

富硒螺旋藻研究进展

巩东辉^{1,2}, 王志忠^{3,4}, 宝俊刚^{2,4}

¹鄂尔多斯市双福健螺旋藻业有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯

²内蒙古科技大学生命科学与技术学院, 内蒙古 包头

³鄂托克旗科技创新发展服务中心, 内蒙古 鄂尔多斯

⁴鄂尔多斯市琢成生物科技有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯

收稿日期: 2022年3月18日; 录用日期: 2022年4月19日; 发布日期: 2022年4月27日

摘要

本文扼要地阐述了螺旋藻、硒的保健及医疗功效, 并对富硒螺旋藻研究现状进行了概述, 同时展望了富硒螺旋藻今后的研究重点和方向。

关键词

螺旋藻, 富硒, 富硒螺旋藻

Research Progress on Selenium-Rich Spirulina

Donghui Gong^{1,2}, Zhizhong Wang^{3,4}, Jungang Bao^{2,4}

¹Ordos Shuang Fujian Spirulina Industry Co., Ltd., Ordos Inner Mongolia

²School of Life Science and Technology, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou Inner Mongolia

³Etuo Science and Technology Innovation and Development Service Center, Ordos Inner Mongolia

⁴Ordos Zhuocheng Biotechnology Co., Ltd., Ordos Inner Mongolia

Received: Mar. 18th, 2022; accepted: Apr. 19th, 2022; published: Apr. 27th, 2022

Abstract

In this paper, the health care and medical treatment effects of spirulina and selenium were briefly described, and the research status of selenium-rich spirulina was summarized, and the future research focus and direction of selenium-rich spirulina were prospected.

Keywords

Spirulina, Selenium, Selenium-Rich Spirulina

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 螺旋藻概述

螺旋藻(*Spirulina*), 也称节旋藻(*Arthrospira*), 属蓝藻门、蓝藻纲、颤藻目、节旋藻属。螺旋藻是一种古老的低等原核水生植物(蓝细菌), 在地球上繁衍生息约有 30 多亿年, 螺旋藻由无分枝的单列细胞排列而成, 藻丝体螺旋状, 故而得名[1]。

螺旋藻可在淡水、盐碱水及海水中生存, 目前发现的螺旋藻约有三十多个种, 多数种生活在淡水中, 海水中发现的螺旋藻品种较少。虽目前发现的螺旋藻种类较多, 但广泛用于规模化养殖的品系只有极大螺旋藻和钝顶螺旋藻, 这两个产业化藻种主要生活在碱湖中。螺旋藻具有光合效率高、生长繁殖迅速和对环境适应性强的特点, 因其营养成分丰富且均衡, 富含多种生物活性物质, 是一种具有极高经济价值的藻类, 也是为数不多的可大规模培养的微藻[2]。

人类食用螺旋藻的历史很悠久, 非洲的乍得地区及墨西哥的台思可可湖区都有当地土著居民收集、加工及食用螺旋藻的记载。螺旋藻被发现并逐步被重视源于上世纪 60 年代, 法国的克雷曼博士发现非洲乍得的卡尼姆族人在食物非常匮乏的情况下身体非常健壮, 寿命也较长, 后来发现这与当地土著人长期食用从乍得湖捞取的蓝绿色浮游微藻有密切的关系, 经藻类学家鉴定这种蓝绿色浮游微藻为螺旋藻[3]。后续的研究发现螺旋藻含有丰富的蛋白质及多种营养物质, 是人类非常理想的一种食品, 1974 年联合国世界粮食会议将螺旋藻确定为重要蛋白源[1]。

