



盐度对四株海洋绿藻总脂含量和脂肪酸组成的影响

冯雷, 郭永恩

(天津科技大学生物工程学院, 天津 300457)

摘要: 采用 f/2 培养基, 研究了不同盐度梯度 (16‰、28‰、40‰) 对小球藻属 (C95、C97 和 C102 株) 和裂丝藻属 (C19 株) 的 4 株绿藻的总脂含量及脂肪酸组成的影响。结果表明: C19 在 16‰ 盐度时总脂含量最高为 21.7%, C95 在盐度 28‰ 时脂肪含量达到最大值 36.7%, C97 和 C102 均在盐度 40‰ 时脂肪含量达到最大值, 分别为 22.1% 和 14.4%。盐度对 EPA (20 : 5 (n-3)) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA) 含量影响显著, 4 株小球藻的 EPA 含量随盐度的变化相似, 均在低盐度 (16‰) 时达到最大值, 分别为 18.1%、19.7%、19.7% 和 14.6%。

关键词: 小球藻; 杆状裂丝藻; 总脂; 脂肪酸; 盐度

中图分类号: Q949.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2009)04-0022-03

Effects of Salinity on the Total Lipids Contents and Fatty Acids Composition of 4 Strains of Marine Green Algae

FENG Lei, GUO Yong-en

(College of Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: The total lipid contents and fatty acid composition of four strains of marine green algae from two genera (*Chlorella* and *Stichococcus*) under different growth salinity were examined. Salinity has a significant effect on total lipid, EPA and PUFA contents. C19 had the highest total lipid content 21.7% when salinity was 16‰, C95 was 36.7% at 28‰, C97 and C102 were 21.1% and 14.4% of the dry weight respectively at 40‰. The four strains of green algae all have the highest contents of EPA under low salinity 16‰ where the EPA contents were 18.1%, 19.7%, 19.7% and 14.6% respectively.

Keywords: *Chlorella*; *Stichococcus*; total lipid; fatty acids; salinity

海洋微藻具有生化合成高不饱和脂肪酸 (PUFAs) 的能力, 因此被作为二十碳五烯酸 (EPA, 20 : 5 (n-3)) 和二十二碳六烯酸 (DHA, 22 : 6 (n-3)) 等 (n-3) PUFAs 的新来源而受到广泛重视。微藻可作为轮虫、枝角类、甲壳类、双壳类和仔鱼的饵料, 在海水养殖业中占有重要地位。对许多海产动物来说, 饵料中含有丰富的鱼虾类生长所必需的脂肪酸 (EFA) 尤其是 EPA 和 DHA, 能够提高其生长率和幼体的存活率。PUFA 对人体也有非常重要的生理作用, 可防治多种心血管疾病, 促进儿童智力及心理发育。

海洋微藻的脂肪含量以及脂肪酸构成的数量和质量都可因环境因子而改变^[1-2]。盐度通过影响微藻

的光合作用和呼吸作用, 从而对其体内生化成分产生影响^[3-4]。关于盐度对海洋绿藻总脂含量和脂肪酸组成的影响已有多个相关报道, 如朱松玲等^[5]研究了盐度变化对杜氏盐藻脂肪酸组成的影响, 周洪琪等^[6]对扁藻和微绿球藻, 吴瑞珊等^[7]对眼点拟微球藻, Teshima 等^[8]对小球藻, 缪锦来等^[9]对 2 种南极绿藻均进行了盐度对脂肪酸组成的影响研究。但国内外对裂丝藻的研究则是空白。本文对 2 个属 (小球藻属和裂丝藻属) 的 4 个藻株在不同盐度培养时其总脂含量和脂肪酸组成进行了测定, 以期找出其生长和脂肪酸合成的最适条件, 为微藻的不饱和脂肪酸研究提供理论依据。

收稿日期: 2008-11-14; 修回日期: 2009-03-06

作者简介: 冯雷 (1974—), 女, 山东人, 硕士研究生, caoyuanboy@163.com.

1 材料与方法

1.1 藻种

实验所用微藻藻种取自中国海洋大学微藻种质库(MACC):*Chlorella* sp.小球藻 MACC/C95、/C97、/C102;*Stichococcus bacillaris* 杆状裂丝藻 MACC/C19.

1.2 培养条件

对4个藻株作了不同盐度(16‰、28‰、40‰)的培养实验.每个盐度2个平行组.海水经沉淀后用脱脂棉过滤,煮沸消毒.采用f/2培养基.实验于2L细口瓶中进行,连续充气,连续光照(4500lx),培养温度(20±1)℃.每天用血球计数板法计数细胞浓度.

1.3 微藻收获

微藻在指数生长末期4000 r/min离心收获,真空干燥.

1.4 总脂测定

采用索氏抽提法^[10].

1.5 脂肪酸分析

样品处理及气相色谱分析按照文献[10]的方法进行.

1.6 数据处理

平均值与标准差由Excel软件求得;单因子方差分析由STATISTICA软件求得.

2 结果

2.1 总脂含量

不同盐度对4株绿藻的总脂含量的影响见表1.

