

功能性富锌螺旋藻加工技术的研究

魏新林¹, 聂明¹, 吴丹丹¹, 何晓丹¹, 蔡杰¹, 王元凤¹, 杨帆¹, 肖明¹, 王登良^{2,*}
(1. 上海师范大学工程食品研究所, 上海 200234; 2. 华南农业大学, 广东 广州 510642)

摘要: 比较了活体螺旋藻、死体螺旋藻和螺旋藻粉吸附 Zn^{2+} 能力大小以及不同 pH 值、 Zn^{2+} 浓度和藻浓度对螺旋藻粉吸附 Zn^{2+} 的影响。结果表明: 螺旋藻粉吸附 Zn^{2+} 能力大于死体螺旋藻和活体螺旋藻, 在 pH 值为 6, 螺旋藻粉浓度为 1g/L, 锌浓度为 0.06g/L 时, 可达到最大吸附率 50%, 为提高螺旋藻的营养价值和商业价值提供了理论依据。

关键词: 螺旋藻; 锌; 富锌

Research on Processing Technology of Functional Zinc-rich *Spirulina platensis*

Wei Xin-lin¹, NIE Ming¹, WU Dan-dan¹, HE Xiao-dan¹, CAI Jie¹, WANG Yuan-feng¹,
YANG Fan¹, XIAO Ming¹, WANG Deng-liang^{2,*}
(1. Institute of Food Engineering, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;
2. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The research compared the capacity of biosorption in Zn^{2+} of the live *Spirulina* with that of the dead *Spirulina* and powdery *Spirulina*. The effects of different pH and concentration of Zn^{2+} and *Spirulina* on the biosorption of the powdery *Spirulina* for Zn^{2+} were also studied. The results showed that the capacity of biosorption in Zn^{2+} of powdery *Spirulina* is higher than that of the live and dead *Spirulina*. The highest biosorption of powdery *Spirulina* in Zn^{2+} is 50% when the concentration of Zn^{2+} is 0.06g/L and powdery *Spirulina* 1g/L in liquor at pH6. This research establish an academic basis for heightening the nutritional value and the economic value of *Spirulina platensis*.

Key words: *Spirulina platensis*; zinc; zinc-rich

中图分类号: Q949.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)06-0144-03

锌是一种人体必需微量元素, 国内外许多学者对其进行了广泛研究, 确认与锌有关的酶类有 200 多种, 锌对智力发展具有的极其关键的作用, 锌在免疫系统发育和维持宿主防御中起决定性作用^[1]。

螺旋藻是 70 年代以来国际生物学工作者十分关注、广泛研究和开发利用的一种新的植物蛋白质资源。目前在国内外工厂化生产的螺旋藻主要为钝顶螺旋藻 (*S. platensis*) 和极大螺旋藻 (*S. mexima*)^[2]。螺旋藻具有高蛋白、高营养、高消化吸收率等特性^[3, 4]。据报道, 螺旋藻有多种生物活性, 可作为治疗多种疾病的药物和辅助药物, 如增强机体免疫力; 调节机体生理功能^[5]; 促进新陈代谢; 对贫血、糖尿病、肝病等疾病具有良好的疗效; 对调养生息、增加营养和延年益寿均有特殊的效果等^[6, 7]。

传统富锌技术是利用螺旋藻培养进行强化, 是通过螺旋藻生理代谢作用来实现对锌的生物浓缩过程。由于螺旋藻生长、锌和环境之间存在复杂的关系, 很难达到理想的富集目的。本研究采用螺旋藻粉在易控制的条件下强化, 开发功能性富锌螺旋藻, 有效提高了螺旋藻的营养价值和商业价值, 为系列高附加值富锌螺旋藻产品的研制与开发奠定了基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

螺旋藻藻种 实验用菌种钝顶螺旋藻 (*Spirulina platensis*) 上海师范大学水生生态研究; 螺旋藻粉 山东省东营市胜利油田胜大集团总公司螺旋藻制品厂, 其品系为钝顶螺旋藻; 实验所用试剂均为分析纯试剂。

收稿日期: 2005-06-29

*通讯作者

基金项目: 青年基金资助课题 (SQ200408)

作者简介: 魏新林 (1971-), 男, 副教授, 博士, 研究方向为生物活性物质与功能性食品。

1.2 仪器与设备

Z-8000 原子吸收光谱仪 日立公司; DHP-9082 型电热恒温培养箱 上海—恒科技有限公司; DHG-101 型电热恒温鼓风干燥箱 上海华连医疗器械有限公司; 90-2 型恒温磁力搅拌器 上海振荣科学仪器有限公司; PHS-3C 型酸度计 上海埃依琪实业有限公司; H2Q-C 摇床 哈尔滨市东明医疗仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 藻的培养

采用 Zarrouk 培养液培养^[8]。500ml 三角瓶装入 200ml 培养液, 接种经活化三代且处于对数生长期的螺旋藻 5V/V。光源采用日光灯, 光强度为 3000lx, 全天光照。在往复式摇床上培养, 往复频率为 200 次/min, 培养温度为 35 ± 1 。

