

- 10 徐惠,等.螺旋藻多糖对⁶⁰Co- γ 射线照射小鼠的免疫作用.辐射研究与辐射工艺学报,1997,15(3):186~188
- 11 朱茂祥,等.富硒螺旋藻对⁶⁰Co- γ 线照射大鼠诱发肺炎的防治作用.军事医学科学院院刊,1997,21(3):185~188
- 12 王俏先.钝顶螺旋藻的抗癌作用及对免疫功能的影响.癌症,1996,15(6):423~425
- 13 刘力生,等.螺旋藻多糖对移植性癌细胞的抑制作用及其机理的研究.海洋科学,1991,(5):33~37
- 14 陈锋,等.螺旋藻抗辐射防癌抗癌作用研究现状.癌变·畸变·突变,1994,6(5):63~67
- 15 徐惠,等.螺旋藻粘多糖的分离及其免疫学作用.中国生化药物杂志,1997,18(2):72~74
- 16 李书香,等.生百益螺旋藻片对小鼠免疫功能影响的实验研究.旅行医学科学,1996,2(2):80~82
- 17 左绍远,等.螺旋藻多糖(PSP)对免疫功能的影响.药物生物技术,1996,3(3):158~162
- 18 叶正君,等.螺旋藻对高脂大鼠血脂及脂质过氧化
- 化的影响.广西预防医学,1997,3(4):201~202
- 19 庞辉,等.螺旋藻对运动大鼠肾组织自由基影响的实验研究.广西医科大学学报,1997,14(2):70~72
- 20 范燕文,等.螺旋藻对老年高脂血症患者血脂变化的作用.中华医学检验杂志,1997,20(5):303
- 21 梁江明,等.螺旋藻对缺铁性贫血的恢复实验.营养学报,1994,16(4):386~390
- 22 吴开国,等.螺旋藻对儿童缺铁性贫血治疗效果的观察.营养学报,1997,19(3):359~361
- 23 张守仁,等.螺旋藻预防实验性大鼠胃溃疡作用的初步观察.中国海洋药物,1991(4):18~20
- 24 江涛,等.螺旋藻对实验动物学血糖血栓及血小板聚集的影响.中草药,1997,28(8):481~482
- 25 左绍远.云南产螺旋藻多糖抗氧化抗疲劳作用的实验研究.中国生化药物杂志,1995,16(6):255~258

(上接第 27 页)

通过对射线照射所致小鼠骨髓微核形成、WBC 总数 30 d 存活率及死亡动物平均存活时间等几个指标的分析表明,对于辐射所造成的机体损伤,两种螺旋藻均显示了不同程度的拮抗作用。但 30 d 存活率和死亡动物平均存活时间两项指标远不如 WBC 总数和微核细胞率敏感,说明在抗辐射功能检测时,尤其是在较弱的抗辐射功能食品检测时,加做微核试验是十分必要的。

近年来一些研究表明,藻多糖是藻类产品抗辐射的主要功效成分。^[2,6,7]本试验所用的螺旋藻 A、B 的蛋白质、脂肪、糖类的含量(干重%)分别为 54.9/67.0 9.3/4.2 25.2/15.9,^[3,6]前者的糖类含量几乎是后者的 2 倍,可以推测其中多糖的含量也是前者高于后者,这与本试验螺旋藻 A 的抗辐射功能好于螺旋藻 B 的结果一致,同时也从侧面证实了藻多糖的抗辐射功效。因藻种属及培养条件的不同,藻类的各

种营养成分含量变化很大,因此选育多糖含量高的藻种作为抗辐射产品十分必要。

4 参考文献

- 1 B. 福迪著,罗迪安译.藻类学.上海科技出版社,1980,441
- 2 张成武,等.钝顶螺旋藻多糖和藻兰蛋白对小鼠急性放射病的防护作用.营养学报,1996,18(3):327~330
- 3 程双奇,等.螺旋藻的营养评价.营养学报,1990,12(4):415~417
- 4 Spirulina. the edible microorganism. Microbiological Reviews. 1983,47(4):566~567
- 5 黄圣基,等.螺旋藻的营养成分.食品研究与开发,1995,16(4):43~46
- 6 刘力生,等.螺旋藻多糖对机体免疫功能的提高作用及其机理的研究. Marine Science, 1991, (6): 44
- 7 刘力生,等.螺旋藻多糖对移植性癌细胞的抑制作用及其机理的研究.海洋科学,1991,(5):33

