

微波处理对嗜碱和嗜盐海洋放线菌分离 效果的影响

丁彦博 蔡超靖 穆云龙 单越琦 路新华* 蒋沁

(华北制药集团新药研究开发有限责任公司 微生物药物国家工程研究中心
河北省工业微生物代谢工程技术研究中心 河北 石家庄 050015)

摘 要: 【目的】研究微波处理对于分离嗜碱和嗜盐海洋放线菌的效果。【方法】用微波处理 7 份海泥样品, 梯度稀释后涂布于 3 种分离培养基, 分离具有嗜碱和嗜盐特性的海洋放线菌。【结果】微波处理后的 7 份样品中, 4 份样品中嗜碱海洋稀有放线菌和 3 份样品的嗜盐海洋稀有放线菌数量极显著提高; 7 份样品中的嗜碱、嗜盐海洋小单孢菌属、游动放线菌属、诺卡氏菌属等稀有放线菌数量均有显著增加, 不同样品中新分离到链孢菌属、小双孢菌属、链孢囊菌属及其他未鉴定的海洋稀有放线菌, 分离到属的数量提高了 1–4 个。【结论】微波处理不仅显著提高嗜碱和嗜盐海洋放线菌的分离数量, 而且明显增加了海洋稀有放线菌的分离种类。

关键词: 微波, 嗜碱, 嗜盐, 海洋放线菌, 分离

Effects of microwave irradiation on isolation of basophilic and halophilic marine actinomycetes

DING Yan-Bo CAI Chao-Jing MU Yun-Long SHAN Yue-Qi
LU Xin-Hua* JIANG Qin

(NCPC New Drug Research and Development Co., Ltd. National Engineering Research Center of
Microbial Medicine Hebei Industry Microbial Metabolic Engineering & Technology Research
Center, Shijiazhuang, Hebei 050015, China)

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 30873107); 国家 973 计划项目子课题(No. 2009CB526513)

*通讯作者: Tel: 86-311-85992995; 信箱: luxinhua@ncpcrd.com.cn

收稿日期: 2011-08-31; 接受日期: 2011-10-17

Abstract: [Objective] Study the effects of microwave irradiation on isolation of basophilic and halophilic marine actinomycetes. **[Methods]** Seven marinemud samples were radiated by microwave and then gradient diluted for isolation of basophilic and halophilic marine actinomycetes in three media. **[Results]** Microwave irradiation could highly significantly increase the total quantity of basophilic and halophilic marine actinomycetes respectively in four and three marinemud samples. The total quantity of basophilic and halophilic marine rare actinomycetes of *Micromonospora*, *Actinoplanes* and *Nocardia* were significantly increased after microwave irradiation. The species of other marine rare actinomycetes such as *Catellatospora*, *Microbispora*, *Streptosporangium* were increased to one to four in different samples. **[Conclusion]** Microwave irradiation could significantly increase the total quantity of basophilic and halophilic marine actinomycetes and the species of marine rare actinomycetes.

Keywords: Microwave, Basophilic, Halophilic, Marine actinomycetes, Isolation

放线菌是一类重要的微生物药物产生菌, 约有 45% 的天然药物来源于土壤放线菌^[1]。然而, 由于分离方法、培养条件等原因, 分离到的土壤放线菌的重复性越来越明显, 其产生的新的微生物药物也越来越少。因而, 用新的分离方法, 从新的环境分离放线菌对于微生物来源的新药研发至关重要。

海洋由于其特殊的低温、高压、无光、富含矿藏等环境特点, 引起了越来越多的新药研究者的关注^[2]。近年来, 已经从海洋放线菌中分离得到了许多结构新颖并具有多种生物活性的化合物, 开发海洋放线菌资源, 寻找新型活性先导化合物已经成为当前的研究热点^[3]。研究发现, 采用多种物理、化学刺激以及改变培养基成分等措施, 能有效提高稀有放线菌的出菌率, 并分离出放线菌的新种属^[4-7]。微波是一种振荡频率为每秒 24.5 亿次高频电磁波。微波的加热与杀菌作用已有大量研究, 微波对生物体可以产生热效应、电效应、磁效应及化学效应等, 从而引起生物细胞多种生理生化变化或致死效应^[8]。从物理学和生物学原理推知, 低强度微波辐射有可能消除抑制放线菌孢子萌发的某些制约因素, 使部分不可培养放线菌的孢子萌发, 增加可培养放线菌的种类与数量。但目前国内外对其用于放线菌分离的

