

螺旋藻多糖功能及应用的研究进展

李建涛¹, 张 倩², 张建民²

(1. 威海市立医院, 山东 威海 264200; 2. 山东大学威海分校 海洋学院, 山东 威海 264209)

摘要:为进一步对螺旋藻进行有效的开发利用,探讨了螺旋藻多糖抗病毒、抗肿瘤、抗衰老及调节免疫力等功能的作用机制,并对其加工方法及应用的研究进展进行综述,分析了螺旋藻多糖在医疗保健食品方面存在的问题及发展方向。

关键词:螺旋藻;多糖;功能;应用

中图分类号:Q949.22

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2013)11-0144-03

螺旋藻是一种较低等的单细胞原核的水生植物,它喜欢生活在光照充足、气候温暖、矿物质含量较高及 pH 较高的环境中。螺旋藻历史悠久,已在地球上生活了约 35 亿 a,从诞生之日起基本上未发生明显进化,形态上也没有明显改变,因此螺旋藻被人称为古老的生物活化石。近年来,螺旋藻已成为世界性的保健食品,而且在医学领域也同样备受重视,人们视其为理想的营养食品以及潜在的药用资源。

1 螺旋藻含有的成分

螺旋藻中含有多种成分,如蛋白质、氨基酸、多糖、维生素(维生素 B、C 和 E 等)、类胡萝卜素(包括 β -胡萝卜素、玉米黄素和海胆烯酮等)、 γ -亚麻酸、无机元素(Na、K、Ca、Mg)以及微量元素(Fe、Co、Mn、Ni、Cr、V、Zn、Se、Cu)等^[1],其中含有的蛋白质数量较高,而且它的氨基酸组成比例也非常合理,能够较好地被人吸收。

1.1 维生素和微量元素

每 100 g 螺旋藻中各种维生素 A、B₁、B₂、B₆ 和 E 的含量(干物质)分别为:100~200、3~4、2.5~3.5、0.15~0.17 和 6~7 mg,尼克酸及泛酸的含量分别为 9~10 和 0.15~0.18 mg。此外,螺旋藻中还含有叶酸和类胡萝卜素等。螺旋藻中除含有大量的维生素外,各种微量元素亦极为丰富,每 100 g 螺旋藻中 P、Ca、Na、Mg 及 Fe(干物质)含量分别为:300~700、100~400、450~500、100~200 和 30~50 mg^[2]。

1.2 蛋白质和氨基酸

脱水螺旋藻中蛋白质含量平均高达 55%~

70%,远超鸡蛋及大豆蛋白质含量。此外,螺旋藻蛋白质中各种氨基酸成分是均衡的^[2],其中含有的藻胆蛋白可提高人体免疫机能、增强造血功能,可作为肿瘤和贫血等疾病的辅助治疗药剂^[3]。

1.3 螺旋藻的多糖

螺旋藻多糖(PSP)是螺旋藻的主要生物活性成分之一,由 D-葡萄糖、D-甘露糖、L-鼠李糖、D-半乳糖、D-阿拉伯糖和葡萄糖醛酸等组成。多糖的结构复杂且多样,目前多见于一级结构的研究。螺旋藻多糖的多种功能以其结构为基础,所具有的生物活性与多糖的初、高级结构都具有密切的相关性,一般来说,多糖中的高级结构对螺旋藻生物活性所产生的影响要超过一级结构的影响。螺旋藻多糖可以参与调节细胞的活性,因而它具有抗辐射、抗肿瘤、抗病毒感染、增强机体免疫力以及降低机体中的血糖等多种作用^[4]。基于螺旋藻多糖的多种生理作用,现欲对其药理作用及研究进展进行综述,以期对螺旋藻的营养、保健及医药价值提供参考。

2 螺旋藻多糖的功能研究

2.1 螺旋藻多糖抗病毒作用

PSP 能够干扰 HSV-1 以及 HSV-2 两种疱疹病毒向宿主细胞的吸附,说明 PSP 能够改变宿主细胞表面的相关病毒吸附蛋白受体,或直接作用于细胞使得宿主细胞自身处于抗病毒的状态^[5];PSP 还能够有效地抑制疱疹病毒 HSV-1 以及 HSV-2 的复制;此外,PSP 在人肝肿瘤细胞株 HepG2 培养中能够明显减少乙肝表面抗原(HBsAg)和乙型肝炎 E 抗原(HBeAg)的分泌,抑制乙型肝炎病毒(HBV)的合成,可直接拮抗 HBV 作用,与其它抗 HBV 药物联合用药治疗慢性乙肝。

