

含奥氏酮嗜盐紫色硫细菌的分离鉴定及系统发育分析

杨素萍^{1,2}, 连建科¹, 赵春贵¹, 马文丽¹, 曲音波³

(¹ 山西大学生命科学与技术学院, 化学生物学与分子工程教育部重点实验室, 太原 030006)

(² 华侨大学材料科学与工程学院, 泉州 362021)

(³ 山东大学微生物技术国家重点实验室, 济南 250100)

摘要: 【目的】为挖掘我国紫色硫细菌物种和光合蛋白基因资源。【方法】采用 Pfennig 紫色硫细菌无机选择性培养基和琼脂稀释法。【结果】从青岛东风盐场分离获得一株含奥氏酮、耐高浓度硫化物、嗜盐耐碱紫色硫细菌菌株 283-1。该菌株能氧化硫化物产生硫粒储存在细胞内、嗜盐、细胞含有奥氏酮类胡萝卜素、细菌叶绿素 a 强吸收峰位于 830 nm 处、运动、不产生气囊, 表明属于 *Marichromatium* 属, 16S rDNA 序列同源性比较和系统发育分析也表明这一点。但该菌株能在 1%~15% NaCl、7.5 mmol/L 高浓度硫化物、45 °C、5000lux、pH9.0 条件下生长良好, 能很好的光同化 C3 和 C4 有机酸和葡萄糖酸钠等特性, 与 *Marichromatium* 属 4 个种有明显不同。【结论】菌株 283-1 是 *Marichromatium* 属一个新分离物, 编号 *Marichromatium* sp. 283-1。

关键词: 紫色硫细菌; 奥氏酮; 耐硫化物; 嗜盐; 系统发育

中图分类号: Q939 文献标识码: A 文章编号: 0001-6209 (2008) 05-0571-06

光合细菌 (Anoxygenic Photosynthetic Bacteria, APB) 是指在厌氧条件下, 利用各种有机物或无机物作为电子供体进行光合作用但不释放氧气的原核微生物, 广泛分布在自然界各种生境中。在 Bergey's Manual of Systematical Bacteriology 第二版第一卷和第二卷中^[1], APB 包括 *Chlorobiaceae*、*Heliobacteriaceae*、*Chloroflexaceae* 和 Purple bacteria (purple sulfur bacteria 和 purple nonsulfur bacteria) 4 个类群, 其中紫色硫细菌在地球进化史上是一重要过渡生态类群, 它们能利用地球早期最大能源太阳能和原始大气成分 N₂、H₂S、H₂、CO₂ 和 NH₃ 等进行不产氧的光能自养生长, 也可利用有机物作为电子供体进行光能异养或化能异养生长, 对其进行深入研究对于揭示生命起源、光合作用进化过程、固氮机理、基因在不同生命分支间的传递、阐明生物多样性形成机制等都具有极为重要的科学意义。近年来,

依赖于 16S rDNA 序列分析的光合细菌紫色硫细菌系统发育学研究取得了较大进展, 但仍有很多典型菌株 (type strain) 的 16S rDNA 序列没有得到, 系统亲缘关系数据与传统分类仍有许多分歧, 需要增加新的分子标记来进一步完善系统发育研究^[1-4]。与国外相比, 我国对紫色硫细菌领域的研究较为薄弱, 发表相关文章仅有几篇^[5-7]。因此挖掘我国紫色硫细菌资源具有重要的理论意义和应用价值。本文采用紫色硫细菌无机选择性培养基从青岛东风盐厂分离获得了一株含有奥氏酮的中度嗜盐、耐碱、耐高浓度硫化物的紫色硫细菌 283-1 菌株, 并对其进行了系统发育分析。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源: 采集于青岛东风盐场盐池卤水及泥

基金项目: 国家自然科学基金(30470044); 国家留学基金(24814010); 山西省回国留学人员科研资助项目(200713)。该文部分工作在德国 IFM-GEOMAR 研究所 Imhoff J.F. 实验室完成。

作者简介: 杨素萍(1966-), 女, 山西榆次人, 教授, 博士, 研究方向为资源与环境微生物和微生物生理生化。Tel: +86-351-7010599; yangsuping@sxu.edu.cn; yangsuping220@hotmail.com

