

# 浙江秀山海泥水溶体系的抑菌作用研究\*

杨 涛 徐 青 辛建美 罗红宇

(浙江海洋学院食品与药学院 舟山 316000)

**提要** 采用固体培养基体外抑菌法,在不同浓度,相同 pH 条件下,研究了采自浙江秀山海泥制备的不同浓度的海泥水溶体系对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、黑曲霉菌和白色念珠菌的抑制效果及其最低抑菌浓度,同时与目前公认较好的合成防腐剂对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸丙酯进行对比,考察了海泥水溶体系的抑菌动力学曲线。结果表明,浙江秀山滩涂海泥对各种指示菌都有一定程度的抑制作用,且抑制作用随浓度的增大而增强,海泥水溶体系对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、黑曲霉菌和白色念珠菌的最低抑菌浓度(MIC)值分别为 0.75、1.00、0.50、2.00,对细菌的抑菌效果与对羟基苯甲酸丙酯相当,且优于对羟基苯甲酸甲酯,对霉菌的抑菌效果与两个阳性对照相当,对酵母菌的抑菌作用弱于对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯甲酸甲酯。抑菌动力学曲线显示接种 72h 内,含有海泥水溶体系的培养基中的供试菌生长均被抑制在一个较低水平,达到 100%的抑制。因此将其用于食品防腐、化妆品工业、医学领域具有广阔的前景。

**关键词** 海泥水溶体系, MIC 值, 抑菌动力学曲线, 抑菌作用

**中图分类号** Q89

化妆品、食品、药品在加工、运输、储藏和销售过程中,常会因腐败变质而造成直接经济损失,添加防腐剂是预防微生物污染的主要手段(郑萍等, 2008; 周建新等, 2002)。但由于合成防腐剂具有一定的毒副作用,人们倾向于选择安全性高的天然防腐剂。当前,对天然防腐剂的研究开发已成为备受瞩目的热点,1931 年 McClean 首先报道了鱼精蛋白具有抑菌活性(Uytlendale *et al*, 1994), Miller 等(1942)发现鱼精蛋白能够抑制多种好氧菌和厌氧菌的呼吸和代谢,从而影响起生长繁殖,此后有关鱼精蛋白抗菌作用的研究日益深入,并逐渐应用于食品的防腐保鲜(Motohino, 1996)。李治等(2000)进行了 O-羧甲基壳聚糖抗菌性的研究,结果表明: O-羧甲基壳聚糖的抗菌性随着羧甲基化度的升高呈现出先升后降的规律,并且在比较宽的羧甲基化度范围内表现出较壳聚糖更好的抗菌性。赵小钊(2000)进行了松萝酸的抑菌实验研究,结果表明:在 pH 5—6 的条件下抑菌效果最好。贾建波(2000)研究了生姜和荸荠皮提取物的抗菌

作用,结果表明:生姜和荸荠皮提取物以 5 : 5 混合,对细菌、啤酒酵母、黑曲霉菌具有良好抑菌作用。周建新等(2002)研究了银杏叶提取物(EGb)的抗菌特性,结果表明,EGb 对细菌和真菌的最低抑菌浓度(MIC)为 1.25%和 5.0%,EGb 的抗菌活性具有热稳定性,能忍受高温短时的热处理;EGb 在 pH 5—9 的范围内均具有抗菌活性。

民间早有用矿物泥治疗脚癣、真菌感染等皮肤病的应用实例,且效果较好。位于东海之滨的浙江秀山滩涂海泥属于矿物泥,集东海生态环境和钱塘江冲积之精华,天然、洁净、细腻,含有丰富的矿物质、胶体成分、海洋特有的微生物及维生素、氨基酸、抗菌素等,具有独特的抗氧化、保健治疗等功效(Mao *et al*, 1997)。但对海泥水溶体系抑菌作用的研究,迄今鲜有报道。