螺旋藻是一种药食同源藻类, 目前医学研究发现, 服用螺旋藻可有效降低胆固醇、血脂、血糖, 在防癌抑癌等方面也有良好的效果, 另螺旋藻还能清除体内的自由基, 提高机体的抗氧化能力, 调节代谢、增强机体免疫力, 同时螺旋藻对于调整肠道菌群结构、改善肠道微生态环境也发挥了重要的作用。基于螺旋藻在保健及医疗方面的多种作用, 其被视为一种理想的蛋白质来源和潜在的药源, 具有广阔的应用前景[3]。近年来螺旋藻已实现大规模工厂化生产, 很多国家投入到螺旋藻的商业化生产, 螺旋藻的产量大幅度上升, 中国的螺旋藻产业虽起步较晚, 但目前中国(尤其是内蒙古鄂尔多斯地区)已成为全球螺旋藻最主要的生产和加工基地, 螺旋藻被加工成多种营养保健食品和药品销往全球[4] [5] [6]。

2. 硒概述

硒(Se)是人类和动物生长发育所必须的 14 种微量元素之一, 对于维持机体正常的代谢具有重要的意义, 其化学性质介于金属与非金属之间, 具有重要的生理和药理作用。硒在人体中与半胱氨酸结合形成硒代半胱氨酸(SeCys), 而硒代半胱氨酸为谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)重要的组成部分, 该酶参与体内活性氧的清除, 是人体抗氧化酶系统的重要成员, 对于抵抗活性氧及氧自由基对于细胞膜的攻击具有重要的意义。GSH-Px 及其他一些抗氧化酶的活性在外源硒诱导的条件下会得到提升, 提高机体的抗氧化能力; 而当机体硒含量极低或缺硒时, GSH-Px 及其他抗氧化酶活性降低, 活性氧及氧自由基没有及时被清除而导致积累, 其会攻击细胞膜发生脂质过氧化作用, 引起细胞膜透性增加及结构破坏等, 进而影响机

体的代谢,例如克山病与白肌病就是与人体内硒的缺乏有密切的关系。硒过量同样会导致疾病的发生,流行病学研究发现白内障的发生与过量硒的摄入有关[7] [8] [9]。

3. 富硒螺旋藻研究概述

鉴于硒重要的生理功能和广泛的药理作用,医疗和科研工作者一直在致力于寻找一种安全高效的补硒形式。20世纪70年代我国曾用补充无机硒(亚硒酸钠)的方法防治克山病取得了良好的效果,但是局限于无机硒的高毒性,此法在应用上受到了很大的局限。科研工作者开展了利用某些生物载体的富硒培养工作,如富硒酵母、富硒大蒜、富硒茶叶等,后续的研究也表明植物有机硒是比较安全有效的一种补硒方式。目前在生物体中发现了很多含硒的生物分子[10] [11],例如含硒的蛋白、多糖、核酸、氨基酸等,其中对于含硒蛋白质分子报道较多,除谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)之外,又发现了多种含硒的酶[12] [13]。

3.1. 富硒生物载体的选择

由于天然生长的生物体中硒的含量一般较低,如何找到一种理想的富硒生物载体就成为众多学者研究的热点。螺旋藻对于很多金属元素具有富集作用,可对硒进行富集并通过转化作用使其转变为有机硒,从而使螺旋藻也具有更好的生理功能[13] [14]。富硒螺旋藻相较于传统的螺旋藻片剂,在医疗保健效果上有了显著的提升[15]。

3.2. 富硒螺旋藻的功能作用研究

富硒螺旋藻可有效改善小鼠的血相指标,改善糖尿病小鼠的生理状况[14] [16],在抗疲劳和增强机体免疫力及抑制肿瘤、对高效氯氰菊酯染毒斑马鱼生殖和发育保护作用等方面也具有积极的效果[17]。通过螺旋藻的富集与转化作用将外界环境中的硒转变为藻类体内的有机硒,其中如何协调富硒与螺旋藻生长的关系是关键问题。硒对螺旋藻生长的影响具有“低促高抑”的生物学效应,其作用的机制目前仍不是很明晰。有学者认为在较低浓度下的硒可提高生物体内抗氧化酶系统的活性,生物体清除自由基的能力增强,有利于藻的正常代谢和生长;但是当硒浓度超过一定阈值时,硒会转变成为螺旋藻生长的胁迫因子,导致藻体内产生超出生物体处理能力的活性氧和自由基,机体内的代谢平衡被打破,进而加速藻体衰老,抑制藻生长;也有人认为硒过多取代氨基酸中的硫,引起蛋白质空间结构的改变进而导致其功能的变化,藻体代谢紊乱,藻的生长受到抑制;还有学者认为藻细胞可以将无机硒转变成易挥发性的硒化氢,而硒化氢会抑制藻细胞内一些酶的活性,抑制藻的生长[18]。