收稿日期: 2007-08-07; 修回日期: 2007-12-16

土样品。

1.1.2 主要试剂和仪器：QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen)；PuReTaqTM Ready-To-Go PCR beads (GE Healthcare)；QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen)；碳源、氮源、无机电子供体等为国产分析纯试剂。Axiophot Zeiss 相差显微镜；JEOL100 电子显微镜；Biometra T1Thermocycler，Unico-UV-2102PC 型紫外可见分光光度计。

1.2 富集和分离

富集和分离采用 Pfennig 1988 紫色硫细菌无机选择性培养基^[2]，以 CO₂ 为唯一碳源，Na₂S·9H₂O 为电子供体，NH₄Cl 为氮源，含 3% NaCl，pH 7.0。采集样品转入盛有选择性培养基的带有铝盖的 100mL 瓶中至充满，于 25 500~1000lux 静置光照培养。培养过程中可以补充 Na₂S·9H₂O，待培养物颜色发生变化后，按琼脂稀释法 (Agar Dilution Method) 进行分离纯化，长出单菌落后，挑取单菌落按同样方法分离纯化多次。最后，挑取单菌落接入 Pfennig 1988 培养基进行扩大培养，显微镜镜检和厌氧载片法进行纯度检查，对纯培养物进行形态学和生理生化特性研究。

1.3 细胞形态观察

革兰氏染色，光学显微镜观察。扫描电镜观察菌体形态和鞭毛类型。

1.4 生理生化特性

在 Pfennig 1988 无机培养基中首先进行盐度测试，调整 NaCl 浓度分别为 0、1%、3%、5%、7.5%、10%、13%、15%、17% 和 20%。然后在合适盐度的条件下，进行碳源、氮源、无机电子供体利用能力的测定。碳源测定是在培养基中分别添加不同种类和浓度的碳源，测试浓度参见文献^[8]。氮源测定是以终浓度分别为 0.1% (W/V) 谷氨酸钠、天门冬氨酸钠、尿素、硝酸钠、亚硝酸钠取代培养基中的 NH₄Cl。硫化物无机电子供体利用测定是以终浓度分别为 0.1% (W/V) S、5 mmol/L Na₂S₂O₃ 和 0.5 mmol/L Na₂SO₃ 取代培养基中的 Na₂S·9H₂O。接种量均为 1%，于 25 1000 lux 光照厌氧培养 5d，再转接 2 次，测定菌悬液 660 nm 处 OD 值。

在合适盐度和添加 0.1% 乙酸钠的 Pfennig 1988 无机培养基中进行温度和光照强度测定，分别于 25、30、35、40、45 和 50 条件下，设置光照强度 (lux) 分别为 1000、2000、3000、4000

和 5000。在选择的温度和光照强度下，分别设定 pH 为 7.0、8.5、9.0 和 10，观察 pH 对生长的影响；设定培养基中 NaS·9H₂O 终浓度 (mmol/L) 分别为 0、1.5、3、4.5、6 和 7.5 进行硫化物耐受能力测定。光照厌氧培养 5d，测定各菌悬液 660 nm 处 OD 值。

1.5 活细胞吸收光谱测定

在添加碳源和选择合适盐度的 Pfennig 1988 液体培养基中，于 25 1000 lux 光照厌氧培养 5 d，离心收集菌体，pH 7.5 10mmol/L Tris-HCl 缓冲液洗涤 2 次，菌体悬浮于 60% 蔗糖溶液，1 cm 比色杯，紫外可见分光光度计于波长 200~1000 nm 范围内进行扫描。

1.6 16S rDNA 的扩增、序列测定和系统发育分析

DNA 提取和纯化用 QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, Hilden, Germany)。16S rRNA 基因 PCR 扩增参见文献^[3]。用 QIAquick PCR Purification Kit (Germany) 对 PCR 产物纯化，纯化后的产物送到 Uni.Klinik (Germany) 测序。Chromas 编辑序列并与 NCBI 数据库比较。Blast 搜索 GenBank、EMBL 等数据库中与该序列相似性较高的典型菌株的序列，Clustal X 多序列比对，用 MEGA3.1 中的 Neighbor-Joining (NJ) Algorithm 和 Maximum Parsimony (MP) 方法构建系统发育树，用 Bootstrap 对系统树进行统计检验。