本文采用固体培养基体外抑菌法,在不同浓度,相同 pH 条件下,研究秀山海泥水溶体系对细菌、霉菌以及酵母菌的抑菌作用和抑菌动力学曲线,并选

\* 浙江省科技厅重点资助项目, 2006C23048 号。杨 涛, 硕士研究生, E-mail: yt286983209@126.com

通讯作者: 罗红宇, 教授, E-mail: lisa8919@163.com

收稿日期: 2008-08-19, 收修改稿日期: 2008-10-15

用公认较好的合成防腐剂对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯甲酸甲酯作为对照。在菌株的选择上,选用大肠杆菌代表革兰氏阴性菌、金黄色葡萄球菌代表革兰氏阳性菌、黑曲霉菌代表霉菌、白色念珠菌代表酵母菌。本研究可为秀山海泥在食品防腐、化妆品工业、医学领域的应用提供资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

海泥:采自浙江省岱山县秀山乡滑泥主题公园的滩涂。在滩涂的起始位置,按高、中、低潮位各取一点,合并三点的泥样作为此位置的样品。然后每隔200m取一次样,共取五次,得到滩涂不同位置的五个样品。

菌株:大肠杆菌(*Escherichia coli*)(ATCC8739),金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)(ATCC6538),黑曲霉菌(*Aspergillus niger*)(ATCC16404),白色念珠菌(*Candida albicans*)(ATCC10231),均购自美国标准菌库。

培养基(中华人民共和国卫生部,1995):牛肉膏蛋白胨培养基(培养细菌);察氏培养基(培养霉菌);沙堡氏琼脂培养基(培养酵母菌)。

### 1.2 海泥水溶体系的制备

将采集的海泥加水搅拌,得到的泥浆水过筛(400目),经离心后收集湿泥,干燥粉碎过筛(600目),制得海泥干粉(含水量<5%)。

取适量海泥干粉溶于50ml双蒸水中,经搅拌、混匀、离心处理后取澄清液,沉淀加适量水重复处理三次,合并三次澄清液定容至250ml,减压旋转蒸发至100ml,制得不同浓度的海泥水溶体系。

采集的五个样品均按上述方法制备海泥水溶体系,分别称为秀山海泥水溶体系A、B、C、D、E。

### 1.3 菌体的斜面培养和菌悬液的制备

细菌于37℃条件下,在牛肉膏蛋白胨琼脂斜面培养基上培养24h;霉菌于28℃条件下,在察氏斜面培养基上培养7d;酵母菌于28℃条件下,在沙堡氏斜面培养基上培养24h。活化后的菌种用生理盐水稀释成一定浓度的菌悬液。

### 1.4 海泥水溶体系的抑菌试验

将海泥水溶体系A、B、C、D、E分别以不同浓度加入到已灭菌的培养基中混匀,取含海泥水溶体系的培养基(45℃左右)15ml与1ml菌悬液倾入无菌培养皿混合后于恒温箱中培养[细菌:(36±1)℃,24h;真

菌:(28±1)℃,72h],以未加海泥水溶体系的培养基作为对照。每个浓度试验作3个平行样,按稀释分离平板菌落计数法进行计数,并计算抑菌率:

抑菌率=

$$\frac{\text{对照实验菌落数} - \text{相应试样浓度的菌落数}}{\text{对照实验菌落数}} \times 100\%$$

阳性对照物选择同浓度的对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯甲酸甲酯。

可以根据抑菌率为100%时的试样的浓度,推出试样的最低抑菌浓度(MIC)。

### 1.5 抑菌活性试验方法

分别取最低抑菌浓度的海泥水溶体系A、B、C、D、E各5ml到含有90ml培养基的摇瓶中,并加入5ml菌悬液,将摇瓶置于恒温摇床[细菌:(36±1)℃,真菌:(28±1)℃]中以180r/min振荡,每隔一定时间取样5ml,与不加水溶体系及加入HAc溶液的菌液作对照。以去离子水为空白样作参比,用紫外分光光度计于650nm波长下测定培养液的浊度(以OD值表示),并以此表征防腐剂的抗菌活性。

