

我国螺旋藻研究与开发的进展

Progress in China's *Spirulina Platensis* Research

郑学玲

(华南师范大学, 副研究员 广州 510631)

螺旋藻(*Spirulina platensis*)是蓝藻门, 蓝藻纲, 段殖目, 颤藻科, 螺旋藻属的一个种。它是一种微藻, 体长约 200~500 微米, 宽 5~10 微米, 因藻体呈螺旋形而得名。原产在墨西哥和非洲中部的乍得热带地区的碱性湖泊中。早就为当地居民所食用。

从本世纪 40 年代开始, 科学家们就试验用人工生产微藻作为新的食品来源, 逐步形成以小球藻为主的微藻产业。日本绿藻素有限公司、我国台湾的绿藻工业股份有限公司等小球藻产品早已行销国际市场。

60 年代初, 法国的克里门特(G·Clement)博士在非洲考察时发现乍得湖畔的佳尼姆族土人长期生活在家畜和鱼类资源不足, 粮食、蔬菜也十分贫乏的条件下, 而他们的体魄却比生活在资源丰富、营养良好、物质条件优越的发达社会的人更健康、更强壮。经调查发现, 当地居民经常从湖中捞取一种漂浮在水面上的海藻做成食物, 这就是我们所说的螺旋藻。克里门特博士对这种微藻很感兴趣, 对它的生物学和生态学特性、培养方法和条件、化学成分和安全性、营养价值和保健效果等进行了 10 年的研究后, 才公布了这一科研成果, 引起世界广泛的关注。

进入 70 年代, 螺旋藻的产业异军突起, 十几年内就完成了从研究到形成产业的过程。法国建立了大量培养螺旋藻的生产体系并出口培养技术。美国、墨西哥、日本、泰国、印度、巴西、以色列以及我国台湾省等都先后进行商业性生产, 年产藻粉已超过 5 000 吨。与此同时, 墨西哥政府正式批准螺旋藻作为食品在市场上出售, 并做成食品供应儿童和参加奥林匹克运动会的选手食用, 均有良好的效果。

从本世纪 60 年代螺旋藻被重新发现后, 世界上越来越多的国家在进行螺旋藻的生产和应用。1993 年 5 月还在摩洛哥举行了首次螺旋藻世界大会。与会科学家们一致认为, 这是根除人类营养不良的重要食物。螺旋藻正日益受到人们的重视。

螺旋藻在我国也有发现, 但目前在生产上所采用的藻种多是 70 年代以来由中科院水生生物研究所、南京大学生物学系、中科院武汉植物研究所、江西省农科院以及中科院海洋研究所等单位先后从国外引进的, 并分别进行了筛选、培养和生物学特性的观察。

一、螺旋藻的主要特性

1. 蛋白质含量高、质量好

目前我国生产的螺旋藻含粗蛋白达 60~70%, 相当于小麦的 8 倍, 大米的 10 倍, 大豆中蛋白质的 1.5 倍, 鸡肉的 3 倍, 鸡蛋的 2.5 倍。人体所必需的 8 种氨基酸在螺旋藻中全都具备。被誉为“世界食品资源”的螺旋藻不仅蛋白质含量丰富, 而且其组成和比例也适合人体的需要, 这是其它动物蛋白或谷物蛋白无法媲美的。尤其赖氨酸、苏氨酸和含硫氨基酸恰是谷物所缺少的, 所以用其作人类食品, 还可调节其它氨基酸的平衡, 提高蛋白质的营养价值。

2. 富含藻蓝素和维生素

作为天然营养的食用色素藻蓝素在螺旋藻中含量是十分高的, 目前我国已有多个单位掌握了完整的提取工艺, 并找到了低成本生产的技术途径。螺旋藻还含有丰富的维生素, 特别是 B-胡萝卜素, 每百克藻体中含量高达 50 毫克, 是胡萝卜的 10 倍, 同时维生素 B 系列含量也很高, B₁₂ 的含量是动物的 20 倍。这是其它生物所少有的。