2 结果

2.1 菌株的分离纯化

盐池水样接种于 Pfennig 1988 无机培养基光照厌氧培养大约一周后，培养液颜色变为淡紫红色，且出现环状生长现象，镜检有硫细菌的存在，继续饲喂硫化物，培养液颜色变为紫红色，对此培养液进行琼脂稀释法分离。10d 后琼脂试管中长出紫红色、刺毛球状单菌落，边缘不整齐。挑取此单菌落再分离 3 次，经镜检 283-1 菌株为纯培养物，且含有胞内硫粒，将该菌株转入 Pfennig 1988 无机液体培养基扩大培养。

2.2 菌体形态

283-1 菌株细胞革兰氏阴性，细长杆状，稍弯曲，0.8~1.2 μm×3.5~7.5 μm，细胞内储存有硫粒，无气囊，运动，单极生鞭毛，见图 1。图 1-A 显示的是含有 7.5mmol/L NaS·9H₂O 的 Pfennig 1988 无机培养基中革兰氏染色细胞形态和胞内硫粒，图 1-B 显示短单极生鞭毛。

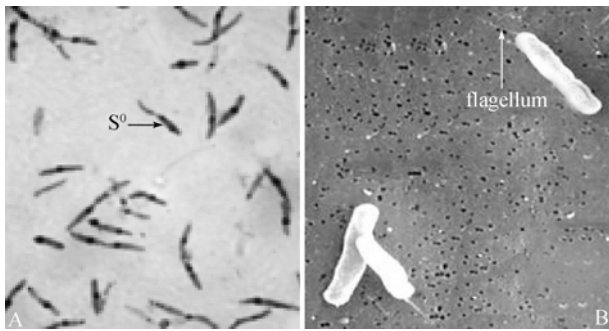


图1 菌株283-1光学显微照片(A: 1000×)和电镜照片(B: 2850×)

Fig. 1 A: Photomicrograph of strain 283-1 showing cell shape and intracellular globules of elemental sulfur. B: Electron micrograph of strain 283-1 showing monopolar single flagellum.

2.3 光合色素

283-1 菌株光照厌氧液体培养物呈紫红色。活细胞吸收光谱显示(图2), 521 nm 处特征性吸收峰表明 283-1 菌株含有典型的奥氏酮类胡萝卜素^[2, 9], 370nm、800nm、832nm 和 880nm 处的吸收峰表明 283-1 菌株含有细菌叶绿素 a。521 nm 类胡萝卜素吸收峰和 832nm 色素蛋白复合体强吸收峰表明 283-1 菌株属于含奥氏酮类胡萝卜素类群。

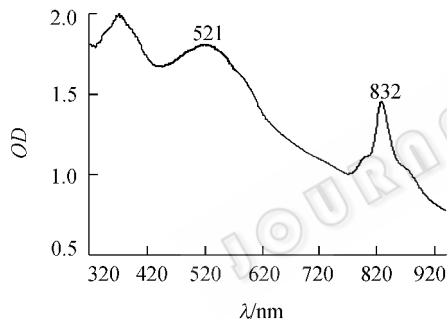


图2 菌株283-1活细胞吸收光谱
Fig. 2 Absorption spectra of whole cells of strain 283-1.

2.4 生理生化特性

盐度测试结果显示(图3), 283-1 菌株在 1%~15% 盐度范围内细胞均能生长, 最适盐度范围为 3%~13%, 在无盐和盐度高于 17%NaCl 时不生长, 因此选择 5% NaCl 进行以下生理特性研究。结果表明: 该菌株属于中度嗜盐菌。

图4 为温度和光照强度对细胞生长的影响, 在 25 ~45 范围内, 283-1 菌株在 1000~5000 lux 内生长良好, 30 ~35 、2000~3000 lux 是细胞生长最适条件。高于 40 时, 细胞生长开始下降, 45 时仍能较好生长。50 低光强下, 菌株仍能生长, 但高光强下, 生长则受到抑制, 结果表明: 该菌株适应环境

能力较强, 属于中度嗜温菌。

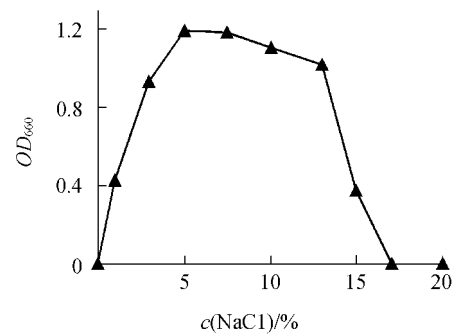


图3 菌株 283-1 在不同盐度条件下的生长
Fig. 3 NaCl requirement range of strain 283-1 growth.