### 1.6 统计学处理

采用SPSS11.3统计软件对相关数据进行检验。

## 2 结果与讨论

### 2.1 海泥水溶体系对细菌的抑菌效果

选用了大肠杆菌和金黄色葡萄球菌,分别接种在牛肉膏蛋白胨琼脂平板来测定不同浓度的海泥水溶体系对细菌类抑制效果。其结果见表1和表2。

各组海泥水溶体系对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有抑制作用,且抑制作用随水溶体系浓度的增大而增强。各组海泥水溶体系在0.75%下就可对大肠杆菌达100%的抑制,浓度为1.00%时,对金黄色葡萄球菌达100%的抑制。

各组海泥水溶体系同浓度时对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌效果差异无显著性(*t*检验: $P>0.05$ ),说明各组海泥水溶体系对细菌的抑菌效果无显著性差异。各组海泥水溶体系与对羟基苯甲酸丙酯相比,在浓度小于0.50%时,后者抑制大肠杆菌的效果明显优于前者,差异有显著性(LSD:多个实验组与一个对照组均数间两两比较, $P<0.05$ ),而当浓度大于0.75%后,其抑菌效果差异无显著性(LSD: $P>0.05$ );与对羟基苯甲酸甲酯相比,当浓度小于1.50%时,抑制大肠杆菌的效果存在显著性差异(LSD: $P<0.05$ ),各海泥水溶体系组优于对照组。各组海泥水溶体系与

对羟基苯甲酸丙酯相比, 在浓度  $\geq 1.00\%$  时, 抑制金黄色葡萄球菌效果差异无显著性(LSD:  $P>0.05$ ), 与对羟基苯甲酸甲酯相比, 当浓度小于  $3.00\%$  时, 抑制金黄色葡萄球菌的效果差异有显著性(LSD:  $P<0.05$ )。说明海泥水溶体系对细菌的抑菌效果与对羟基苯甲酸丙酯相当, 且优于对羟基苯甲酸甲酯。

## 2.2 海泥水溶体系对霉菌的抑菌效果

选用黑曲霉菌为指示菌, 接种在察氏琼脂平板上来测定不同浓度海泥水溶体系分别对霉菌的抑制

效果, 其实验结果列于表 3。

各组海泥水溶体系对黑曲霉菌有显著的抑制作用, 且抑制作用随水溶体系浓度的增大而加强。海泥水溶体系 A、C、D、E 均在  $0.50\%$  时就完全抑制黑曲霉菌的生长, 海泥水溶体系 B 虽然在  $0.75\%$  达  $100\%$  的抑制, 但在  $0.50\%$  时其抑菌率高达  $98.4\%$ 。

同浓度的各组海泥水溶体系的抑菌效果差异无显著性( $t$  检验:  $P>0.05$ ), 说明各组海泥水溶体系对霉菌的抑菌效果相同。与对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯

表 1 海泥水溶体系对大肠杆菌的抑菌率(%)  
Tab.1 The inhibitory rate of water-soluble phase in sea mud on *E. coli* (%)

试 样	质量分数(W%)								
	0.10	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
秀山海泥水溶体系 A	18.9	32.2	68.7	100	100	100	—	—	—
秀山海泥水溶体系 B	16.5	28.7	64.4	100	100	100	100	—	—
秀山海泥水溶体系 C	17.8	25.6	67.9	100	100	100	—	—	—
秀山海泥水溶体系 D	18.3	30.4	66.3	100	100	100	—	—	—
秀山海泥水溶体系 E	20.2	33.8	71.4	100	100	100	—	—	—
对羟基苯甲酸丙酯	71.2	93.1	100	100	100	—	—	—	—
对羟基苯甲酸甲酯	—	—	—	—	69.0	85.2	100	100	100