高剂量富硒螺旋藻对小鼠的血清中甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇 TG、LDL-C含量有明显降低作用($P < 0.01$),说明富硒螺旋藻有着较强的降脂作用[16]。富硒螺旋藻可通过降低肝组织氧化应激水平、抑制肝组织 TERT 表达及端粒酶活性而发挥抑制恶性变的作用[19]。富硒螺旋藻在体内经胃肠蛋白酶消化产生的多肽,对 ACE 具有较强的抑制活性,且富硒螺旋藻多肽对 ACE 的抑制作用呈现显著的剂量-效应依赖性[20]。利用胃蛋白酶-胰蛋白酶-胰凝乳蛋白酶联合酶水解,可显著提高蛋白水解度,达到 87.94%,且联合水解的多肽对 ACE 抑制效率最高(89.47%)。碱性蛋白酶水解得到的多肽对 ACE 的抑制率也较高[21]。

3.3. 富硒螺旋藻生产研究

以 LED 红光做光源,在光照强度 0~10,000 lx 范围内,螺旋藻生物量与光照强度成正相关关系;在光照强度 0~8000 lx 范围内,螺旋藻硒含量与光照强度成正比。在光照时间 06 h 范围内,LED 红光对螺旋藻生长和锌富集作用的影响具有同步增长的态势,均随光照时间增加而增大[9]。

除培养基中硒浓度会影响螺旋藻的生长及藻体硒含量, 硒添加的及培养方式也可对藻体硒含量产生影响。一次性加硒法, 硒浓度对螺旋藻的生长及各种色素含量表现出“低促高抑”的生物学效应; 而在培养的不同阶段分批次添加硒, 则可在提高藻体富硒量的同时又可降低高硒对螺旋藻的抑制作用, 且藻体中各种主要活性物质均有不同程度的增加。与自养相比, 在混养条件下, 螺旋藻生长速度较快, 光合作用能力增强[22] [23]。利用渗透膜建立高密度培养富硒螺旋藻, 高细胞增殖速率、高有机硒转化率、高无机营养源消耗率和低有机碳的积累, 便于培养液的再生利用, 减少废液污染[24]。

4. 小结与展望

关于富硒螺旋藻的研究从最早硒对螺旋藻生长和藻体硒富集的影响, 逐步深入到探索硒在藻体中的存在形态及分布情况, 进而研究含硒生物分子的活性及从分子生物学解释相关的生物学现象, 研究过程逐渐从宏观表象深入到分子机理的探索。目前, 富硒螺旋藻的研究的重点主要有优良生产性状的高富硒螺旋藻品系、优化培养工艺流程以获得高硒、高产的螺旋藻产品、开发更多附加值高且被消费者接受的富硒螺旋藻产品等方面。进一步揭示螺旋藻含硒生物分子的形态、生物活性及功能为明确螺旋藻富集转化硒的机理提供直接的实验证据, 为富硒螺旋藻产品的开发及保健或医疗功效的解释提供理论基础。

基金项目

鄂尔多斯科技计划项目: 高产富硒螺旋藻粉生产关键技术攻关; 鄂尔多斯市科技重大专项: 高附加值富铁锌硒钝顶螺旋藻分级蛋白产品开发及产业化关键技术研究(2021 ZD I 22-6)。