2.2 螺旋藻多糖的抗肿瘤作用

目前对于 PSP 的抗肿瘤作用研究较多。PSP 对乳腺癌细胞的有效抑制率最高达 68%,半数致

收稿日期:2013-06-02

第一作者简介:李建涛(1980-),男,黑龙江省大庆市人,在读硕士,主治医师,从事生化药学方面研究。E-mail: nicklip@126.com。

死量 IC_{50} 为 $1.48 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 对 K526 白血病细胞的有效抑制率为 46%, 半数致死量 IC_{50} 为 $1.56 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 由此看出, PSP 对乳腺癌细胞和白血病细胞抑制效果明显^[6]。PSP 对体外培养的胃癌细胞、结肠及直肠癌细胞均有一定的抑制作用, 并且呈剂量依赖性^[7]。同时, PSP 能抑制宫颈癌 HeLa 细胞和 HepG2 细胞的生长, 随着 PSP 剂量的增高, HeLa 细胞和 HepG2 细胞的存活率均出现不同程度的降低, 作用 24~26 h 后 HeLa 细胞的形态学变化明显^[8], 并发现 PSP 对人正常的成纤维细胞没有毒性影响。另外, PSP 可协同固定化藻蓝蛋白抑制体外培养的人胰腺癌 SW1990 细胞的活性, 抑制率最高达 86%^[9]。

2.3 螺旋藻多糖抗衰老作用

研究人员在进行 PSP 抗衰老作用的实验中得到, 采用 TBA 法和亚硝酸盐法测定 MDA 和 SOD, 并在果蝇培养基中加入 PSP, 利用荧光分光光度法测定脂质。结果表明, PSP 能延长果蝇的平均寿命, 提高 -5°C 环境下的存活率并降低果蝇的脂质含量。有研究表明, 老龄小鼠灌服 $250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ PSP 能降低其肝和脑的过氧化脂 (LPO) 含量, 提高血浆中超氧化物歧化酶 (SOD) 的活性^[10]。诸多研究都证实了 PSP 具有一定的抗衰老作用。

2.4 螺旋藻多糖调节免疫力的作用

PSP 可以刺激小鼠体内所含有的淋巴细胞的转化, 增加脾脏的重量; 虽然 PSP 对正常小鼠体内杀伤细胞 (NK 细胞) 的活性没有较明显的影响, 但可稍微降低地塞米松引起的免疫抑制作用, 使其抑制率由 58.7% 降低至 14.92%~30.09%^[11]; 对于由环磷酰胺副作用引起的免疫力较低的小鼠及白血病患者来讲, PSP 还可以显著提高其 NK 细胞的活力, 提高癌症病人淋巴因子激活的杀伤细胞 (LAK 细胞) 的活力, 同时减少 IL-2 用量^[12], 目前临床上已将 PSP 作为放、化疗的重要辅助治疗剂之一。此外, PSP 还可以提高腹腔中产生巨噬细胞的吞噬功能, 明显提高由小鼠细胞毒性依赖性抗体 (ADCC) 活力, 诱导荷瘤小鼠的脾脏淋巴细胞中肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 和 IL-2 的产生, 并改变受辐射小鼠的脾脏重量和脾脏中含有的淋巴细胞数, 增强脾脏的淋巴细胞的相关转化能力^[13]。PSP 在较小剂量内可剂量依赖性升高小鼠腹腔中巨噬细胞胞浆, 增强小鼠巨噬细胞的吞噬和分泌体内细胞因子的能力^[14], 由此说明, PSP 能够改善小鼠体内的免疫活性, 从而为螺旋藻保健品的开发利用奠定基础。

3 螺旋藻多糖的加工及应用研究

依据对于螺旋藻多糖的功能研究得知, 其可以促进机体的细胞生长, 提高机体的免疫力, 并具有较强的抗辐射作用, 抑制移植性癌细胞, 增强核酸内切酶活性, 提高 DNA 修复合成^[15-17], 故螺旋藻多糖的提取对于其开发利用尤为重要。

3.1 螺旋藻多糖的提取

螺旋藻多糖是从螺旋藻藻体及螺旋藻培养液中提取分离出来的重要的天然生物活性物质, 其提取分离方法主要有: 乙醇沉淀法、Sevag 法脱蛋白、离子交换层析法、凝胶过滤及透析等方法。