专门研究仍较少, 国外仅有 Bulina 的一篇报道^[9], 国内仅有杨斌等^[10]和薛清等^[11]将其用于土壤放线菌的分离研究, 而将微波用于分离特定性质海洋放线菌的研究未见报道。

本文探讨了微波处理方法对于分离具有嗜碱和嗜盐特性的海洋放线菌的影响效果。旨在分离到更多种类具有不同特性的海洋放线菌用于新药研发, 并为微波处理方法用于分离海洋放线菌提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 分离样品: 采集自山东省的威海市老龙王庙(37°32' 18.04" N, 122°04' 13.71" E)、威海市猫头山(37°33' 21.26" N, 122°09' 52.62" E)、威海市小石岛(37°31' 42.73" N, 122°00' 43.69" E)、威海市刘公岛国家森林公园(37°29' 26.58" N, 122°13' 42.43" E)、乳山市浪暖口(36°47' 07.83" N, 121°38' 53.62" E)、青岛市石老人(36°05' 02.80" N, 120°29' 57.71" E)、日照市海滨森林公园(35°31' 40.32" N, 119°39' 03.04" E)等 7 个采样点的海泥样品各 1 份, 编号为 1-7#, 于 4 °C 保存。

1.1.2 分离培养基: 分离非特定属性放线菌采用 HV 培养基^[12], 分离具有嗜碱和嗜盐属性的放线

菌分别采用文献[13]的 4#和 7#培养基，文中编号分别为 MB (Basophilic)和 MH (Halophilic)。

1.2 方法

1.2.1 样品的微波处理：7 份样品各称取 2 份(每份 1 g)于无菌试管中，加入 10 mL 无菌水，涡旋振荡 1 min 使菌株充分混匀，获得样品悬液。其中 1 份悬液放入盛有冰水混合物的烧杯中，120 W、2450 MHz 微波处理 3 min，微波过程中，每分钟停止一次，更换冰水混合物，避免因温度升高而产生的热效应；另 1 份样品悬液不进行微波处理，作为对照。

1.2.2 放线菌菌株的分离与计数：将处理好的海泥样品悬液用 10 倍稀释法稀释至 10⁻²，充分混匀后分别吸取 0.1 mL 滴加于 HV、MB 及 MH 平板上，涂布均匀，每种培养基各 3 个重复，于 28 ℃ 倒置培养 14 d，计数，挑菌。

1.2.3 放线菌菌株的初步鉴定：采用埋片法^[14]，观察菌株的形态特征，进行初步分类鉴定。

1.2.4 相关数据及结果处理：放线菌总数(Total quantity of actinomycetes, TQA, CFU/g)=皿内放线菌平均数量×稀释倍数；增加率(Increasing rate, %)= (MW-CK)/CK×100，其中：MW、CK 分别为微波处理组 and 对照组的放线菌数量。实验数据采用 SPSS 17.0 软件进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 微波对海洋放线菌数量的影响

2.1.1 对非特定属性海洋放线菌数量的影响：从 7 份海泥样品中分离自 HV 培养基上的非特定属性的海洋放线菌数量如表 1 所示。从结果中看出，微波处理后，7 份样品中的海洋放线菌总数均有提高，其中，1 份样品(1#)和 3 份样品(3#、6#和 7#)