别升高 16.1% 与 24.1%，与对照组相比，其差异有显著性 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)；两试验组运动后 50 min 的血乳酸值比对照组分别降低 31.2% 和 58.3% ($P < 0.05$, $P < 0.01$)；试验组的小鼠游泳时间分别比对照组延长 45.5% 和 95.4% ($P < 0.05$, $P < 0.01$)。乳酸的消除有利于疲劳的恢复，而运动后乳酸的消除依赖于 LDH 的催化作用，PSP 可增加血清 LDH 的活性，有效降低运动后血乳酸水平，显著延长小鼠游泳时间。^[25]本实验室研究表明，1 500 mg/kg BW SP 可降低运动后小鼠的血乳酸含量 (mg/dL)，从对照组的 22.2 ± 2.90 降至 18.6 ± 3.69 ($P < 0.05$)；500 mg/kg BW SP 还可降低运动后小鼠的血清尿素氮 (mg/dL)，从对照组的 29.34 ± 3.35 降至 22.08 ± 7.85 ($P < 0.01$)；50 mg/kg BW SP 还可延长小鼠的游泳时间 (min)，从对照组的 6.55 ± 0.90 延长至 9.18 ± 2.15 ($P < 0.01$)，表明其具有较强的抗疲劳作用。

改善缺铁性贫血作用

缺铁性贫血 (IDA) 是最常见的营养缺乏病之一，其患者约占全球人口的 10% ~ 20%，在婴幼儿和妊娠妇女中常见。使用铁剂和铁强化食品防治 IDA 的效果并不理想，近年来有人试用 SP 以防治 IDA，效果显著。

梁江明选用 Wistar 大鼠，以低铁饲料复制 IDA，再用 SP 进行恢复实验，结果显示：(1) 单纯性缺铁可影响大鼠生长，导致其体重增长缓慢，常伴有锌吸收利用障碍和腹泻。(2) 缺铁可使动物脏/体比值增大，这是因为一方面致心、肾、脾肿胀和增生，另一方面使体重下降所致。(3) 用含 SP 的饲料喂养动物，可使其脏/体比值恢复正常，骨髓外铁恢复正常，各项血液指标，包括血红蛋白 (Hb)、红细胞 (Rbc)、红细胞压积 (Pcv) 及血清铁蛋白 (SF) 迅速回升。^[21]吴开国用 SP 对儿童 IDA 疗效进行了 Hb、SF、红细胞内游离原卟啉 (FEP) 三项指标的观察，对 IDA 儿童每人每天给予 SP 5g，一个月后，结果为：(1) 儿童体重明显增加 (平均增重 2.6 kg)，无任何副作用。(2) IDA 儿童三项指标均明显恢复，Hb (g/L) 从治疗前的 106.86 ± 0.63 恢复至 123.62 ± 0.64 , $P < 0.01$ ；SF ($\mu\text{g/L}$) 从治疗前的 20.11 ± 0.95 恢复至 53.79 ± 2.13 , $P < 0.01$ ；FEP ($\mu\text{mol/L}$) 从治疗前的 0.95 ± 0.04 降至 0.42 ± 0.02 , $P < 0.01$ ，Hb 的恢复在女性更加明显。(3) 缺铁可致人体许多含铁酶和铁依赖酶活性下降，从而影响一些代谢过程，导致儿童智力发育受到影响，使免疫力、胃肠功能、肌肉功能下降。SP 中铁含量为 58.0

mg/100g，^[2]且其它营养成分丰富，其中 β -胡萝卜素在体内转化为 VA，促进铁蛋白合成，从而改善血清铁、铁蛋白、运铁蛋白饱和度及转铁蛋白浓度，提高 Hb 水平，因而用 SP 治疗 IDA 不单纯是补铁，还能补充蛋白和多种营养素，有利于铁吸收。^[22]

其它

SP 其它作用的研究也已展开，如张守仁^[23]对 SP 预防实验性大鼠胃溃疡的作用进行了研究；江涛^[24]研究了 SP 可明显抑制大鼠血小板聚集和实验性体外血栓的形成，这项成果对防治冠心病意义较大。国外研究还表明，SP 可使人体内乳酸杆菌增加 3 倍，从而使人体消化吸收力增加，同时增强了免疫系统活力；可减轻毒物和药物对肾的损害；此外，SP 还有治疗营养不良、促进伤口愈合及抗生素样作用。^[2]