表1 不同盐度条件下4种藻的脂肪含量

Tab.1 Total lipids content under different culture salinity

盐度/‰	脂肪含量/%			
	C19	C95	C97	C102
16	21.7±1.2*	16.8±2.0*	18.3±1.1*	11.6±0.4
28	14.7±0.7	36.7±3.1	12.3±0.7	11.4±0.7
40	12.0±1.0	36.0±0.9	22.1±1.4	14.4±0.9

注:*表示差异显著(P<0.05).

从表1可以看出:C19随盐度升高脂肪含量明显降低,在16‰盐度时总脂含量最高,为21.7%;C95在盐度16‰时脂肪含量最低,在盐度28‰时脂肪含量达到最大值36.7%;C97在盐度28‰时脂肪含量最低,C102的总脂含量随盐度变化不大,C97和C102均在盐度40‰时达到最大值,分别为22.1%和14.4%.单因子方差分析结果表明:盐度对C19、C95和C97的脂肪含量的影响差异显著(P<0.05),对C102脂肪含量的影响差异不显著.

2.2 脂肪酸组成

不同盐度对4株绿藻脂肪酸组成的影响见表2.

表2 不同盐度下4株藻的主要脂肪酸组成

Tab.2 Composition of fatty acids of the algae at different salinity

藻株	盐度/‰	不同脂肪酸含量/%								
		14:0	16:0	16:1(n-7)	16:4(n-3)	18:1(n-9)	18:2(n-6)	18:3(n-3)	20:4(n-6)	20:5(n-3)
C19	16	5.0±0.1	28.6±0.3	27.7±1.1	1.0±0.5	2.8±0.5	0.7±0.5	1.2±0.1	4.6±0.8	18.1±0.8*
	28	4.3±1.3	31.1±3.1	36.8±3.3	0.8±0.1	4.8±1.8	1.1±0.1	1.3±0.3	3.7±0.4	9.9±1.1
	40	2.4±0.6	34.4±0.4	36.9±0.8	0.9±0.0	6.6±0.1	1.3±0.1	-	3.4±0.0	9.8±0.4
C95	16	4.5±0.4	26.2±0.6**	27.8±0.4	0.7±0.1	7.0±0.3*	0.3±0.1	3.0±0.1*	4.5±0.2*	19.7±1.4*
	28	4.8±0.2	28.7±0.1	28.2±0.4	1.1±0.2	8.4±0.4	0.4±0.1	1.3±0.1	4.8±0.1	17.5±0.1
	40	6.1±0.2	37.3±0.7	24.0±0.1	1.2±0.3	10.5±0.2	0.8±0.1	1.5±0.1	2.6±0.1	7.8±0.0
C97	16	4.6±0.3	32.1±0.2**	22.6±0.4*	1.1±0.1	6.7±0.3**	0.4±0.0	2.1±0.1*	4.6±0.3*	19.7±0.1**
	28	4.6±0.4	35.2±0.2	26.6±0.3	1.3±0.0	10.1±0.1	0.1±0.0	1.6±0.2	2.4±0.1	14.1±0.3
	40	5.2±0.0	27.1±0.5	27.0±0.3	1.1±0.0	13.3±0.0	0.2±0.3	3.9±0.1	4.8±0.1	9.1±0.7
C102	16	4.7±0.1	31.2±0.9	23.5±0.1	1.1±0.0	9.4±0.3	0.3±0.0	4.2±0.1	4.4±0.1	14.6±1.3
	28	4.1±0.1	34.2±0.5	28.9±1.2	1.3±0.0	7.6±0.1	0.2±0.0	2.9±0.1	3.6±0.2	11.1±0.4
	40	5.0±1.0	33.2±1.7	28.1±1.8	1.3±0.0	12.7±2.7	0.8±0.0	2.5±0.7	4.0±0.2	9.8±3.7

注:*表示差异显著(P<0.05);**表示差异极显著(P<0.01).

由表2中列出的主要脂肪酸组成可知,14:0、16:0、16:1(n-7)、16:4(n-3)、18:1(n-9)、18:2(n-6)、18:3(n-3)、20:4(n-6)和EPA是4株绿藻的主要脂肪酸成分.

单因子方差分析结果表明:盐度对C19的EPA

含量的影响差异显著(P<0.05),对其他脂肪酸含量影响差异不显著;盐度对C95的16:0含量影响差异极显著(P<0.01),对18:1(n-9)、18:3(n-3)、20:4(n-6)和EPA影响差异显著(P<0.05),对其他脂肪酸含量影响差异不显著;盐度对C97的16:0、18:

1(n-9)和 EPA 含量影响差异极显著($P < 0.01$),对 16:1(n-7)、18:3(n-3)和 20:4(n-6)影响差异显著($P < 0.05$),对其他脂肪酸含量影响差异不显著;盐度对 C102 的各脂肪酸组分含量影响差异均不显著。