注: 表中数据为 3 次平行试验的平均值; “—” 表示未做试验, 下同

表 2 海泥水溶体系对金黄色葡萄球菌的抑菌率(%)  
Tab.2 The inhibitory rate of water-soluble phase in sea mud on *St. aureus* (%)

试 样	质量分数(W%)								
	0.10	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
秀山海泥水溶体系 A	5.6	18.3	50.6	81.9	100	100	100	—	—
秀山海泥水溶体系 B	—	20.7	53.2	83.4	100	100	100	—	—
秀山海泥水溶体系 C	—	18.7	52.8	79.2	100	100	100	—	—
秀山海泥水溶体系 D	—	17.5	49.6	78.1	100	100	100	—	—
秀山海泥水溶体系 E	—	19.7	51.3	80.3	100	100	100	—	—
对羟基苯甲酸丙酯	71.5	78.8	86.3	100	100	100	—	—	—
对羟基苯甲酸甲酯	—	—	38.7	—	—	85.9	92.2	100	100

表 3 海泥水溶体系对黑曲霉菌的抑菌率(%)  
Tab.3 The inhibitory rate of sea water-soluble phase on *A. niger* (%)

试 样	质量分数(W%)								
	0.10	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
秀山海泥水溶体系 A	32.2	67.8	100	100	100	—	—	—	—
秀山海泥水溶体系 B	31.4	65.7	98.4	100	100	—	—	—	—
秀山海泥水溶体系 C	33.3	66.2	100	100	100	—	—	—	—
秀山海泥水溶体系 D	34.2	68.3	100	100	100	—	—	—	—
秀山海泥水溶体系 E	33.9	67.5	100	100	100	—	—	—	—
对羟基苯甲酸丙酯	100	100	100	—	—	—	—	—	—
对羟基苯甲酸甲酯	100	100	100	—	—	—	—	—	—

甲酸甲酯相比,当浓度小于 0.50%时,抑菌效果均比阳性对照组差,且差异呈现显著性(LSD:  $P < 0.05$ );当浓度大于 0.50%以后,试验组与阳性对照组间抑菌效果差异无显著性(LSD:  $P > 0.05$ )。

### 2.3 海泥水溶体系对酵母菌的抑菌效果

选用白色念珠菌为指示菌,接种在沙堡氏琼脂培养基上,测定不同浓度海泥水溶体系分别对酵母菌的抑菌效果,其实验结果见表 4。

各组海泥水溶体系对白色念珠菌都有一定的抑制作用,且抑制作用随浓度的增大而增强,各浓度组的海泥水溶体系抑制白色念珠菌的效果无显著性差异( $t$  检验:  $P > 0.05$ ),说明各组海泥水溶体系对酵母菌的抑菌效果相同,当浓度为 2.00%时,对白色念珠菌可达到 100%的抑制。

当浓度小于 2%时,各组海泥水溶体系与对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯甲酸甲酯相比,抑菌效果均有显著性差异(LSD:  $P < 0.05$ ),说明海泥水溶体系对酵母菌的抑菌作用弱于对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯甲酸甲酯。

### 2.4 海泥水溶体系的 MIC 值比较

MIC 值越低,试样的抗菌效力越强,由以上表中数据可以得出海泥水溶体系 A、B、C、D、E 的 MIC

值,结果见表 5。

从表 5 可以看出,各组秀山海泥水溶体系对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、黑曲霉菌都有很强的抑制作用,对白色念珠菌的抑制作用相对较弱。各组海泥水溶体系对各供试菌的最低抑制浓度均近似相同,说明秀山滩涂海泥不同区域的样品其抑菌效果相当。

### 2.5 海泥水溶体系对不同菌种的抑菌活性

研究了海泥水溶体系 A、B、C、D、E 在其最低抑菌浓度时,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、黑曲霉菌及白色念珠菌的抑制活性。表 6、表 7、表 8 和表 9 分别为大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、黑曲霉菌以及白色念珠菌在含有海泥水溶体系培养基中培养 72h 的过程中,培养基浊度的变化情况。