1.3.2 藻的处理

将培养到对数生长期的螺旋藻培养液用定性滤纸过滤, 蒸馏水洗涤 3 次后, 平均分成两份, 一份采用 80℃ 2h 热致死, 测定其干重后做死体吸附, 另一份做活体吸附。

1.3.3 藻体吸附 Zn^{2+} 试验

每次称取定量的藻至一定 pH 值含 Zn^{2+} 的定量水溶液中, 置于摇床在 200r/min 下振荡 30min 后, 过滤并多次洗涤, 合并过滤液, 测定其 Zn^{2+} 浓度。

1.3.4 Zn^{2+} 测定与吸附率的计算

Z-8000 原子吸收分光光度计测定^[9]。 Zn^{2+} 吸附率计算: 用原子吸收光谱仪测定吸附后溶液中剩余 Zn^{2+} 的浓度, 利用吸附前后 Zn^{2+} 浓度的差, 得出吸附率。计算公式:

$$\text{吸附率} = \frac{\text{空白标准浓度} - \text{吸附后浓度}}{\text{空白标准浓度}} \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 活体螺旋藻、死体螺旋藻与螺旋藻粉吸附 Zn^{2+} 的比较

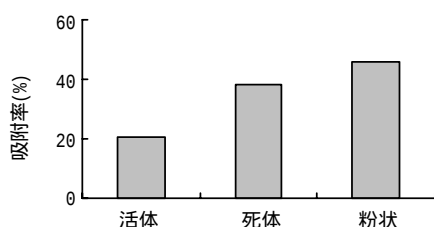


图1 活体螺旋藻、灭活螺旋藻、螺旋藻粉 Zn^{2+} 吸附率比较
Fig.1 Comparison of biosorption capacity of live *Spirulina*, dead *Spirulina* and powdery *Spirulina* for Zn^{2+}

由图1看出螺旋藻粉吸附 Zn^{2+} 能力最强, 死体螺旋

藻的次之, 活体螺旋藻最弱。灭活后的螺旋藻的生物功能丧失, 细胞透性增强, 细胞内的生物大分子变性, 造成大量功能基团外露, 因而对锌离子的亲和与吸附能力增强。死体螺旋藻生物吸附剂, 包括藻类、苔藓、真菌以及细菌等, 均可看作天然离子交换材料, 与活细胞相比, 不易受各种生理生化条件限制, 对金属元素的吸附更为高效, 吸附容量大, 再生能力强, 因而更易于操作、利于使用。而螺旋藻粉由于加工处理成短段状, 大分子结构进一步改变, 暴露的侧链基团更多, 分子结构更为疏松, 在合适的条件下对锌的生物吸收转化作用比灭活螺旋藻更加强烈。故本实验采用螺旋藻粉作为吸附藻体。

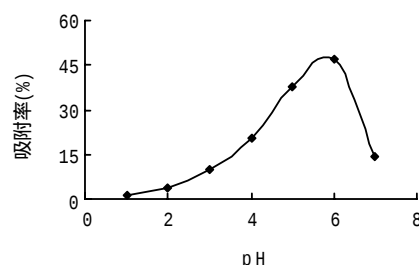


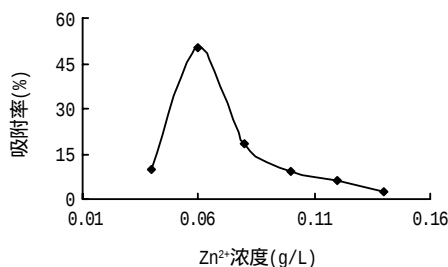
图2 pH 值对 Zn^{2+} 吸附的影响
Fig.2 Effect of pH on biosorption for Zn^{2+}

2.2 pH 值对吸附率的影响

由图2可见, pH 是影响吸附的重要因素之一。在低 pH 条件下, 藻体对 Zn^{2+} 几乎没有吸附作用, 而随着 pH 的升高, 在 3~6 范围内 Zn^{2+} 吸附率急剧上升, 在 pH 6.0 时, Zn^{2+} 吸附率可达到 47.25%。其原因是 pH 值不仅影响细胞表面金属吸附基团的带电性, 也影响金属离子的水化性, 从而影响金属的吸附。在低 pH 值条件下, 水化的氢离子 (H_3O^+) 将与细胞壁上的反应基团结合, 从而限制了金属离子向细胞壁靠近, 产生屏蔽效应。随着 pH 的升高, 这种屏蔽效应在不断减弱, 而在 pH > 6 时, 由于 Zn^{2+} 的供体为七水硫酸锌是强酸弱碱盐, Zn^{2+} 易出现沉淀, 故 Zn^{2+} 吸附只能在低酸溶液内进行, 这一点与大多数重金属的生物吸附相同。在实验中出现的随着重金属离子的吸附, 溶液 pH 显著下降的现象说明, 在 Zn^{2+} 的吸附过程中可能存在一种重要的吸附机理, 即离子交换机制, 即在质子和 Zn^{2+} 之间存在着一种离子交换机制。藻体细胞壁上含有的 $R-COOH$ 、 $R-OSO_3$ 、 $R-NH$ 和 $R-NH_2$ 等基团均可能是离子交换的重要场所。

