

研究简报

## 强化螺旋藻钙含量的初步研究

### PRELIMINARY STUDY ON ENRICHING OF CALCIUM CONTENT IN *SPIRULINA PLATENSIS*

曹吉祥 胡泽斌

(青岛海洋大学, 266003)

Cao Jixiang and Hu Zebin

(Ocean University of Qingdao, 266003)

关键词 钝顶螺旋藻, 钙含量, 强化

KEYWORDS *Spirulina platensis*, calcium content, enrichment

钙是人体主要元素之一,也是最易缺乏的元素[何志谦,1988]。据调查,我国大中城市中60%以上孕妇、80%以上幼儿及90%以上老年人群存在缺钙现象[朱 珠等,1994]。因此,钙成为强化食品中普遍添加的成分。

螺旋藻(*Spirulina*)是一类适于海、淡水生长且喜高温的微小藻类,含有丰富的营养成分及生理活性物质[蒋 春译,1990];国内外目前已开展了人工培育,并加工成多种营养、保健食品和药品[何连金,1988;林聘珍译,1990;蒋 春译,1990]。据分析,与其他成分相比,螺旋藻中钙的含量明显不足。如成年人食用10g螺旋藻粉即可满足对铁日需要量的50%~100%;而食用等量藻粉仅能满足钙需要量的1%~5%,限制了螺旋藻的营养保健功能。利用生物活性钙作钙源要比服用补钙药物效果更好[朱 珠等,1994]。基于这一点,本研究对活体螺旋藻进行了钙含量的强化。目前,国内外尚未有这方面的报导。

## 1 材料和方法

### 1.1 藻类培养

实验用钝顶螺旋藻(*Spirulina platensis*),藻种来自中科院水生生物研究所。实验中用Zarrouk培养液[Zarrouk,1966]扩大培养;至指数生长期时,离心收获,用蒸馏水漂洗后再离心,藻泥移入无钙Zarrouk培养液中继续培养2天,用于进行忍耐性和吸收实验。培养温度 $29 \pm 1^\circ\text{C}$ ,24h光照,强度为3500~4000lx;不充气,每日摇动3~5次(以下实验条件与此相同)。

### 1.2 忍耐性实验

以 $\text{CaCl}_2$ 作钙源。用蒸馏水配制 $0, 18 \times 10^{-6}, 36 \times 10^{-6}, 72 \times 10^{-6}, 180 \times 10^{-6}, 360 \times 10^{-6}, 720 \times 10^{-6}, 1800 \times 10^{-6}, 3600 \times 10^{-6}$ 及 $7200 \times 10^{-6}$ 十个梯度的 $\text{CaCl}_2$ 溶液。移入等量螺旋藻泥,摇动使藻体均匀分散,分别在

收稿日期:1994-09-08。

12h及24h时收获。藻泥在105℃烘干至恒重,得生物量。用凯氏定氮法测定藻样中蛋白质含量。依照有关文献测定与计算螺旋藻鲜样中叶绿素a及脱镁叶绿素a[Geider和Osborne,1992]、类胡萝卜素[西泽和一俊和千原光雄,1979]、藻兰蛋白及别藻兰蛋白[Bennett和Bogorda,1973]的含量。利用黑白瓶法,用RSS-5100测氧仪测定螺旋藻在上述Ca浓度的溶液中12h时的光合放氧量(POE)。

### 1.3 吸收实验

根据预备实验结果,选定 $3600 \times 10^{-6}$ Ca浓度进行实验。将收获的藻泥等份移入6个盛有上述浓度CaCl<sub>2</sub>溶液的烧瓶中,分别在0、1、3、6、9及12h时收获,用蒸馏水漂洗后再离心;烘干后,用EDTA-二钠法测定藻体中Ca含量,钼兰比色法测定P(PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 对钙离子的忍耐力

#### 2.1.1 生物量

与接种时生物量(g、干重)相比,螺旋藻生物量变化不显著(P>0.05)。但Ca浓度低时(< $180 \times 10^{-6}$ ),生物量偏高,可能与藻体生长有关;Ca浓度高时(> $360 \times 10^{-6}$ ),生物量有某种程度的减小。镜下观察,24h时在 $360 \times 10^{-6} \sim 7200 \times 10^{-6}$ Ca溶液中,藻体失去螺旋或断裂、发白;水溶性内容物散失是导致干重下降的原因。

#### 2.1.2 蛋白含量

蛋白质含量下降(表1)与生物量减小原因一致。

表1 不同氯化钙浓度( $\times 10^{-6}$ )下螺旋藻的蛋白质含量(%)

Table 1 Protein levels of *Spirulina platensis* in various concentrations of CaCl<sub>2</sub>

时 间(h)	0	18	36	72	180	360	720	1800	3600	7200
12	66.3	70.6	69.7	67.7	66.9	66.9	67.8	60.7	58.1	38.2
24	40.3	43.8	27.3	26.4	25.2	23.3	23.0	22.9	21.2	18.2

#### 2.1.3 色素组成

12h时 $3600 \times 10^{-6}$ 及 $7200 \times 10^{-6}$ 中藻胆蛋白含量有所下降;24h时,在Ca浓度高于 $1800 \times 10^{-6}$ 溶液中,藻胆蛋白含量为零。此时外观发现螺旋藻培养液变为透明的蓝色,即为水溶性的藻兰蛋白所致(表2)。

表2 不同钙浓度下螺旋藻的色素组成(mg/L)

Table 2 Pigment composition of *S. platensis* in various concentrations of CaCl<sub>2</sub>