从表 6~表 9 可知,各组秀山海泥水溶体系和两个阳性对照组的抑菌效果均较强,在 72h 的培养期间,供试菌生长均被抑制在一个较低水平,达到 100%的抑制。各组海泥水溶体系相互之间的抑菌活性无明显的差异,再次证明秀山滩涂海泥不同区域的样品其抑菌效果相同。

## 3 结论

秀山海泥水溶体系对细菌、霉菌和酵母菌都有较

表 4 海泥水溶体系对白色念珠菌的抑菌率(%)

Tab.4 The inhibitory rate of water-soluble phase in sea mud on *C. albicansa* (%)

试 样	质量分数(W%)								
	0.10	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
秀山海泥水溶体系 A	—	—	6.4	23.7	61.2	80.7	100	100	100
秀山海泥水溶体系 B	—	—	—	24.5	63.1	81.2	100	100	100
秀山海泥水溶体系 C	—	—	—	25.3	59.7	78.6	100	100	100
秀山海泥水溶体系 D	—	—	—	22.9	60.7	82.4	100	100	100
秀山海泥水溶体系 E	—	—	—	21.8	62.3	83.1	100	100	100
对羟基苯甲酸丙酯	100	100	100	—	—	—	—	—	—
对羟基苯甲酸甲酯	71.9	83.5	94.2	100	100	100	—	—	—

表 5 海泥水溶体系的 MIC 值(% , 质量分数)

Tab.5 The MIC of water-soluble phase in sea mud (% , quality percentage)

试 样	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	黑曲霉菌	白色念珠菌
秀山海泥水溶体系 A	0.75	1.00	0.50	2.00
秀山海泥水溶体系 B	0.75	1.00	0.75	2.00
秀山海泥水溶体系 C	0.75	1.00	0.50	2.00
秀山海泥水溶体系 D	0.75	1.00	0.50	2.00
秀山海泥水溶体系 E	0.75	1.00	0.50	2.00
对羟基苯甲酸丙酯	0.50	0.75	< 0.10	< 0.10
对羟基苯甲酸甲酯	2.00	3.00	< 0.10	0.75

表 6 海泥水溶体系对大肠杆菌的抑菌活性  
Tab.6 Antibacterial activity of water-soluble phase in sea mud on *E. coli*

试 样	OD													
	0h	5h	10h	15h	20h	25h	30h	35h	40h	45h	50h	55h	60h	65h
秀山海泥水溶体系 A	0.021	0.023	0.072	0.143	0.211	0.222	0.195	0.231	0.193	0.187	0.214	0.172	0.221	0.223
秀山海泥水溶体系 B	0.021	0.022	0.083	0.124	0.231	0.226	0.194	0.178	0.141	0.211	0.232	0.210	0.190	0.184
秀山海泥水溶体系 C	0.082	0.093	0.143	0.102	0.133	0.175	0.183	0.144	0.161	0.190	0.215	0.206	0.197	0.210
秀山海泥水溶体系 D	0.092	0.068	0.131	0.114	0.120	0.152	0.175	0.203	0.196	0.213	0.234	0.240	0.190	0.204
秀山海泥水溶体系 E	0.071	0.102	0.121	0.133	0.170	0.165	0.154	0.204	0.213	0.236	0.254	0.237	0.217	0.226
对羟基苯甲酸丙酯	0.011	0.012	0.011	0.013	0.011	0.012	0.012	0.013	0.014	0.020	0.018	0.019	0.020	0.020
对羟基苯甲酸甲酯	0.011	0.016	0.015	0.018	0.019	0.020	0.023	0.021	0.024	0.023	0.022	0.024	0.021	0.023
乙酸	0.088	0.097	0.101	0.122	0.586	1.089	1.412	1.744	1.840	1.865	1.912	1.922	1.934	1.935
空白	0.121	0.352	1.232	1.785	1.992	2.056	2.114	2.248	2.251	2.261	2.265	2.269	2.270	2.271