3. 螺旋藻多糖是一种广谱免疫系统的促进剂

据本校螺旋藻研究组研究, 螺旋藻多糖主要由 D-甘露糖、D-葡萄糖、D-半乳糖和葡萄糖醛酸所组成, 其分子量为 12590。其水溶性多糖有很强的生物活性, 有抗辐射、抑癌的功能, 特别值得重视的是它有调节和提高机体免疫的功能, 是一种广谱的免疫促进剂。

螺旋藻所含的脂类主要成分多为不饱和脂肪

酸,特别是富含生成人体内多种激素所必需的 γ -亚麻酸。这在一般食物中是极少见的。此外,螺旋藻还富含钙、镁、锌、钾、核糖核酸、脱氧核糖核酸及多种微量元素,特别是含有多种高生物活性的酶。

4. 螺旋藻极易被吸收和消化

与其它食物和藻类相比,由于螺旋藻的细胞壁以蛋白和胶原为主,所含的纤维素很少,所以螺旋藻极易被人体和动物消化吸收。其消化率可高达80%以上,不需经过复杂加工即可被人和动物吸收利用。

5. 螺旋藻食用安全、无毒

1977年联合国工业发展组织委托世界著名毒理学家G·Chamorro博士用了2年半时间,耗资数百万法郎进行了小鼠亚急性、慢性毒性、生殖、哺乳、致突、致畸等毒理学试验研究。结果表明,螺旋藻对受试动物的各项指标均无任何影响,它是安全无毒的。我校螺旋藻研究组对我国的产经多年用于动物和临床试验后,亦表明其对人体无任何毒性副作用。现已有多个单位的产品获得食品卫生检测所和省卫生厅的批准,正式投放市场。

由于螺旋藻是在强碱性(pH9—11)的培养液中生长,这样强的碱性不利于其它微生物生长,所以相对来说其它虫害和杂菌较少,培养的技术也较简易。近代医学研究表明,酸性体质是人体诸病的元凶。为了保持人体血液呈弱碱性的正常状态,多食天然绿色的碱性食物对人体是必不可少的,而螺旋藻正是天然的、营养丰富而养分均衡的绿色碱性食物。它不但对营养不良病人的调养,病后虚弱者的康复,而且对儿童的健康发育和老年人的保健、延年益寿均有特殊的效果,因此被联合国世界食品协会称其为“最理想的食物”。墨西哥政府还规定螺旋藻为本国运动员和10个月内婴儿的必需食品。

二、我国螺旋藻的开发应用研究

螺旋藻作为天然绿色食物,应用开发的潜力很大。目前,我国螺旋藻在开发应用上,主要集中在珍贵海产苗期用作饲料、饵料添加剂、保健食品和新药的研制等方面。

1. 在饲料添加剂上的应用

目前螺旋藻的生产成本还较高,不宜作家畜的一般饲料,主要用于某些海珍品的苗期饵料,如鲍鱼的稚鲍配合饵料及对虾幼苗、鳗鱼的幼鳗等饵料,或某些观赏动物,如金鱼和锦鲤等的增色饲料。这些均有良好的效果,并已行销国内外市场。

由于螺旋藻是一种植物性蛋白,故对于某些只摄食植物性饲料的珍贵海产动物如鲍鱼和扇贝等更具有特殊的意义。我国自1985年鲍鱼人工育苗取得成功,育苗规模日益扩大,可育苗用的饵料,

直到1987年还全靠日本进口。进口饲料价格昂贵,使生产成本增加,因此育苗的生产单位急望用国产饲料取代日本进口饲料。中科院海洋研究所螺旋藻稚鲍饲料研究组经三年的研究终于成功地解决了这个生产课题。以螺旋藻作为主要添加剂的饲料配方与日本进口饲料多次进行比较,均优于进口饲料,不仅成活率高,而且生长速度快、质量好。取代日本进口饲料后,每吨可节省外汇3万元(港币)。如育500万种苗,就可创产值200万元,具有明显的经济效益。