SP 这一古老的生物，到本世纪已被相当多的人所认识与利用。由于其有抗疲劳作用，国外已将其作为运动员的营养品；因其营养丰富，易于消化吸收，是老年人、儿童、妇女的理想食品；另一方面，由于 SP 是一种碱性食品，它可使人体的酸性体质变为弱碱性体质，因此是优秀的健美食品和减肥食品。随着 SP 研究的逐步深入，我们有理由相信其开发前景是乐观的，其丰富的营养价值将得到人类更合理的运用。

参考文献

- 1 程双奇, 等. 螺旋藻的营养价值. 营养学报, 1990, 12(4): 415~ 418
- 2 张骁, 等. 我国螺旋藻的开发现状及发展建议. 中国药房, 1997, 8(4): 157
- 3 孙国华, 等. 螺旋藻—21 世纪的优秀健康食品. 中国中医药信息杂志, 1997, 4(1): 19
- 4 刘中申, 等. 螺旋藻的研究进展与开发利用. 中医药信息, 1997, 5: 18~ 19
- 5 田昌玉, 等. 螺旋藻产品的开发趋势. 中国食品与营养, 1997, (1): 17~ 18
- 6 周荔, 等. 螺旋藻胶囊长期毒性试验. 中国药学会通讯, 1996, 13(2): 19
- 7 胡龙. 螺旋藻胶囊的药理与毒理研究. 中成药, 1995, 17(7): 28~ 29
- 8 阮继红, 等. 螺旋藻多糖抗辐射的研究. 遗传, 1988, 10(2): 27~ 30
- 9 张成武, 等. 钝顶螺旋藻和藻蓝蛋白对小鼠急性放射病的防护作用. 营养学报, 1996, 18(3): 327 ~ 330

组小鼠存活率分别提高 33% 和 28% ($P < 0.01$); 同时, SPP 和 C-PC 可刺激照射后小鼠粒单系祖细胞和造血干细胞的形成, 并增加骨髓有核细胞的数量, 促进小鼠外周血白细胞的恢复, 即促进小鼠造血功能的恢复。^[9]另外, 徐惠等报道从 SP 中提取的多糖物质能明显改善辐照小鼠机体免疫功能, 其脾脏重量, 细胞数, 淋巴细胞转化功能均显著增加。提示其抗辐射机制与免疫刺激作用有关。^[10]阮继红观察到 SP 多糖可使小鼠 PCE 微核率下降。^[8]朱茂祥报道, 以 15 Gy $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线照射大鼠胸部, 诱发急性肺炎, 用富硒 SP 防治, 90 d 后对肺炎病变的发展具有较好防治效果。^[11]

钝顶 SP 对小鼠 S180 和宫颈癌 U14 有明显的抑制作用。当剂量为 50 mg/kg BW 时, 抑癌率分别达 53.4% 和 49.04%。同时, SP 还能提高小鼠的免疫力。^[12]刘力生研究表明, SP 多糖在 200 mg/kg BW 剂量时可显著抑制小鼠体内骨肉瘤细胞的增殖, 抑制腹水型肝癌细胞 DNA 和蛋白质合成。且不同的癌细胞对 SP 多糖敏感性不一样, 将药物从培养基中撤出后, 癌细胞 DNA 合成速度迅速恢复。^[13]

SP 抗辐射、抗癌的机理可能是: (1) SP 本身有很强的辐射抗性, 人服用后可吸收过量辐射线。(2) SP 含有一些能够清除自由基的成分, 例如 β -胡萝卜素, VA, VC, VE 等, 可清除过量的自由基, 能对辐射所致损伤起到恢复作用。(3) 有人认为, SP 可促进照射小鼠造血干细胞的恢复。(4) SP 含有较多的葡萄糖醛酸, 能够结合更多的诱变物, 促使外源化学物排泄。(5) SP 增强机体免疫功能, 尤其是细胞免疫功能提高, 既能抗辐射, 又能使癌的增殖生长受到抑制。因此, SP 抗辐射、防癌、抗癌是多种成分, 多种作用的综合结果。^[8~14]

SP 对免疫功能的作用

徐惠报道, SP 多糖能明显促进小鼠脾细胞对丝裂原 ConA 的增殖反应, 提高小鼠机体免疫功能, 明显提高 5 Gy 照射小鼠的脾脏重量、淋巴细胞数和淋巴细胞转化功能。^[15]李书香实验结果表明: SP 达 1.0 g/kg BW 能增强小鼠抗体形成细胞的活性, 提高机体的体液免疫功能, 达 2.0 g/kg BW, 能增强腹腔巨噬细胞的功能。^[16]左绍远研究提示, SP 对免疫功能有广泛的调节作用。小鼠静脉注射 SP 多糖 100 mg/kg BW 7d, 可明显增加脾重, 显著促进腹腔巨噬细胞吞噬功能、单核巨噬细胞系统清除血液碳粒的速率及血清溶血素的形成; 并能显著对抗 CT 所致小鼠