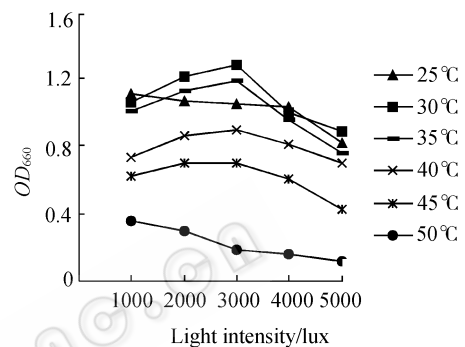


图4 温度和光照强度对细胞生长的影响
Fig. 4 Effects of temperature and light intensity on cell growth.

对碳源、氮源和无机电子供体进行测定, 结果表明(表1), 283-1 菌株能很好光同化乙酸钠、苹果酸钠、琥珀酸钠、丙酮酸钠、乳酸钠和葡萄糖酸钠。除铵盐外, 该菌株也能以谷氨酸盐和天门冬氨酸盐作为唯一氮源生长, 不能利用尿素和硝酸盐, 微弱利用亚硝酸盐。生长不需要生长因子 V_{B12}。利用 Na₂S₂O₃、Na₂SO₃ 和 S 的能力较弱, 但能耐受 7.5 mmol/L 高浓度的硫化物, 硫化物氧化过程中元素硫作为中间氧化产物储存于细胞内(图1-A)。此外, 该菌株能在 pH 7.0~pH 9.0 范围内生长良好, 有较强的耐碱性。

2.5 16S rDNA 系统发育学分析

283-1 菌株 16S rDNA 序列全长为 1489bp, GenBank 登录号为 EU057602。与 GenBank 数据库序列进行 Blast 比对, 并调集与该菌株同源性高的典型菌株序列, 采用 Clustl X 进行多序列匹配比对, 通过 Mega 软件进行系统进化树的构建(图5)。结果表明: 283-1 菌株位于 *Marichromatium* 属的独立进化分支上。与该属的 4 个典型菌株 *M. indicum* JA100^T(AJ543328)、*M. gracile* DSM203^T(X93473)、*M. bheemicum* JA124^T(AM180952)与 *M. purpuratum* DSM1591^T(AJ224439)

表 1 菌株 283-1、*Marichromatium purpuratum* 和 *M.indcium* 碳源、氮源和硫化物利用能力比较
Table 1 Utilization of strain 283-1, *M.purpuratum*, *M.indcium* on various carbon, nitrogen and sulfur sources^[11,12]

Carbon, nitrogen, sulfur sources	283-1 <i>OD</i> ₆₆₀	<i>M.indcium</i> <i>OD</i> ₆₆₀	<i>M.purpuratum</i> <i>OD</i> ₆₆₀	Carbon, nitrogen, sulfur sources	283-1 <i>OD</i> ₆₆₀	<i>M.indcium</i> <i>OD</i> ₆₆₀	<i>M.purpuratum</i> <i>OD</i> ₆₆₀
Formate	0.05	0.00	0.00	sulfide	1.21	0.32	0.1-0.3
Acetate	1.21	0.29	>0.9	thiosulfate	0.18	0.36	0.1-0.3
Propionate	0.04	0.08	>0.9	Sulfur	0.14	nd	0.1-0.3
Butyrate	0.03	0.07	>0.9	Sulfite	0.15	nd	nd
Citrate	0.23	0.00	0.00	Sucrose	0.15	nd	nd
Malate	0.91	0.1	0.3-0.9	Mannitol	0.11	nd	nd
Lactate	0.68	0.13	>0.9	Betaine	0.26	nd	nd
fumarate	0.76	0.00	>0.9	Cysteine	0.11	0.35	nd
Succinate	1.23	0.00	0.3-0.9	β-mercaptoethanol	0.00	nd	nd
Glucose	0.20	0.06	0.00	Glutamate	0.15	nd	nd
Fructose	0.17	0.09	0.1-0.3	Nitrite	0.28	nd	nd
Pyruvate	0.95	0.35	0.3-0.9	Peptone	0.31	nd	nd
Gluconate	0.79	nd	nd	Yeast	0.38	0.75	nd
Glutamate	0.46	0.00	nd	Aspartate	0.55	nd	nd

nd: not determined.