参考文献

- [1] 陈峰, 姜悦. 微藻生物技术[M]. 北京: 中国轻工业技术出版社, 1999.
- [2] Hu, H.J. (1997) Current Statuses and Emerging Prospects of the Biotechnology of Spirulina in Overseas. *Journal of Wuhan Botanical Research*, **15**, 369-374.
- [3] 胡鸿均. 螺旋藻生物学及生物技术原理[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [4] 李定梅. 螺旋藻[M]. 北京: 警官教育出版社, 1997.
- [5] 乔辰, 栗淑媛. 鄂尔多斯高原碱湖的螺旋藻[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [6] 王志忠, 孙君社, 穆洁, 等. 鄂尔多斯钝顶螺旋藻与几种常见食品营养成分对比分析[J]. 生物学杂志, 2021, 38(5): 77-81.
- [7] 张爱萍, 陈天仁, 陈叶, 等. 富硒、富锌钝顶螺旋藻培养优化研究[J]. 河西学院学报, 2014, 30(2): 72-76.
- [8] 王夔主编. 生命科学中的微量元素[M]. 北京: 中国计量出版社, 1992: (上卷)189-248+(下卷)98-133.
- [9] 高海洋. LED 光照对富锌和富硒螺旋藻生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 湛江: 广东海洋大学, 2016.
- [10] 黄丽. 富硒螺旋藻的生物分布及其含硒蛋白的抗炎活性研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2020.
- [11] 单雪凤, 张水妹, 蔡智辉, 凌钦婕, 黄峙. 富硒螺旋藻光谱特性及其含硒蛋白质组分析[J]. 分析化学, 2016, 44(12): 1814-1819.
- [12] 徐芳, 邱德仁, 杨芃原, 等. 硒的化学与生物形态分析综述[J]. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(2): 331-340.
- [13] 陈填烽. 高富硒量螺旋藻的混养研究及硒的形态分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 暨南大学, 2005.
- [14] 董强, 董云玲, 钱凯先, 等. 富硒螺旋藻对糖尿病小鼠降糖作用的实验研究[J]. 微量元素与健康研究, 1998, 15(4): 6-7.
- [15] 王梅, 龙军标, 杨冰仪, 徐英, 吉宇恒. 浊点萃取-共振瑞利散射法测定富硒螺旋藻片中的硒[J]. 化学试剂, 2013, 35(8): 717-720.
- [16] 李茜, 黄伟, 黄蓓. 富硒螺旋藻对急性高脂血症小鼠血脂水平的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(1): 194-197.
- [17] 张意. 富硒螺旋藻对高效氯氰菊酯染毒斑马鱼生殖和发育保护作用的研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽大学, 2019.

-
- [18] 黄峙. 食品硒源的生物学研究进展[J]. 食品科学, 2002, 22(5): 90-94.
- [19] 李蜜, 徐标. 富硒螺旋藻对日本血吸虫肝硬化小鼠肝组织端粒酶活性的影响[J]. 现代预防医学, 2014, 41(18): 3387-3390.
- [20] 高冬芳, 张逸波, 凌钦婕, 邹颖, 黄峙. 富硒螺旋藻多肽对血管紧张素转化酶的抑制作用[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 7-10.
- [21] 王韵, 蔡智辉, 张逸波, 戚红军, 凌钦婕, 黄峙. 富硒螺旋藻蛋白水解多肽的制备及其对 ACE 活性的抑制作用[J]. 现代食品科技, 2013, 29(7): 1574-1579.
- [22] 陈必链, 庄惠如, 余望, 等. 钝顶螺旋藻对锌和硒生物富集作用的研究[J]. 食品与发酵工业, 1998, 24(6): 27-29.
- [23] 黄键, 陈必链, 吴松刚. 环境因素对螺旋藻富集硒和锌及生长的影响[J]. 1999, 25(4): 23-25.
- [24] 任璐艳, 靳兴媛, 周永林, 张逸波, 凌钦婕, 黄峙. 应用渗透膜高密度培养富硒螺旋藻[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 237-241.