胸腺与脾脏萎缩、腹腔巨噬细胞吞噬功能降低、血清溶血素形成减少及脾抗体形成细胞功能的抑制作用。静脉注射 SP 多糖 100 mg/kg BW 12 d 还可显著促进 ConA 诱导的体外小鼠淋巴细胞转化, 明显促进小鼠免疫能力。^[17]

调节血脂, 延缓衰老, 抗疲劳作用

叶正君用高血脂大鼠观察 SP 对血脂的结果提示 0.5 g/kg BW 和 1.5 g/kg BW 的 SP 能明显降低大鼠血清胆固醇 (mmol/L), 从对照组的 4.19 ± 0.42 分别降至 2.64 ± 0.25 ($P < 0.05$) 和 2.05 ± 0.18 ($P < 0.01$); 大鼠血清甘油三酯 (mmol/L) 从对照组的 2.95 ± 0.40 分别降至 1.90 ± 0.36 ($P < 0.05$) 和 1.59 ± 0.15 ($P < 0.01$); 同时, SP 还可使血清和肝微粒体的脂质过氧化物 (LPO) 含量降低, 血清 LPO (nmol/mg pro) 从对照组的 10.95 ± 0.23 分别降至 9.33 ± 0.25 和 8.27 ± 0.32 ($P < 0.05$), 肝微粒体 LPO (nmol/mg pro) 从对照组的 23.0 ± 0.8 分别降至 18.4 ± 2.0 ($P < 0.05$) 和 15.6 ± 1.5 ($P < 0.05$)。SP 还可提高谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-PX) 的含量, 血 GSH-PX (U/mL) 从对照组的 38.2 ± 2.4 分别升至 43.2 ± 4.0 ($P < 0.05$) 和 45.0 ± 2.3 ($P < 0.05$), 肝微粒体 GSH-PX (U/min mg pro) 从对照组的 8.5 ± 1.3 分别升至 10.1 ± 1.7 和 12.7 ± 0.9 ($P < 0.05$), 以上结果提示 SP 具有降血脂, 抗脂质过氧化作用。^[18]庞辉在动物实验中观察到, 运动可使肾组织 LPO 浓度 (mmol/mg pro) 升高 (从对照组的 1.362 ± 0.087 升至 1.545 ± 0.103 , $P < 0.05$), 超氧化物歧化酶 (SOD) (NU/mg pro) 活性降低 (从对照组的 5.993 ± 0.615 降至 5.326 ± 0.527 , $P < 0.05$)。而给予 SD 大鼠 20% SP 的饲料一个月, 可降低肾组织 LPO (从对照组的 1.545 ± 0.103 降至 1.423 ± 0.085 , $P < 0.05$) 和提高肾 SOD 的活性 (从对照组的 5.326 ± 0.527 升至 5.961 ± 0.605 , $P < 0.05$)。提示其可能有抗运动性肾损伤的作用。^[19]范燕文的人群实验观察了 SP 对老年高脂血症患者血脂变化的作用, 选用的指标有血清胆固醇、血清甘油三脂、高密度脂蛋白胆固醇、血清免疫球蛋白及 SOD-1 等, 结果提示 SP 降低甘油三脂的作用优于多烯康, 且对人体肝、肾功能及糖代谢无明显影响; 能提高血清 IgG 水平, 但对血清 IgA, IgM 无影响, 同时明显升高了人体血清 SOD-1 水平。^[20]

用 3~4 月龄的雄性昆明种小鼠进行 PSP 抗疲劳作用试验, 经口灌胃给与 PSP 100 mg/kg BW, 200 mg/kg BW, 14 d 后, 小鼠血清 LDH 活性比给药前分

螺旋藻的营养价值及保健作用(综述)

高 珊 姚小曼(审校) 北京市卫生防疫站 (100013)

螺旋藻(*Spirulina* SP)是地球上最早出现的能够利用太阳光能和无机物转化为有机物的原始低等植物,它又名蓝藻,蓝海藻,蓝绿藻,为蓝藻门,颤藻纲,螺旋藻属。世界著名藻类学家 Dangeard 因其外形呈丝状螺旋体,故将其命名为螺旋藻。SP 广泛分布在热带,亚热带和暖温带的海洋和湖泊中,特别盛产于碱水湖。SP 作为食用是在 1940 年,法国生物学家 Creach 在非洲探险时发现当地土人用 SP 制成食品和调味品,并以此作了报告。我国南方气候温和,阳光充足,适于 SP 的生长繁殖。1935 年,我国首次在青岛发现 SP,但一直到 70 年代才开始进行食用开发研究,因其营养丰富,利用价值高,现已逐渐受到社会的青睐。现在国内外生产的螺旋藻主要有两个品种:钝顶螺旋藻和极大螺旋藻。