表 1 微波处理后 HV 培养基上的海洋放线菌数量									
Table 1 Marine derived actinomycetes numbers in HV medium after microwave irradiation									
分离样品 Samples	处理 Treatments	放线菌总数 TQA (10 ² CFU/g)	增加率 Increasing rate (%)	链霉菌属 St			稀有放线菌 RA		
				数量 Quantity	比例 Percentage	增加率 Increasing rate (%)	数量 Quantity	比例 Percentage	增加率 Increasing rate (%)
1	CK	88.1	—	65.0	73.8	—	23.1	26.2	—
	MW	116.3*	32.0	72.3*	62.2	11.2	44.0*	37.8	90.5
2	CK	70.4	—	50.3	71.4	—	20.1	28.6	—
	MW	105.0	49.1	72.6	69.1	44.3	32.4	30.9	61.2
3	CK	96.9	—	56.7	58.5	—	40.2	41.5	—
	MW	139.7**	44.2	67.6	48.4	19.2	72.1**	51.6	79.4
4	CK	52.4	—	36.3	69.3	—	16.1	30.7	—
	MW	106.0	102.3	82.4**	77.7	127.0	23.6	22.3	46.6
5	CK	70.1	—	56.7	80.9	—	13.4	19.1	—
	MW	108.7	55.1	78.7**	72.4	38.8	30.0	27.6	123.9
6	CK	60.6	—	33.0	54.5	—	27.6	45.5	—
	MW	129.7**	114.0	71.0*	54.7	115.2	58.7**	45.3	112.7
7	CK	90.9	—	66.0	72.6	—	24.9	27.4	—
	MW	139.0**	52.9	83.7**	60.2	26.8	55.3**	39.8	122.1

注：St: 链霉菌属；RA: 稀有放线菌. *: P<0.05; **: P<0.01. 下同。
Note: St: *Streptomyces*; RA: Rare actinomycetes. *: P<0.05; **: P<0.01. The same below.

有显著($P<0.05$)和极显著($P<0.01$)提高。对分离到的放线菌进行初步鉴定,区分为链霉菌属(*Streptomyces*)和稀有放线菌(Rare actinomycetes),对其分析结果显示,微波处理后链霉菌属菌株的数量有了较大提高,其中在 1#、6#分离样品中达到显著水平,在 2#、4#、5#和 7#分离样品中达到了极显著水平;微波处理对于稀有放线菌数量的提高也较为明显,在 1#分离样品中达到显著水平,在 3#、6#和 7#分离样品中达到了极显著水平。可见,实验中采用的微波处理剂量,明显促进了海洋放线菌的一些休眠孢子的萌发,从而使分离到的放线菌数量明显增加。

2.1.2 对嗜碱特性海洋放线菌数量的影响: 7 份海泥样品在 MB 培养基上分离到具有嗜碱性质的海洋放线菌数量如表 2 所示。从结果中看出,微波处理对于提高嗜碱海洋放线菌的分离效果

极为明显,7 份样品中除了 2#和 4#分离样品中的嗜碱海洋放线菌数量略有提高之外,其他 5 份样品上的嗜碱海洋放线菌数量均有极显著提高。微波处理后,这 5 份样品中的链霉菌属菌株数量有了较大提高,而嗜碱稀有放线菌数量的提高尤其明显,有 4 份达到了极显著水平。其中在 1#、6#分离样品上达到显著水平,在 2#、4#、5#和 7#分离样品上达到了极显著水平,可见微波处理对于提高嗜碱海洋稀有放线菌的分离效果显著。

2.1.3 对嗜盐特性海洋放线菌数量的影响: 7 份海泥样品在 MH 培养基上分离到具有嗜盐性质的海洋放线菌数量如表 3 所示。从结果中看出,微波处理对于提高嗜碱海洋放线菌的分离效果较为明显,7 份样品中,各有 3 份样品的海洋放线菌总数提高达到显著(1#、3#和 5#)和极显著(4#、6#