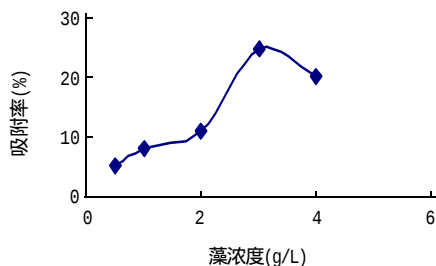
2.3 Zn^{2+} 浓度对吸附率的影响

由图3可见, 在 1g/L 螺旋藻浓度下, 当 Zn^{2+} 浓度为 0.06g/L 时, 吸附率达到最高为 50%, 而后随着 Zn^{2+} 浓度的上升, 吸附率急剧下降, 当 Zn^{2+} 浓度达到 0.14g/L

图3 Zn^{2+} 浓度对吸附的影响Fig.3 Effect of the concentration of Zn^{2+} on biosorption

时,其吸附率仅为2.43%。若想增大其吸附率,则必须增加藻的使用量。造成这种现象的主要原因是因为在 Zn^{2+} 的生物吸附过程中存在一种平衡机制。在生物吸附的过程中存在两相:固相(此处为螺旋藻粉)、液相(此处为 Zn^{2+} 的水溶液)。由于吸附剂对所吸附的离子的亲和性,离子首先到达吸附剂的表面,然后在根据各种物理的或化学的机制进一步吸附。结果在游离的离子(溶液中的离子)与被吸附的离子之间逐渐达到一种动态平衡,存在一平衡浓度 Zn^{2+} 。

2.4 藻浓度对吸附率的影响

图4 藻浓度对 Zn^{2+} 吸附的影响Fig.4 Effect of concentration of *Spirulina* on biosorption

由图4可见,在锌浓度为0.2g/L下,藻浓度在3~4g/L范围内,藻体有较高的利用率,在藻体浓度为3g/L时,利用率最高。随着藻浓度的升高,吸附率并没有升高,反而有所下降,这可能是因为随着单位体积藻含量的升高,藻容易聚集在一起,就减少了与藻液中 Zn^{2+} 的接触面积,不利于吸附。因而 Zn^{2+} 的吸附率没

有出现预期的上升现象。因此,在实际应用中,应根据 Zn^{2+} 含量来确定藻的用量,以免出现藻体的浪费以及不能达到预期吸附的现象。

3 结论与讨论

本实验研究表明:活体、死体与螺旋藻粉相比,螺旋藻粉对 Zn^{2+} 的吸附能力最强,死体螺旋藻次之,活体螺旋藻最弱。在pH值为6,螺旋藻浓度为1g/L,锌浓度为0.06g/L时,可达到最大吸附率50%。

失去生物活性的藻对金属离子依然具有较强的吸附能力,吸附金属离子主要由其自身的物质组成与结构引起。藻细胞由大量蛋白质和纤维素组成,其中含有各种能与金属离子络合的基团,如羧基、氨基等。在吸附金属离子过程中,藻细胞的功能基团就像离子交换树脂一样与金属离子发生络合反应,也可以与某些带相反电荷的金属络合物离子发生静电吸引。整个吸附过程是一种物理—化学吸附过程。活体螺旋藻处于生长期,其分子结构较为严密,不利于生物吸附。而螺旋藻粉细胞分子结构遭破坏,形成小段,暴露的侧链基团最多,分子结构最为疏松,在合适的条件下对锌的生物吸收转化作用比活体螺旋藻更加强烈。

参考文献:

- [1] 王菱. 生命科学中的微量元素[M]. 北京: 中国计量出版社, 1992.
- [2] 张以芳, 杨志雷. 螺旋藻的研究和开发进展[J]. 海洋科学, 1998, (5): 68-70.
- [3] Ciferri O, Tiboni O. The biochemistry and industrial potential of *Spirulina*. Ann[J]. Rev Microbiol, 1985, 39: 503-526.
- [4] Becher EW. Production and utilization of the blue-green alga *Spirulina* in India[J]. Biomass, 1984, (4): 105-125.
- [5] Ciferri O. *Spirulina*, the edible microorganism[J]. Microbiological Reviews, 1983, 47(4): 551-578.
- [6] 路透社摩纳哥. 缓解饥荒的食物—螺旋藻[N]. 参考消息, 1993-05-08, (7).
- [7] 马贵武. 螺旋藻营养液的成分与保健功效分析[J]. 水产学报, 1997, 21(1): 10-11.
- [8] Eirik O, Michael R, Nancy M. Facilities requirements and procedures for the laboratory and outdoor raceway culture *Spirulina* spp[J]. J Mar biotechnol, 1997, (5): 1-11.
- [9] 张剑荣, 戚苓, 方惠群. 仪器分析实验[M]. 北京: 科学出版社, 1999.