SP 的营养成分及作用

研究表明,SP 具有高蛋白,高营养,高消化吸收率等特点。其蛋白质含量约 60%~71%,^[2]相当于牛羊肉的 3~4 倍,小麦、大米的 8~10 倍。SP 的氨基酸含量丰富,其中含有人体必需的 8 种氨基酸,且其赖氨酸,亮氨酸,异亮氨酸和缬氨酸含量尤为突出,所有氨基酸含量均达到联合国粮农组织(FAO)蛋白质咨询小组认定的理想蛋白质的水平。其次,SP 的维生素种类也很丰富,VB₁ 含量为 5.5 mg/100g,VB₂ 为 4.0 mg/100g,VB₆ 为 0.3 mg/100g,VB₁₂ 为 0.2 mg/100g,VC 为 10.3 mg/100g,VE 为 19 mg/100g,其中最引人注目的是其 β-胡萝卜素含量达 170 mg/100g(是胡萝卜的近 10 倍)。^[2]此外 SP 还含有丰富的矿物质和微量元素,其中有钙、钾、磷、镁、钠及铁、镍、铬、铜、锰、钒、锌、硒等。这些元素与人类的多项生理功能密切相关。而其脂肪酸类和纤维素含量却较低(分别为 5.7 mg/100g 和 0.9 mg/100g)。^[2]SP 含有 γ-亚麻酸(GLA)和其它不饱和脂肪酸,含量高达 1.7%,故可防止损害心、血管正常生理功能。此外,SP 还含有蓝藻蛋白,含量高达干重的 18%。^[2]SP 含有 D-甘露糖、D-葡萄糖、D-半乳糖及葡萄糖醛

酸等多糖物质,它们均具有提高机体免疫力,抑癌的作用。^[2]由于 SP 的细胞壁不是由纤维,而是由一些蛋白和胶原组成,所以很容易被人体消化吸收,消化率高达 84%,任何食物都无法与其相比。基于 SP 含有多种生理活性成分及具有较好营养价值,因而被 FAO 和世界食品协会誉为“人类最理想和最优秀的食品”、“21 世纪的最佳食品”。^[1-5]

SP 的保健作用及机理

SP 是一种安全无毒物质,世界著名的毒理学博士杰曼·钱莫罗曾用两年半的时间对其进行了亚急性、慢性毒理,生殖、致畸等毒理学试验和研究,结果证明 SP 是安全、可靠的食品。本实验室对 SP 的急性毒性及致突变性进行了研究,经口给予 SP 21.5 g/kg BW,未见小鼠死亡,属于实际无毒物质。SP 剂量 10 g/kg BW,小鼠骨髓嗜多染红细胞微核试验及小鼠精子畸形试验结果均为阴性;Ames 试验剂量 5 mg/皿,结果阴性。体内外系统试验证明,SP 无致突变作用。长期毒性试验证明,经口灌胃给予大鼠 SP 5.048 g/kg BW,连续 90 d,试验组大鼠一般情况,血液学指标,血液生化学指标和主要脏器系数与空白对照组无显著性差异,试验组大鼠各主要脏器及组织未见明显组织学异常改变。^[6]胡龙的研究也表明,经口灌胃给予大鼠 1.5 g/kg BW 与 3.0 g/kg BW 的 SP,连续 90 d,试验组大鼠生长发育良好,与对照组相比,体重、白细胞、白细胞分类计数、肝功、肾功差异无显著性,且两试验组红细胞,血红蛋白明显升高,差异有显著性。^[7]

SP 抗辐射,抗诱变,防癌抗癌作用及机理

研究表明,SP 具有很强的抗辐射能力,用强度达 100 Gy 的射线照射 SP,未观察到对其生长的抑制作用。^[8]张成武报导了关于钝顶 SP(SPP)和藻蓝蛋白(C-PC)对小鼠受致死剂量⁶⁰Co-γ射线照射后 30 d 存活率的影响,结果显示照射前 5 d 腹腔注射 SPP(125 mg/kg BW)或 C-PC(50 mg/kg BW),实验组较对照