表 2 微波处理后嗜碱海洋放线菌的数量									
Table 2 Basophilic marine actinomycetes numbers in MB medium after microwave irradiation									
分离样品 Samples	处理 Treatments	放线菌总数 TQA (10 ² CFU/g)	增加率 Increasing rate (%)	链霉菌属 St			稀有放线菌 RA		
				数量 Quantity	比例 Percentage	增加率 Increasing rate (%)	数量 Quantity	比例 Percentage	增加率 Increasing rate (%)
1	CK	41.7	—	21.0	50.4	—	20.7	49.6	—
	MW	79.3**	90.4	38.0**	47.9	81.0	41.3**	52.1	100.0
2	CK	30.7	—	19.0	62.0	—	11.7	38.0	—
	MW	45.0	46.7	20.3	45.2	7.0	24.7	54.8	111.4
3	CK	46.0	—	22.7	49.3	—	23.3	50.7	—
	MW	60.3**	31.2	31.3**	51.9	38.2	29.0**	48.1	24.3
4	CK	23.0	—	10.7	46.4	—	12.3	53.6	—
	MW	33.7	46.4	13.3	39.6	25.0	20.3	60.4	64.9
5	CK	36.7	—	16.7	45.5	—	20.0	54.5	—
	MW	54.7**	49.1	24.3*	44.5	46.0	30.3**	55.5	51.7
6	CK	30.3	—	12.3	40.7	—	18.0	59.3	—
	MW	59.3**	95.6	24.3*	41.0	97.3	35.0**	59.0	94.4
7	CK	40.7	—	18.0	44.3	—	22.7	55.7	—
	MW	57.3**	41.0	31.0**	54.1	72.2	26.3*	45.9	16.2

表 3 微波处理后嗜盐海洋放线菌的数量
Table 3 Halophilic marine actinomycetes numbers in MH medium after microwave irradiation

分离样品 Samples	处理 Treatments	放线菌总数 TQA (10 ² CFU/g)	增加率 Increasing rate (%)	链霉菌属 St			稀有放线菌 RA		
				数量 Quantity	比例 Percentage	增加率 Increasing rate (%)	数量 Quantity	比例 Percentage	增加率 Increasing rate (%)
1	CK	51.0	—	30.3	59.5	—	20.7	40.5	—
	MW	105.7*	107.2	55.7**	52.7	83.5	50.0	47.3	141.9
2	CK	45.0	—	24.3	54.1	—	20.7	45.9	—
	MW	92.0	104.4	45.0*	48.9	84.9	47.0	51.1	127.4
3	CK	46.0	—	22.7	49.3	—	23.3	50.7	—
	MW	100.7*	118.8	47.0**	46.7	107.4	53.7	53.3	130.0
4	CK	57.3	—	12.7	22.1	—	44.7	77.9	—
	MW	123.7**	115.7	30.7	24.8	142.1	93.0**	75.2	108.2
5	CK	47.7	—	27.7	58.0	—	20.0	42.0	—
	MW	98.7*	107.0	43.3*	43.9	56.6	55.3*	56.1	176.7
6	CK	59.3	—	34.7	58.4	—	24.7	41.6	—
	MW	134.0**	125.8	61.3**	45.8	76.9	72.7**	54.2	194.6
7	CK	66.7	—	39.7	59.5	—	27.0	40.5	—
	MW	137.7**	106.5	61.0**	44.3	53.8	76.7**	55.7	184.0

和 7#)。微波处理后, 7 份样品中的链霉菌属菌株数量提高较为显著, 分别有 2 份和 4 份样品的链霉菌属菌株数量提高达到显著和极显著; 嗜盐稀有海洋放线菌的数量也有所提高, 有 3 份样品达到了极显著水平。可见微波处理对于提高嗜盐海洋稀有放线菌, 尤其是嗜盐海洋链霉菌的分离效果显著。

综合以上结果, 本实验中采用的微波处理对于提高非特定属性和具有嗜碱和嗜盐特性海洋放线菌的效果较为明显, 尤其可以显著提高嗜碱海洋稀有放线菌和嗜盐海洋链霉菌的数量。