可以采用 DE-52 阴离子柱层析进行离子交换以及 Sephadex G-100 柱层析进行螺旋藻多糖的精制。首先通过分子筛去除盐类等小分子化合物, 从而分离纯化得到多种精制多糖, 并采用高效凝胶渗透色谱法鉴定其纯度, 同时测定多种精制多糖的分子量。马丽等采用高效液相色谱方法测定出精制多糖的单糖组成为各种己糖所构成的杂多糖, 并发现单糖中含有 D-果糖^[18]。孙远征等采用三氯乙酸 (TCA) 脱除蛋白质提取钝顶螺旋藻多糖的工艺, 并以提取率、样品糖含量及蛋白含量为指标, 应用正交实验设计优化了提取液 pH、提取温度及提取时间 3 个因素。结果表明, 在提取液 pH 为 12, 提取温度为 90°C , 提取时间为 8 h 的最佳条件下所得螺旋藻多糖为白色粉末, 提取率为 3.10%, 糖质量分数为 81.79%, 蛋白质量分数为 0.57%^[19]。研究人员通过不同方法对螺旋藻进行了不同层次的深加工, 使得螺旋藻多糖得到充分的提取, 并研究了螺旋藻多糖与其它成分的相互作用, 从而对螺旋藻的药理活性及螺旋藻多糖功能活性的产生原因得到更确切的解答。

3.2 螺旋藻含片的加工

螺旋藻中含有的多糖及其它珍贵的微营养素提取后可以加工成含片食用。张静等对螺旋藻口含片增强免疫功能进行实验研究。结果表明, 在小鼠脾淋巴细胞转化试验 (MTT 法)、半数溶血值 (HC_{50}) 测定以及抗体生成细胞试验中, 各剂量组的吸光度差值、半数溶血值和抗体生成细胞数均高于对照组, 其中, 中高剂量组与对照组相比, 有显著性差异 ($P < 0.05$), 其它各项试验均未见免疫抑制现象, 初步表明螺旋藻口含片不但能增强机体非特异性细胞免疫功能而且能促进体液免疫的功能^[20]。螺旋藻活性成分的剂型改变以及螺旋藻活性成分成药的可能性得到了极大地提高。

3.3 螺旋藻饮品的制备

螺旋藻多糖也成为了开发螺旋藻饮品极好的

加工材料。现有研究表明,螺旋藻饮料的最佳配方是螺旋藻浆液经过均质后,加入 1% 的木瓜蛋白酶,再经 50℃ 酶解 2 h 后,升温灭活木瓜蛋白酶后离心 15 min,取其上清,再加入 0.3% 的 β -环糊精、0.15% 琼脂、8% 白砂糖和 0.4% 柠檬酸,装入玻璃瓶中封盖,高压蒸汽 121℃ 灭菌 20 min,从而得到黄绿色的螺旋藻饮料。饮料呈现出均匀半透明的状态,放置一段时间后其性状依然保持稳定,不会发生变化^[21]。螺旋藻饮料的研发为以螺旋藻为材料制备饮品的开发及螺旋藻多糖的利用提供了更加广阔的空间,并且相关研究亦解决了螺旋藻饮料生产中蛋白质变性引起的饮料浑浊的问题,藻类本身带有的藻腥味严重影响饮料的外观、口感的问题也随即被解决,诸多研究对于螺旋藻的开发利用具有极为重要的意义。

4 讨论

因螺旋藻多糖的诸多保健及医药价值,使得市场当中关于螺旋藻的产品种类繁多。然而,大多数产品集中在口服液和片剂等简单剂型,同时螺旋藻的相关上市产品均无明确的国家标准,不同的生产企业制订的企业标准均不相同,从而导致了螺旋藻产品的质量参差不齐,影响螺旋藻的保健作用,甚至影响人体健康。此外,在螺旋藻养殖、加工和运输等方面也都存在着很多的问题,产品的卫生标准应引起相关部门及消费者的注意。近几年来,随着国内螺旋藻的开发利用的不断深入,现已研制出了以螺旋藻多糖为原料的多种保健品,同时,螺旋藻中含有的各种多糖、不饱和脂肪酸、藻蓝蛋白以及超氧化物歧化酶(SOD)等生物活性物质的开发方面均获得了不错的成果,由此衍生出的螺旋藻产业也发展得很快,已成为投资少、见效快且附加值高的标志性新技术产业。因此,加大力度研究螺旋藻的新剂型,制定其产品的标准成为进一步开发利用螺旋藻的发展方向,使螺旋藻能够更好地为人类健康服务。

参考文献:

[1] 向红艳. 螺旋藻多糖及其衍生物抗肿瘤作用研究进展[J].