表 7 海泥水溶体系对金黄色葡萄球菌的抑菌活性  
Tab.7 Antibacterial activity of water-soluble phase in sea mud on *St. aureus*

试 样	OD													
	0h	5h	10h	15h	20h	25h	30h	35h	40h	45h	50h	55h	60h	65h
秀山海泥水溶体系 A	0.132	0.154	0.140	0.193	0.203	0.252	0.241	0.243	0.256	0.233	0.214	0.223	0.206	0.210
秀山海泥水溶体系 B	0.112	0.147	0.139	0.123	0.217	0.234	0.221	0.245	0.263	0.263	0.224	0.241	0.262	0.273
秀山海泥水溶体系 C	0.141	0.190	0.243	0.226	0.237	0.243	0.254	0.226	0.273	0.235	0.243	0.261	0.250	0.248
秀山海泥水溶体系 D	0.153	0.161	0.207	0.233	0.241	0.236	0.217	0.223	0.230	0.236	0.261	0.243	0.250	0.253
秀山海泥水溶体系 E	0.174	0.208	0.216	0.253	0.271	0.265	0.264	0.253	0.241	0.258	0.282	0.267	0.270	0.261
对羟基苯甲酸丙酯	0.048	0.045	0.050	0.051	0.049	0.053	0.053	0.061	0.062	0.059	0.060	0.059	0.063	0.059
对羟基苯甲酸甲酯	0.044	0.048	0.050	0.052	0.054	0.053	0.056	0.061	0.062	0.060	0.058	0.059	0.062	0.063
乙酸	0.121	0.132	0.144	0.498	1.329	1.545	1.559	1.597	1.564	1.594	1.601	1.605	1.623	1.634
空白	0.098	0.241	1.451	1.523	1.531	1.534	1.560	1.558	1.559	1.610	1.587	1.593	1.612	1.604

表 8 海泥水溶体系对黑曲霉菌的抑菌活性  
Tab.8 Antibacterial activity of water-soluble phase in sea mud on *A. niger*

试 样	OD													
	0h	5h	10h	15h	20h	25h	30h	35h	40h	45h	50h	55h	60h	65h
秀山海泥水溶体系 A	0.110	0.097	0.135	0.142	0.161	0.170	0.183	0.165	0.154	0.172	0.143	0.162	0.186	0.159
秀山海泥水溶体系 B	0.113	0.102	0.126	0.139	0.145	0.171	0.153	0.162	0.148	0.191	0.145	0.203	0.164	0.172
秀山海泥水溶体系 C	0.093	0.142	0.158	0.166	0.193	0.207	0.178	0.189	0.165	0.175	0.163	0.159	0.161	0.170
秀山海泥水溶体系 D	0.104	0.112	0.143	0.156	0.162	0.181	0.175	0.193	0.191	0.204	0.210	0.209	0.187	0.176
秀山海泥水溶体系 E	0.131	0.122	0.145	0.116	0.153	0.161	0.170	0.145	0.168	0.180	0.144	0.153	0.133	0.149
对羟基苯甲酸丙酯	0.051	0.062	0.059	0.061	0.063	0.058	0.061	0.064	0.063	0.071	0.069	0.072	0.070	0.069
对羟基苯甲酸甲酯	0.047	0.048	0.053	0.052	0.054	0.058	0.056	0.060	0.062	0.062	0.058	0.059	0.062	0.059
乙酸	0.135	0.138	0.145	1.056	1.821	2.387	2.511	2.526	2.531	2.534	2.579	2.604	2.603	2.608
空白	0.123	0.124	0.231	1.218	1.527	2.449	2.521	2.532	2.564	2.587	2.588	2.601	2.599	2.613