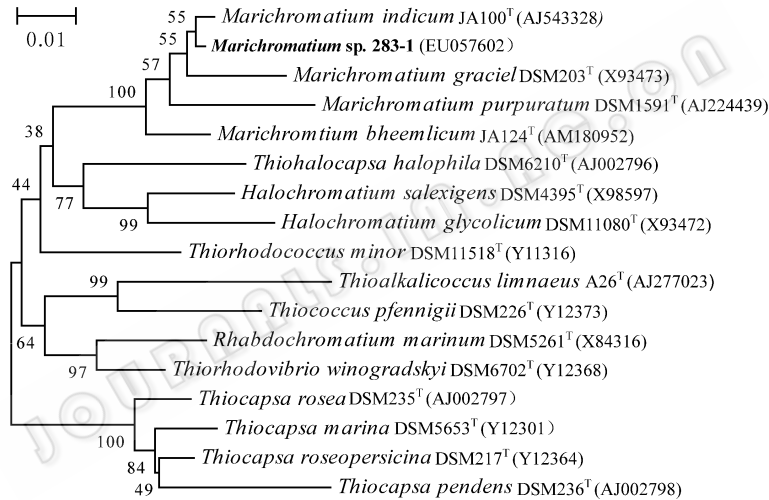


图 5 菌株 283-116S r DNA 序列系统发育分析

Fig. 5 Phylogenetic tree derived from 16S rDNA sequences of strain 283-1. Numbers in parentheses represent the sequences' accession number in GenBank. Numbers at the nodes indicate the bootstrap values on neighbor-joining analysis of 1000 resampled data sets. Bar 0.01 represent sequence divergence.

系统发育关系最为密切，同源性分别为 99%、97%、97%和 95%。

3 讨论

能光同化还原态硫化物产生硫粒并储存在细胞内，是 Gammaproteobacteria 纲 Chromatiales 目 Chromatiaceae 科的最重要特征^[1]。该科中盐度需求被认为是属水平分类的一个非常重要的分类指征^[1]。*Marichromatium*、*Halochromatium*、*Isochromatium*、*Rhabdochromatium*、*Thioalkalicoccus*、*Thiococcus*、

Thioflavicoccus、*Thiohalocapsa*、*Thiorhodococcus*、*Thiorhodovibrio* 10 个属因具有嗜盐或需盐生长特性，而与 Chromatiaceae 科淡水种属位于不同进化分支上。利用 Pfennig 紫色硫细菌无机选择性培养基从盐池分离到的 281-1 菌株，能光氧化还原态硫化物产生胞内硫粒，盐度需求范围为 1%~15%，表明该菌株属于 Chromatiaceae 科嗜盐类群。16SrDNA 序列构建的系统发育进化树显示（图 5），菌株 283-1 与 *Marichromatium* 属种类位于相同进化分支上，表明菌株 283-1 应归在 Chromatiaceae 科 *Marichromatium* 属

内。依据类胡萝卜素组成或细胞悬液颜色、细胞大小、盐度需求范围、底物利用能力等种水平分类特征,该属目前包括 *M. gracile*、*M. purpuratum*、*M. indicum* 和 *M. bheemicum* 4 个种,其中只有 *M. purpuratum* 含有 521nm 奥氏酮 (okenone) 类胡萝卜素和特殊的 830nm 细菌叶绿素 a,培养物颜色为紫红色^[1],与菌株 283-1 相似,但二者在细胞大小、盐度范围、最适 pH、最适生长温度、耐硫化物能力方面有明显不同(表 2)^[1, 11],且 16S rDNA 序列同源性