时 间 色素类别	12小时					24小时				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
0	3.34	0.33	2.10	70.2	18.4	2.27	0.40	1.08	23.4	11.7
18	4.01	0.41	2.44	77.3	19.4	3.42	0.62	1.16	40.8	16.3
36	3.82	0.37	2.36	73.4	19.1	2.30	0.43	1.12	30.7	12.5
72	3.70	0.37	2.34	73.1	19.0	2.26	0.40	1.10	26.8	10.3
180	3.73	0.37	2.33	72.3	18.7	2.24	0.39	1.06	24.3	9.8
360	3.69	0.36	2.18	72.1	18.6	2.12	0.37	0.91	10.3	4.1
720	3.69	0.36	2.18	69.2	17.7	2.23	0.39	1.04	4.7	0
1800	3.68	0.37	2.16	69.3	17.5	2.21	0.38	1.02	0	0
3600	3.66	0.36	2.06	68.1	17.2	2.10	0.37	1.02	0	0
7200	1.29	0.13	1.12	29.9	7.6	0.67	0.15	0.18	0	0

注: I. 叶绿素a; II. 脱镁叶绿素a; III. 类胡萝卜素( $\mu\text{g/L}$ ); IV. 藻兰蛋白; V. 别藻兰蛋白。

### 2.1.4 光合放氧

POE反映了藻体的生理状况。Ca浓度 $\leq 3600 \times 10^{-6}$ 时,POE间的差异不显著( $P > 0.05$ );而在 $7200 \times 10^{-6}$ 时,POE明显减小,表明藻体在外界胁迫(stress)作用下,生理过程受到严重影响(表3)。

表3 不同氯化钙浓度( $\times 10^{-6}$ )下螺旋藻的光合放氧量( $O_2$ mg/L/h)

Table 3 Photosynthetic oxygen evolution ( $O_2$ mg/L/h) of

*S. platensis* in various concentrations of  $CaCl_2$

时 间 (h)	0	18	36	72	180	360	720	1800	3600	7200
12	0.23	0.24	0.23	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.10

以上结果表明,当Ca浓度 $\leq 3600 \times 10^{-6}$ 及时间 $\leq 12$ h时,螺旋藻由普通淡水培养基中一步进入高浓度的 $CaCl_2$ 溶液中,其形态、生化及生理所受影响不大。Warr等[1985]进行的渗透压实验证实,在逐步增大盐度的条件下,在1.5倍于海水盐度的溶液中螺旋藻生长良好,48h内POE未受影响;但对纯NaCl溶液的耐受性低。吴伯堂等[1988]进行了螺旋藻的海水驯化,海水培养螺旋藻获得成功。由此看来,螺旋藻具有抵抗外界胁迫的能力,但要有一个过程。如果逐步提高Ca的浓度或添加其它离子,螺旋藻对Ca的耐受性会更强。

## 2.2 对钙的吸收

如图1,3~9h时,螺旋藻对Ca的吸收值达到高峰(3.6%~3.9%);此时,Ca含量为初始含量的8.1~8.6倍。0~3h时,Ca吸收呈直线上升,说明在外界高渗透压作用下,螺旋藻被动吸收Ca。3~9h时,藻体内产生和积累了足够数量的低分子糖类[Warr等,1985],内外渗透压差趋于零,Ca的输送处于动态平衡。9h以后,藻体在外界胁迫长时间作用下失去完整性,水溶液内含物散失。P含量的下降原因与此相同。

结果表明,3~9h为螺旋藻吸收Ca的适宜时间。但Ca在螺旋藻体内的有机化程度及在人体内的可利用率等问题尚待进一步研究。经过强化,螺旋藻中Ca:P( $PO_4^{3-}$ )由初始的0.47:1变为3.8:1。

## 参 考 文 献

- [1] 朱 珠等,1994.高浓度钙生物液的研究,食品工业科技,(1):30~34.
- [2] 神尾寻司(林聘珍译),1990.墨西哥的螺旋藻生产与应用,南海研究与开发,(3):49~52.
- [3] 吴伯堂等,1988.钝顶螺旋藻海水驯化的初步研究.海洋与湖沼,19(2):197~200.
- [4] 何志谦,1988.人类营养学,253~265.人民卫生出版社(北京).
- [5] 何连金,1988.螺旋藻的培养方法和应用效果的初步探讨.福建水产,(2):16~23.
- [6] 蒋 春译,1990.健康新材料——螺旋藻的特征及其应用.四川食品工业科技,9(2):43~46.
- [7] 西泽一俊和千原光雄,1979.藻类研究法,387~471.共立出版社.
- [8] Bennett, A. & L. Bogorda, 1973. Complementary chromatic adaption in a filamentous blue-green alga. *J. Cell Biol.*, **58**:419~435.
- [9] Geider, R. J. & B. A. Osborne, 1992. Algal photosynthesis, 120~125. Chapman and Hall, Lnc.
- [10] Warr, S. R. C. et al., 1985. Osmotic adjustment in *Spirulina platensis*. *Planta*, **163**:424~429.
- [11] Zarrouk, 1966. Contribution a le tude d'une cyanophyce e. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthe se de *Spirulina maxima*. Ph. D. thesis, University of Paris, France.

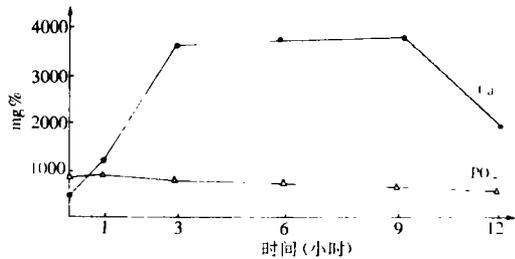


图1 螺旋藻对Ca的吸收及螺旋藻中P含量的变化  
Fig. 1 Absorption of Ca by *S. platensis* and P contents in this alga