饲料博览,2011(4):45-48.

- [2] 郑静. 螺旋藻化学成分及其生物活性研究[J]. 科技信息, 2009(7):416-419.
- [3] 苏忠亮,程江峰,梁成伟,等. 藻胆蛋白的活性及应用研究进展[J]. 安徽农业科学,2008,36(30):13006-13007.
- [4] 李杨,赖雁. 螺旋藻多糖抗肿瘤作用的研究进展[J]. 临床荟萃,2011,26(2):170-172.
- [5] 于红,张文卿,赵磊,等. 钝顶螺旋藻多糖抗病毒作用的实验研究[J]. 中国海洋药物,2006,25(5):19-24.
- [6] 曲显俊,崔淑香,解砚英,等. 螺旋藻多糖抗癌作用的实验研究[J]. 中国海洋药物,2000(4):10-14.
- [7] 周岩冰,于红,赵磊. 螺旋藻多糖对体外培养胃肠道癌细胞的作用[J]. 中华实验外科杂志,2004,21(5):537.
- [8] 于红,张学成. 螺旋藻多糖抗肿瘤作用的实验研究[J]. 高技术通讯,2003(7):83-86.
- [9] 关燕清,郭宝江. 藻多糖对固定化藻蓝蛋白抑癌作用的影响[J]. 营养学报,2002,24(3):252-255.
- [10] 张尔贤,俞丽君. 鼠尾藻多糖清除氧自由基作用的研究[J]. 中国海洋药物,1997(3):1-7.
- [11] 王晓杨,于红. 螺旋藻多糖体外对小鼠免疫功能的影响[J]. 食用中医药杂志,2004,20(9):282-283.
- [12] 曾波航,王光明,曾亚仑. 钝顶螺旋藻多糖对白血病患者外周血 LAK 细胞活性的影响[J]. 中国海洋药物,2000(2):39-41.
- [13] 于红,张学成. 螺旋藻多糖对小鼠 S-180 肉瘤的免疫抑制作用[J]. 海洋科学,2003,27(5):58-60.
- [14] 孙伟,李静,韩志武. 螺旋藻多糖对小鼠腹腔巨噬细胞游离 Ca^{2+} 浓度的影响[J]. 中国药房,2000,11(5):205-206.
- [15] 曾文炉,蔡昭玲,欧阳藩. 21 世纪的理想食品——螺旋藻[J]. 生物工程进展,2001,21(5):29-35.
- [16] 高向东,吴梧桐. 螺旋藻多糖抗肿瘤作用的研究[J]. 中国药科大学学报,2000,31(6):458-461.
- [17] 刘志伟,邵学良. 螺旋藻多糖研究进展[J]. 中国食物与营养,2007(11):18-21.
- [18] 马丽,覃小林,刘雄民,等. 螺旋藻多糖的纯化和高效液相色谱分析[J]. 化工技术与开发,2004,33(2):29-32.
- [19] 孙远征,张学成,纪雷. 钝顶螺旋藻多糖提取工艺的研究——三氯乙酸(TCA)法的正交实验优化[J]. 海洋科学,2007,31(4):42-47.
- [20] 张静,张明月,郑爱英,等. 螺旋藻口含片增强免疫功能的实验研究[J]. 中国工业医学杂志,2005,18(4):231-232.
- [21] 魏振承,张雁,池建伟,等. 螺旋藻清汁饮料工艺配方优化研究[J]. 广东农业科学,2006(11):94-95.

Research Progress of Function and Application of Spirulina Alga

LI Jian-tao¹, ZHANG Qian², ZHANG Jian-min²

(1. Weihai Municipal Hospital, Weihai, Shandong 264200; 2. Marine College, Shandong University, Weihai, Shandong 264209)

Abstract: For effective development and utilization of spirulina, the mechanisms of spirulina alga fuctions were discussed including antiviral, antitumor, anti-aging and regulate immunity, the research progress of processing methods and its application were summarized, and the problems and development direction of spirulina alga in the field of medicine and health care food were analyzed.

Key words: spirulina; alga; fuction; applications