2.2 微波对放线菌种类的影响

微波处理后 7 份样品中分离到的海洋放线菌数量有了显著提高, 菌株的种类也有了变化, 将其中的稀有放线菌进行进一步鉴定, 其种类和数量如表 4 所示。

从表 4 统计结果看出, 小单孢菌属 (*Micromonospora*) 在 7 份样品的对照组和微波处理组均分离到, 说明该属菌株是海洋放线菌的主要类群; 通过微波处理后, 3 种分离培养基上的小单孢菌属菌株的数量均有提高, 1 份样品 (3#) 在 HV 培养基上分离到的非特定属性的海洋小单孢菌数量达到显著水平, 在 MB 和 MH 培养基上分离到的嗜碱和嗜盐海洋小单孢菌数量各有 5 份样品达到了显著或极显著水平, 可见, 微波处理对于分离特定属性的海洋小单孢菌属菌株具有极为显著的促进作用。除了小单孢菌属菌株外, 游动放线菌属 (*Actinoplanes*) 菌株也有较高比例的分离率, 仅在 4# 样品的 MB 培养基上没有分离到, 其余样品的 3 种培养基上均有分离, 即使在 1#、3# 和 5# 样品的 MB 培养基的对照组未分离到, 在其对应的微波处理组也有分离, 证明微波处理能

表4 微波处理后海洋稀有放线菌的种类
Table 4 Marine rare actinomycetes species in different media after microwave irradiation

分离样品 Samples	分离培养基 Media	处理 Treatments	小单孢菌属 Mi	游动放线菌属 Ac	链孢菌属 Ca	诺卡氏菌属 No	小双孢菌属 Mib	链孢囊菌属 Sts	未鉴定菌株 URA	分离属增加数量 NIG
1	HV	CK	11.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	—
		MW	18.0	13.0	4.0	7.0	0.0	1.0	1.0	3
	MB	CK	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	—
		MW	21.0**	6.0	0.0	6.0	2.3	5.0	1.0	4
	MH	CK	10.7	5.7	0.0	2.0	0.0	0.0	2.3	—
		MW	20.3	12.7	0.3	7.0	0.0	5.0	4.7	2
2	HV	CK	14.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	—
		MW	18.3	4.7	0.0	2.7	0.0	1.0	5.7	2
	MB	CK	7.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	—
		MW	16.7**	3.3	0.7	1.0	0.0	0.0	3.0	2
	MH	CK	11.0	1.0	0.0	0.7	0.0	0.0	8.0	—
		MW	21.3	2.7	1.3	3.7	1.7	6.0	10.3	3
3	HV	CK	28.3	4.3	0.0	2.3	0.0	0.0	5.3	—
		MW	44.7*	9.7	1.0	6.7	1.0	2.0	7.0	3
	MB	CK	15.3	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	5.0	—
		MW	17.7**	0.7	0.0	4.3	0.0	0.0	6.3	1
	MH	CK	18.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	—
		MW	38.3**	4.7	0.0	1.0	0.0	3.0	6.7	2
4	HV	CK	10.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	—
		MW	18.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0
	MB	CK	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	—
		MW	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0
	MH	CK	26.7	6.7	0.0	0.0	0.0	2.0	9.3	—
		MW	44.3**	20.7	0.0	8.7	1.0	3.0	15.3	2
5	HV	CK	7.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	4.7	—
		MW	12.7	2.3	0.0	8.3	0.0	1.0	5.7	2
	MB	CK	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	—
		MW	16.3**	2.7	0.3	1.0	0.0	0.0	10.0	3
	MH	CK	14.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	—
		MW	30.7**	8.3	1.7	2.3	1.3	0.7	10.3	4
6	HV	CK	8.3	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	—
		MW	18.7	15.7	1.0	3.0	0.0	2.0	18.3	3
	MB	CK	13.3	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	3.0	—
		MW	19.0*	1.0	0.0	5.3	0.7	1.3	7.7	3
	MH	CK	9.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.7	—
		MW	30.0**	20.0	1.3	1.7	0.3	3.7	15.7	3
7	HV	CK	6.3	14.3	0.0	0.7	0.0	0.3	3.3	—
		MW	18.0	22.3	1.7	4.3	0.3	2.7	6.0	2
	MB	CK	9.0	3.3	4.7	0.0	0.0	0.0	5.7	—
		MW	10.7	4.3	9.3	0.0	0.0	0.0	2.0	0
	MH	CK	8.3	8.7	2.7	0.0	0.0	1.0	6.3	—
		MW	32.7**	20.3	5.7	4.0	0.0	3.3	10.7	1

