量元素缺乏或含量较少。

表 4 为不同的紫菜样品中部分元素含量的测定结果。对不同产地和种类的紫菜中各种元素的分析结果基本一致。紫菜中 Ca、Na、K、Mg 及 P 的含量很高。其中从营养学角度看比较有意义的是,紫菜中 Na/K

的比率均小于 1.2。因为在日常饮食中摄入的 Na/ K 的比例很高,研究表明这种高 Na/ K 比例与高血压的发生有很大的关系。紫菜中低 Na/K 比例有助于降低高血压的发病率。紫菜中镁元素的含量很高,Esashi 等^[21]对甘紫菜中 Mg 的生物利用性进行了研究,结果表明对具有 Mg 限制性的大鼠的饲料中添加甘紫菜可以使大鼠血清 Mg、Ca、P 的水平恢复到正常水平,说明紫菜可以作为 Mg 的良好来源。紫菜中各种微量元素的含量都比较丰富。Mn、Zn、Fe 等含量都很高。Shaw 等^[22]采用血红素生成实验来检测紫菜中 Fe 的生物利用度,结果表明紫菜中可利用的 Fe 含量与其它许多 Fe 含量丰富的食品相当。

6 结论

综上所述,紫菜含有丰富的蛋白质、碳水化合物、不饱和脂肪酸、维生素和矿物质,具有很高的营养价值。而且,近年来的研究表明紫菜多糖具有抗衰老、降血脂、抗肿瘤等多方面的生物活性,因此,探讨紫菜的药用价值,从紫菜中开发出具有独特活性的海洋药物和保健食品,将是紫菜研究利用的新方向。

参考文献:

- [1] Fleurence J. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses[J]. *Trends in Food Technol*, 1999, 10: 25 - 28.
- [2] Noda H. Health benefits and nutritional properties of nori [J]. *J Appl Phycol*, 1993, 5: 255 - 258.
- [3] 陈必链,林跃鑫,黄键. 坛紫菜的营养评价[J]. *中国海洋药物*, 2001, 20: 51 - 53.

- [4] 王海明,周彦钢,任玉翠. 条斑紫菜营养成分分析[J]. 浙江省医学科学院学报, 1997, 6: 24-25.
- [5] 姚兴存,邱春江,穆春林. 条斑紫菜营养成分与季节变化研究[J]. 水产养殖, 2002, 5: 34-35.
- [6] 谢士恩,林增善,王伟定,等. 坛紫菜的氨基酸分析研究[J]. 海洋水产科技, 1994, 1: 9-18.
- [7] 伍华菊,张建平,夏安东,等. 条斑紫菜中R-藻红蛋白的生化特性[J]. 生物化学与生物物理学报, 1994, 26: 491-497.
- [8] 曾繁杰,林启山,蒋丽金,等. 红藻坛紫菜中R-藻蓝蛋白的分离和特性[J]. 生物化学与生物物理学报, 1992, 24: 545-552.
- [9] 刘宇峰,徐力敏,张成武,等. 红藻藻蓝蛋白对HL-60细胞生长的抑制作用[J]. 中国海洋药物, 2000, 19: 20-24.
- [10] 周慧萍,陈琼华. 紫菜多糖抗衰老作用的实验研究[J]. 中国药科大学学报, 1989, 20: 231-234.
- [11] 周慧萍,陈琼华. 紫菜多糖的抗凝血和降血脂作用[J]. 中国药科大学学报, 1990, 21: 358-360.
- [12] Yashizawa Y, Enomoto A, Todoh H, *et al.* Activation of murine macrophages by polysaccharide fractions from marine alga (*Porphyra yezoensis*) [J]. **Biosci Biotech Biochem**, 1993; 57: 1 862-1 866.
- [13] Yashizawa Y, Ametani A, Tsunehiro J, *et al.* Stimulation activity of the polysaccharide fraction from a marine alga (*Porphyra yezoensis*): structure-function relationships and improved solubility[J]. **Biosci Biotech Biochem** 1995; 59: 1 933-1 937.
- [14] Zhang Q, Yu P, Li Z, *et al.* Antioxidant activities of sulfated polysaccharide fractions from *Porphyra haitanensis* [J]. **J Appl Phycol**, 2003, 15: 305-310.
- [15] Goñi I, Valdivieso L, Garcia-Alonso A. Nori seaweed consumption modifies glycemic response in healthy volunteers[J]. **Nutr Res**, 2000, 20: 1 367-1 375.
- [16] Gudiel-Urbano M, Goñi I. Effect of edible seaweeds (*Undaria pinnatifida* and *Porphyra tenera*) on the metabolic activities of intestinal microflora in rats [J]. **Nutri Res**, 2002, 22: 323-331
- [17] Kayama M, Lijima N, Kuwahara M, *et al.* Effect of water temperature on the fatty acid composition of *Porphyra* [J]. **Bull Jap Soc Sci Fish**, 1985, 51: 687.
- [18] 陈人弼. 坛紫菜主要营养成分的分析[J]. 台湾海峡, 1999, 18: 465-468.
- [19] Watanabe F, Takenaka S, Katsura H, *et al.* Characterization of a vitamin B12 compound in the edible purple laver, *Porphyra yezoensis* [J]. **Biosci Biotechnol Biochem**, 2000, 64: 2 712-2 715.
- [20] Ruperez P. Mineral content of edible marine seaweeds[J]. **Food Chem**, 2002, 79: 23-26.
- [21] Esashi T, Hanai M. Bioavailability of magnesium contained in purple laver (*Asakusa-Nori*) by rats with scarce magnesium, being evaluated from serum magnesium, kidney calcification, and bone magnesium contents [J]. **J Nutr Sci Vitaminol**, 1993, 39: 381-387
- [22] Shaw N S, Liu Y H. Bioavailability of iron from purple laver (*Porphyra* spp.) estimated in a rat hemoglobin regeneration bioassay [J]. **J Agr Food Chem**, 2000, 48: 1 734-1 737.

(本文编辑 张培新)