仅有 95%。菌株 283-1 虽与 *M. indicum* 16S rDNA 序列同源性为 99%,但二者在类胡萝卜素组成、细菌叶绿素、最适 pH、S²⁻、乙酸、苹果酸、乳酸、琥珀酸、延胡索酸、丙酮酸、葡萄糖、葡萄糖酸、谷氨酸、天冬氨酸、酵母提取物等利用能力方面有显著差异(表 1)^[12]。因此,依据表型特征、16S rDNA 序列的系统发育分析和生态特性,菌株 283-1 是 *Marichromatium* 属一个新分离物,编号为 *Marichromatium* sp.283-1。

表 2 *Marichromatium* 属各种类主要特征比较
Table 2 Differential characteristics of the species of the genus *Marichromatium*

characteristic	283-1	<i>M.purpuratum</i>	<i>M.gracile</i>	<i>M.indicum</i>	<i>M.bheemicum</i>
Cell shape	rod	rod	rod	rod	rod
Cell size (μm)	0.8-1.2×3.5-7.5	1.2-1.7×3.0-4.0	1.0-1.3×2.0-6.0	0.8-1.0×2.0-7.0	0.8-1×2.0-4.0
Color of cell suspensions	purple	purple red	brownish red	reddish-brown	reddish-brown
Carotenoid group	okenone	okenone	spirilloxanthin	spirilloxanthin	spirilloxanthin
Salinity range (%)	1-15	2-7	0.5-8.0	0.05-13	1.5-11
NaCl optimum (%)	3-13	5	2-3	1-4	1-8.5
Temp. range (°C)	25-45	25-30	20-35	30-35	30-35
pH optimum	7.2-9.0	7.2-7.6	7.2-7.4	6.0-7.5	6.5-8.5

参 考 文 献

- [1] Imhoff JF. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2nd ed. New York: Springer, 2001, 631-637.
- [2] Pfennig N, Trüper HG. The Prokaryotes, Edition 2. New York: Springer, 1992, 3203-3205.
- [3] Imhoff JF, Suling J, Petri R. Phylogenetic relationships among the Chromatiaceae, their taxonomic reclassification and description of the new genera *Allochromatium*, *Halochromatium*, *Isochromatium*, *Marichromatium*, *Thiococcus*, *Thiohalocapsa* and *Thermochromatium*. *Int J Syst Bacteriol*, 1998, 48: 1129-1143.
- [4] Guyoneaud R, Suling J, Petri R, et al. Taxonomic rearrangements of the genera *Thiocapsa* and *Amoebobacter* on the basis of 16S rDNA sequence analyses, and description of *Thiolamproyum* gen. nov.. *Int J Syst Evol Microbiol*, 1998, 48: 957-964.
- [5] 王绍校, 杨惠芳, 黄志勇, 等. 嗜盐光合细菌的分离鉴定及其营养成分分析. 应用与环境生物学报(*Chin J Appl Environ Biol*), 2003, 9 (3): 298-301.
- [6] 杨素萍, 赵春贵, 张铁, 等. 一株可利用硫化物紫色硫细菌的分离与鉴定. 山西大学学报(*Journal of Shanxi University*), 1994, 17 (1): 81-85.
- [7] 杨素萍, 赵春贵, 曲音波, 等. 一株极端环境光合细菌的生理特性研究. 水生生物学报(*Acta Hydrobiologica Sinica*), 2002, 26 (3): 221-225.
- [8] Imhoff JF, Caumette P. Recommended standards for the description of new species of anoxygenic phototrophic bacteria. *Int J Syst Evol Microbiol*, 2004, 54: 1415-1421
- [9] Caumette P, Guyoneaud R, Imhoff JF, et al. *Thiocapsa marina* sp. nov., a novel, okenone-containing, purple sulfur bacterium isolated from brackish coastal and marine environments. *Int J Syst Evol Microbiol*, 2004, 54: 1031-1036
- [10] Caumette P, Baulaigue R, Matheron R. *Thiocapsa halophila* sp. nov., a new halophilic phototrophic purple sulfur bacterium. *Arch. Microbiol*, 1991, 155: 170-176.
- [11] Imhoff JF, Truper HG. *Chromatium purpuratum*, sp. nov., a new species of the Chromatiaceae. *Zbl Bakt I Abt Orig Cl*, 1980, 1: 61-69.
- [12] Arunasri K, Sasikala C, Ramana C V, et al. *Marichromatium indicum* sp. nov., a novel purple sulfur gammaproteobacterium from mangrove soil of Goa, India. *Int J Syst Evol Microbiol*, 2005, 55: 673-679.