中国农科院与江西省农科院用螺旋藻配合饵料在对虾育苗生产中的应用也取得良好的效果。

2. 在保健食品上的应用

人类的健康不是靠医药来维护的,而是靠充足而均衡的营养来维持。据分析1克螺旋藻所含的营养相当于1公斤各种蔬菜的营养总和。在人类保健上它有下列的作用:

一是减肥中的低热补品。目前国内外最流行而又安全的减肥方法,是采用低卡路里而高营养的食品来达到降低体重,而又维持健康的方法。成年人只要服食螺旋藻2~3克,即可获得均衡的营养,而热量仅有15~20卡路里。

二是最佳天然维生素及铁质的来源。人们都有不经意的偏食或疏忽营养的时候,而每天早晨服食0.5~1克螺旋藻,即会给您提供丰富的维生素A、B₁₂及其它矿物质和铁质等,这是一般化学合成的维生素所无法媲美的。

三是病后高蛋白质的天然补品。螺旋藻不但蛋白质含量丰富、质优,而且消化率高。

四是胃溃疡病人的理想食物。螺旋藻作为天然的制酸剂,既能补充蛋白质,同时所含的酶、叶绿素、藻蓝素等还有助于肠胃消化。

五是糖尿病人的疗效食品。螺旋藻为天然绿色碱性食物,富含维生素和镁、锌等,可促使天然胰岛素的产生。一般糖尿病患者,连续服食2~3个月,其血糖可渐趋正常,效果十分良好。

六是高血压患者的天然降压剂。螺旋藻既可补充10倍于蔬菜的钾盐,又可帮助体内合成胆碱,而达到降压的效果,据临床试验,其胆碱在三周内可助血压降低20~30毫米。

最近由国家科委组织的螺旋藻研究联合攻关组研制,广东汕头制药厂生产,并经广东省食品卫生监督检验所批准的“司巴奴娜(Spirulina)护康宝”系列产品,正是以螺旋藻为原料精制成的保健珍品,对儿童的健康发育、老年人的抗衰老、肥胖人的健美减肥均有明显的作用。常年服食,全无任何毒副作用。

3. 在新药研制上的应用

螺旋藻除含有极其丰富的营养成分外,还含有

多种生物活性物质。这些特有的活性物质,对人体有特殊的作用。对这些活性物质的分离和提纯分析为新医药的研制提供了一个新的重要资源,已引起医药界的关注和兴趣。

1988年我校螺旋藻研究组,首先从螺旋藻中分离提纯得一种水溶性多糖(SP-1)。并发现这是一种抗辐射的有效物质,这种天然物质不但对细胞无毒性,还能增强动物骨髓细胞的增殖能力,减轻细胞的辐射损伤。通过核酸内切酶实验和放射自显影研究表明:SP-1有明显提高核酸内切酶对损伤DNA的切除活性和增强辐射引起的DNA修复合成的作用。这说明这种天然物质的抗辐射作用,主要是由增强了细胞对DNA损伤的修复能力的结果,可作为一种新的有效的天然辐射防护剂。通过动物和人的临床应用均表明:SP-1还有提高机体的免疫功能的作用。

通过动物试验还表明,螺旋藻多糖和多糖蛋白对移植性癌细胞也有明显的抑制作用。在SP-1 200毫克/千克的剂量下,可显著抑制肝癌细胞的增殖,其对肝癌细胞DNA、RNA和蛋白质的抑制作用,在3~24小时内随作用时间的延长而提高。最近中山医科大学对直肠癌的治疗,同样也有明显效果。

据报道,螺旋藻所含的藻蓝蛋白与藻胆素也可防止或抑制癌细胞的生长,它不仅有攻击灶性癌肿(Local Cancer)的作用,而且还可以促进淋巴细胞活性,增强身体的抵抗力。