4 株绿藻都是在低盐度(16‰)时获得 EPA 含量的最大值,分别为:C19(18.1%),C95(19.7%),C97(19.7%),C102(14.6%)。EPA 含量随盐度升高略有减少,但 C95、C97、C102 在中低盐度间、C19 在中高盐度间保持稳定。C19、C95、C102 的 18:3(n-3)含量随盐度升高有减少的趋势,而 C97 的 18:3(n-3)含量则随盐度升高而增加。18:2(n-6)在 C19、C95 和 C102 随盐度升高而升高,在 C97 则随盐度升高而降低。16:0 和 16:1(n-7)随盐度升高有升高的趋势,14:0 和 16:4(n-3)随盐度变化较稳定。

3 讨 论

盐度明显影响藻类的生长,但因种而异。Sultana 等^[11]报道了盐度对海水小球藻 *Chlorella minutissima* 生长的影响,发现 *C. minutissima* 在低盐度 20‰ 时生长良好,在 20‰~35‰ 时细胞数量波动不大,但是在盐度低于 20‰ 时生长状况有明显降低。Al-Shayji 等^[12]作了 5 种小球藻(*C. fusca*、*C. saccharophial*、*C. sorokiniana*、*C. capsulata* 和 *Chlorella* MFD)对高盐的耐受性,结果发现 *Chlorella* MFD 和 *C. capsulata* 在盐度为 30‰ 时达到最高生长率。

盐度影响各脂类物质的比例,因而可能影响脂肪酸组成,Renaud 和 Al-Hasan 分别报道了盐度对等鞭金藻 *Isochrysis* sp. 和 *Navicula oculara* 中脂肪酸的影响^[3-4],结果表明,盐度对脂肪酸的影响在不同藻种情况不同。Teshima 等^[8]报道了一种海水小球藻 *C. saccharophial* 在盐度 4‰~30‰ 变化时并未引起脂肪酸组成及含量的变化。蒋霞敏等^[13]的研究表明绿色巴夫藻 (*Pavlova viridid*) 在低盐度条件下有利于 PUFA(n-3)及 EPA 的合成。而吴瑞珊等^[7]报道了盐度对眼点拟微藻中 EPA 积累的影响,结果表明其 EPA 积累的最适盐度范围为 27‰~29‰,盐度处于 14.5‰~33.5‰ 对 EPA 的含量没有显著影响。本文的实验结果表明盐度对 EPA 含量影响显著,4 株小球藻的 EPA 含量随盐度升高有所下降,此结果与 Renaud 等对 *Isochrysis* sp., Al-Hasan 等对 *N. oculara*, 蒋霞敏等对 *P. viridid* 的结果是一致的。

在微藻细胞中,钠离子的作用主要是调节细胞生长中胞内外的渗透压,另外光合作用、硅酸盐的利用

速率、细胞内酸碱平衡的调节、碱耐受性的调节等也都需要钠离子的参与。微藻细胞在高盐浓度下生长需要更多的能量,作为细胞内存储物质的脂肪的含量相应增加,叶绿素含量增加,细胞吸收更多的光能,光合作用增强。但是在高盐浓度下,细胞膜的流动性和渗透性下降,多不饱和脂肪酸的含量下降,这种改变可以避免细胞渗透出更多的有害离子。

至于盐度影响脂肪酸含量的机理,有实验表明,盐度能影响 CO_2 的固定速度,进而影响脂肪酸的合成。盐度不同则 CO_2 浓度不同,因而使 HCO_3^- 浓度发生变化, HCO_3^- 在脂肪酸合成中起催化作用,最终影响到膜脂脂肪酸合成^[5]。

近年来生物质能成为研究热点,缪晓玲等^[14]认为藻类是制备生物质油的良好材料,细胞内脂类含量愈高,其产烃潜力也愈强。在本研究中,小球藻 C95 的脂肪含量在中盐度可高达 36.7%,因此小球藻可以作为生物质能源藻进一步研究和开发。

4 结 论

(1) 盐度对 4 株海洋绿藻的总脂、EPA 和 PUFA 含量均有显著影响。

(2) C19 在盐度 16‰ 时总脂含量最高,为 21.7%; C95 在盐度 28‰ 时总脂含量最高,为 36.7%; C97 和 C102 则在盐度 40‰ 时获得最大总脂含量,分别为 21.1% 和 14.4%。

(3) 4 株海洋绿藻均在最低盐度(16‰)时获得最大 EPA 含量,其中 C19 为 18.1%, C95 为 19.7%, C97 为 19.7%, C102 为 14.6%。

参考文献:

- [1] Cohen Z V, Vonshak A, Richmond A. Effect of environmental conditions on fatty acid composition of the red alga *Porphyridium cruentum*: correlation to growth rate [J]. *Journal of Phycology*, 1988, 24(3): 328-332.
- [2] Yongmantichai W, Ward O P. Growth of and omega-3 fatty acid production by *Phaeodactylum triconutum* under different culture conditions [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1991(2): 419-425.
- [3] Renaud S M, Parry D L. Microalgae for use in tropical aquaculture. II: Effect of salinity on growth, gross chemical composition and fatty acid composition of three species of marine microalgae [J]. *Journal of Applied Phycology*, 1994, 6(3): 347-356.

(下转第 28 页)