注: Mi: 小单孢菌属; Ac: 游动放线菌属; Ca: 链孢菌属; No: 诺卡氏菌属; Mib: 小双孢菌属; Sts: 链孢囊菌属; URA: 其他未鉴定菌株; NIG: 新分离属。

Note: Mi: *Micromonospora*; Ac: *Actinoplanes*; Ca: *Catellatospora*; No: *Nocardia*; Mib: *Microbispora*; Sts: *Streptosporangium*; URA: Unidentified rare actinomycetes; NIG: Numbers of increased genera of rare actinomycetes.

够有效刺激海洋游动放线菌尤其是嗜碱特性的海洋游动放线菌属菌株的休眠孢子萌发,从而能够在相应的培养基上得以生长和富集。微波的刺激作用还表现在诺卡氏菌属(*Nocardia*)菌株的分离中,除了比对照组提高了该属菌株的分离数量,还使得3份样品(1#、2#和6#)的HV培养基、2份样品(1#和5#)的MB培养基和4份样品(3#、5#、6#和7#)的MH培养基新分离到该属菌株,可见,微波对于促进嗜碱、嗜盐特性的海洋诺卡氏菌属菌株的孢子萌发效果同样显著。此外,微波处理还增加了链孢菌属(*Catellatospora*)、小双孢菌属(*Microbispora*)、链孢囊菌属(*Streptosporangium*)及其他未鉴定菌株的数量或种类,与各样品在不同分离培养基的对照组相比,微波处理组分离到的属的数量分别提高了1-4个,有效提高了海洋稀有放线菌包括具有嗜碱、嗜盐属性的海洋稀有放线菌的分离效率。

3 讨论

考虑到海泥样品中的放线菌比例可能远低于土壤放线菌,本实验中的分离样品悬液梯度仅稀释到了 10^{-2} ,实验中在该稀释度上几乎没有放线菌菌株生长,绝大部分放线菌菌株分离自海泥样品悬液原浓度和 10^{-1} 浓度,而分离土壤放线菌需将样品稀释到 10^{-5} 、 10^{-6} 甚至更高稀释度,说明在现有的实验室条件下分离到的海洋放线菌与土壤放线菌相比确实少得多。这也更加说明了研究新的分离方法对于分离海洋放线菌的必要性和迫切性,本实验将微波处理用于分离海洋放线菌尤其是特定属性的海洋放线菌便是一次有益的尝试。

本实验中采用相应的分离培养基,将微波处理用于分离非特定属性与具有嗜碱和嗜盐特性海洋放线菌,对于提高海洋放线菌的分离效果较为明显,尤其可以显著提高嗜碱海洋稀有放线菌

和嗜盐海洋链霉菌的数量。分离到的海洋放线菌除了链霉菌属之外,海洋稀有放线菌中比例最高的为小单孢菌属,该属菌株是一类重要的抗生素产生菌,目前从该属发现的抗生素种类仅次于链霉菌,达到450种以上,临床上常用的抗生素如庆大霉素即由该属菌株棘孢小单孢菌(*Micromonospora echinospora*)产生,本实验中微波处理后所有分离样品上的该属菌株数量都有明显增加,而且绝大部分样品的嗜碱和嗜盐的海洋小单孢菌增加数量达到显著或极显著水平,说明微波处理能够极为显著地促进海洋小单孢菌属菌株尤其是嗜碱和嗜盐属性菌株的分离,这就为从海洋来源的特定属性的小单孢菌属菌株中进行新药筛选提供了更多、更新的样品来源。除了海洋小单孢菌属外,游动放线菌属菌株也有较高比例的分离率,该属菌株同样是抗生素的重要来源,目前发现的新抗生素至少150种,我国报道的第一个新抗生素——创新霉素就是从济南游动放线菌(*Actinoplanes tsinanensis*)中发现的,抗耐药菌的糖肽类抗生素替考拉宁也是由该属菌株替考游动放线菌(*Actinoplanes teichomyceticus*)产生,本实验中微波处理有效地提高了海洋游动放线菌尤其是嗜碱特性的海洋游动放线菌属菌株的分离效率,这就提高了从海洋游动放线菌尤其是嗜碱特性的海洋游动放线菌中获得新抗生素的几率。诺卡氏菌属的许多种能够产生抗生素,如利福霉素就是由地中海诺卡氏菌(*Nocardia mediterranei*)产生,本实验中微波处理对于促进嗜碱、嗜盐特性的海洋诺卡氏菌属菌株的孢子萌发效果同样显著,这对于从海洋来源的特定属性的诺卡氏菌属菌株分离新抗生素同样极有意义。除了以上几个属,微波处理还增加了链孢菌属、小双孢菌属、链孢囊菌属及其他未鉴定菌株的数量或种类,使得分离到的属的数量分别提高了1-4个。可见,微波处理有效提高了