三、我国螺旋藻产业的建立

“七五”期间,由于国家立了项,贯彻了科学研究与经济建设相结合的方针,我国螺旋藻产业仅用4年左右的时间,就完成了大致相当于国外一些地方经过近20年才能完成的工作。在藻种的筛选、培养条件的改良、螺旋藻生物量的提高,以及机械化的采收等方面都做了大量的基础工作和大面积的试验,分别利用碱性湖水、海水和淡水作培养基的试验均获得成功,并总结出大面积全套生产技术。

90年代初,先后在深圳、武汉、云南、海南等地建立了大面积工业化生产基地。湖北还利用地热资源实现了全年生产。云南利用微碱性湖泊,大大减少碳酸氢钠的用量。海南充分利用光、热资源提高单位水体的产量,降低成本,进一步完善了工业化生产技术和配套设施。最近深圳蓝藻公司又在广东的龙门、吴川等地建立了规模较大的工业化生产基地。可以说螺旋藻产业已在我国初步形成。

中国科学院水生生物研究所对提高螺旋藻的生物量做了较系统的研究。无疑,在人工培养条件下,研究螺旋藻光合作用的生理生态及如何提高其

光能转化效率的途径会给生产带来直接的效益。目前,我国螺旋藻户外大面积培养的生产水平大致在8~10克/平方米/日,最高生产率约20克/平方米/日左右。如能达到这个最高水平,则1990年国际应用藻类会议上提出的到本世纪末争取实现每公顷年产100吨螺旋藻生物量的目标就可以达到。

光合生产率的差异,关键在于光能的利用与转化效率。从理论上分析,提高螺旋藻光合效率具有很大的潜力,光合效率只要提高1%,其生物量生产率将相应提高20~50吨/公顷/年(因不同的辐照条件而有差异)。而在一定的辐照条件下,由于反射、吸收、透射引起光合有效辐射(PAR)的损失,CO₂固定量子效率的热能损耗,以及呼吸损耗光合贮存的能量,故总的光合效率最高只能达到可捕获光能的5.5~6.7%。除了提高光能利用效率的增产途径外,温度和营养控制、接种量、搅拌、培养池的深度、采收时间与采收量、大池的管理、保温等在螺旋藻生产中同样是重要的因素。与光、温、营养(包括CO₂)有关的其它物理化学条件,如供水、自然地理、气象要素等都不同程度地对生物量产生重要的影响。目前,我国在工业化生产建立起来后,正在新的水平上建立高产、优质、低成本的综合配套技术。

选育优良的藻种是提高螺旋藻生物量的另一条重要途径。中国科学院水生生物研究所对螺旋藻的不同品系进行研究的结果表明:盐泽螺旋藻(*Spirulina Subsalsa* Var.)具有生长快(世代时间7.3小时)、代谢活性高、对环境适应性强的优点。通过人工诱变,结合自然筛选,获得具有特殊性能、高生物量的藻种对发展我国螺旋藻产业是有重要意义的。结合食用和医用的特殊需要,江西与广东深圳还生产出铁强化、锌强化和硒强化的藻粉。

随着螺旋藻产业的建立及产品进入市场,建立质量标准和质量检测就非常重要。为增强产品竞争力,特别是在国际市场的竞争力,深圳蓝藻公司和武汉中科院植物所分别根据有关规定制定企业产品标准,规定了食用藻粉的技术要求、试验方法、检测规则、包装、标志、运输与贮存的时间等;并根据干物质的质量将产品分级。这样不但增强了产品的竞争力,也有利于产品的深加工与开发应用。在此基础上,我国正拟逐步形成国家级的法规性文件。在这方面国外早已走在前面,如美国联邦食品药品监督管理局(FDA)在1980年发布的文件中规定:“螺旋藻是一种蛋白质来源并含有各种维生素和矿物质。只要产品精确地标明并且不含有污染的或掺假的物质,螺旋藻就可以合法地在市场上销售。”

我国的螺旋藻产业虽然起步比国外晚,但由于国家比较重视,近几年发展很快,只要坚持依靠科技,走联合开发的道路,我国螺旋藻产业就会朝着持续高效的方向发展。(责任编辑 王宏章)