Identification and phylogenetic analysis of an okenone-containing halophilic purple sulfur bacterium

Suping Yang^{1,2*}, Jianke Lian¹, Chungui Zhao¹, Wenli Ma¹, Yinbo Qu³

¹ School of Life Science and Technology, Key Laboratory of Chemical Biology and Molecular Engineering of Ministry of Education, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

² College of Material Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China

³ State Key Laboratory of Microbial Technology, Shandong University, Jinan 250100, China

Abstract: [Objective] To exploit resources of purple sulfur bacteria and their photosynthetic genes. [Methods] A purple sulfur bacterium strain 283-1 of okenone-containing, halophilic, high sulfide tolerance was isolated by agar dilution method in Pfennig medium from photolithoautotrophic enrichments of Dongfeng saltern, Qingdao, China. [Results] Cells of strain 283-1 were Gram-negative, halophile, straight or slightly curved rods, motile by monopolar single flagella, no gas vacuoles, carotenoid of okenone series and bacteriochlorophylla as photosynthetic pigment, purple red. It could photolithoautotrophically grow under anoxic condition in the light with sulfide as electron donor, sulfur globules accumulate as intermediate oxidation product and stored in the form of highly refractile globules inside the cells. The strain 283-1 belonged to Gammaproteobacteria, Chromatiales, Chromatiaceae, genus of *Marichromatium*. Phylogenetic analysis based on 16S rRNA gene sequence also confirmed that strain 283-1 belonged to *Marichromatium* genus. However, the physiological characteristics of strain 283-1 were significantly different from four species of the genus *Marichromatium*. NaCl requirement range from 1% to 15%, good growth was observed at $7.5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaS}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 45 °C, 5000lux and pH9.0, a number of organic substances of C3 and C4 of TCA cycles and gluconate could be photoassimilated in the presence of sulfide, no growth factors were required. [Conclusion] On the basis of 16S rRNA gene sequence analysis and its morphological and physiological characteristics, strain 283-1 is a new isolate of *Marichromatium* genus, named as *Marichromatium* sp. 283-1.

Keywords: purple sulfur bacterium; okenone; halophile; sulfide tolerance; phylogenetic analysis

Supported by the National Natural Science Foundation of China (30470044), the China Scholarship Council (24814010) and the Returning-back Scholarship of Shanxi Province (200713)

*Corresponding author. Tel: +86-351-7010599; E-mail: yangsuping@sxu.edu.cn; yangsuping220@hotmail.com

Received: 7 August 2007/ Revised: 26 December 2007

1953 年创刊以来的所有文章已经全文上网

2008 年 1 月,《微生物学报》自 1953 年创刊以来的所有文章已经全文上网啦!读者可以在本刊网页 (<http://journals.im.ac.cn/actamicrocn>) 的首页上检索到任意一篇文章,并可以免费浏览下载!

建立全文数据库的工作是在 2007 年初从中关村搬家至国奥村之后开始的,由于年代久远,很多版本已成孤本,搜集整理及制作工作耗时半年多。全文数据库的建立提高了期刊的显示度,能够更好地为科研人员提供信息服务。

另,全文数据库已制作成 DVD 光盘,全部内容容纳在一张盘中,有意购买者可直接联系中国科学院微生物研究所联合编辑部。售价:100 元;联系电话:010-64807521;联系人:韩力。

期刊统计表

(2008 年 4 月 2 日统计)

年代	刊期	卷号	期号
1953-1956	半年刊	1-4	1-2
1957-1958	季刊	5-6	1-4
1959	季刊	7	1-2
1959-1962	停刊 3 年		
1962	季刊	8	3-4
1963-1965	季刊	9-11	1-4
1966	季刊	12	1-2
1966-1972	停刊 6 年半		
1973-1988	季刊	13-28	1-4
1989-2007	双月刊	29-47	1-6
2008	月刊	48	4