海洋稀有放线菌包括具有嗜碱、嗜盐属性的海洋稀有放线菌的分离效率。这些具有嗜碱、嗜盐等特定性质的海洋稀有放线菌的大量获得,为新药研发提供了更加广泛的物质基础。微波处理能够显著提高海洋放线菌尤其是特定性质放线菌的数量和种类,为更好地开发和应用海洋资源提供了更多的有益参考。

参 考 文 献

- [1] Bérdy J. Bioactive microbial metabolites[J]. *Journal of Antibiotics*, 2005, 58(1): 1–26.
- [2] Fiedler HP, Brunter C, Bull AT, et al. Marine actinomycetes as a source of novel secondary metabolites[J]. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 2005, 87(1): 37–42.
- [3] 李巧连, 李可, 谢明杰, 等. 海洋放线菌次级代谢产物及其活性研究进展[J]. *中国海洋药物杂志*, 2010, 29(5): 57–65.
- [4] Li YV, Terekhova LP, Gapochka MG. Isolation of actinomycetes from soil using extremely high frequency radiation[J]. *Microbiology*, 2002, 71(1): 105–108.
- [5] Li YV, Terekhova LP, Alferova IV, et al. The application of succession analysis in combination with EHF irradiation to the selective isolation of actinomycetes from soil[J]. *Microbiology*, 2003, 72(1): 114–117.
- [6] Likhacheva AA, Komarova AS, Lukyanov AA, et al. The Influence of SHF radiation on soil streptomycetes[J]. *Eurasian Soil Science*, 2006, 39(8): 854–858.
- [7] 肖炜, 李铭刚, 崔晓龙, 等. 几种选择性分离稀有放线菌的方法[J]. *微生物学通报*, 2006, 33(1): 133–137.
- [8] 吴道澄, 金友煌, 席晓莉, 等. 高功率微波对金黄色葡萄球菌杀灭效应的实验研究[J]. *中国医学物理杂志*, 1999, 16(3): 183–186.
- [9] Bulina TI, Alferova IV, Terekhova LP. A novel approach to isolation of actinomycetes involving irradiation of soil samples with microwaves[J]. *Microbiology*, 1997, 66(2): 231–234.
- [10] 杨斌, 薛泉宏, 陈占全, 等. 微波处理对土壤放线菌分离效果的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(5): 1091–1098.
- [11] 薛清, 段春梅, 王玲娜, 等. 微波处理对钙质土壤放线菌分离效果的影响[J]. *微生物学杂志*, 2010, 30(3): 19–24.
- [12] Hayakawa M, Nonomura H. Humic acid-vitamin agar, a new medium for the selective isolation of soil actinomycetes[J]. *Journal of Fermentation Technology*, 1987, 65(5): 501–509.
- [13] 林丽玉, 高霞灵, 吴萍茹, 等. 海洋药物资源的微生物的分离技术[J]. *中国海洋药物*, 1999(3): 15–18.
- [14] 徐丽华, 李文均, 刘志恒, 等. 放线菌系统学—原理、方法及实践[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 37.