强的抑制作用, 抑菌浓度也相对较低, 其中秀山海泥水溶体系抗菌效果与公认较好的合成防腐剂对羟基苯甲酸丙酯相近, 在质量百分比浓度为 0.75% 左右时, 就可以表现出很强的抗菌活性, 且抗菌活性随着浓度的增大而增强。同时本次试验还证实, 秀山滩涂不

同区域的海泥泥样其抑菌效果无显著性差异, 说明采样的区域具有广泛性。

目前有关天然防腐剂的抑菌机理多与破坏细菌的细胞壁或细胞膜有关(Lee *et al*, 1998; Galati *et al*, 2003), 因此海泥水溶体系抑菌机理推测也可能是由

表9 海泥水溶体系对白色念珠菌的抑菌活性  
Tab.9 Antibacterial activity of water-soluble phase in sea mud on *C. albicansa*

试 样	OD													
	0h	5h	10h	15h	20h	25h	30h	35h	40h	45h	50h	55h	60h	65h
秀山海泥水溶体系 A	0.211	0.241	0.226	0.243	0.251	0.282	0.307	0.319	0.323	0.326	0.299	0.304	0.287	0.333
秀山海泥水溶体系 B	0.201	0.222	0.243	0.272	0.219	0.265	0.324	0.333	0.376	0.385	0.386	0.349	0.337	0.340
秀山海泥水溶体系 C	0.240	0.225	0.219	0.282	0.311	0.332	0.346	0.352	0.362	0.335	0.322	0.351	0.344	0.353
秀山海泥水溶体系 D	0.251	0.246	0.265	0.272	0.258	0.284	0.293	0.302	0.280	0.274	0.293	0.296	0.320	0.331
秀山海泥水溶体系 E	0.241	0.263	0.255	0.284	0.296	0.308	0.322	0.334	0.331	0.325	0.360	0.358	0.353	0.347
对羟基苯甲酸丙酯	0.058	0.055	0.060	0.061	0.059	0.053	0.063	0.071	0.072	0.079	0.073	0.069	0.073	0.074
对羟基苯甲酸甲酯	0.077	0.078	0.084	0.086	0.089	0.091	0.087	0.092	0.095	0.091	0.094	0.093	0.102	0.098
乙酸	0.214	0.216	0.218	0.224	0.559	1.321	1.778	2.310	2.322	2.389	2.399	2.401	2.401	2.404
空白	0.214	0.321	1.259	1.564	2.013	2.227	2.398	2.411	2.432	2.435	2.439	2.438	2.451	2.453

于海泥中的活性成分破坏了细菌细胞质膜的正常生长,从而起到了抗菌作用,其具体机制还有待进一步研究。

通过此次对秀山海泥水溶体系的抑菌作用研究,结果显示,秀山海泥具有较好的抑菌效果。此前课题组的研究指出,秀山海泥富含抗氧化活性营养成分  $V_A$ 、 $V_E$ 、 $V_C$ 、Ge、Fe、Mg、Zn、Sr、Ca,总蛋白酶活性较强(罗红宇等,2008),且民间也流传着用海泥足浴可以治疗脚癣的说法,因此,下一步将继续在食品防腐、化妆品工业、医学领域的应用进行探索研究。

### 参 考 文 献

- 中华人民共和国卫生部,1995. 中华人民共和国国家标准,食品卫生检验方法微生物学部分. 北京:中国标准出版社,136—148
- 李 治,刘晓非,管云林,2000. O-羧甲基壳聚糖抗菌性的研究. 日用化学工业,30(3): 10—11
- 罗红宇,吴辉辉,解延海等,2008. 浙江秀山海泥营养物质对环境生物抗氧化性能的影响. 海洋与湖沼,39(1): 8—13
- 周建新,汪海峰,姚明兰等,2002. 银杏叶提取物(EGb)抗菌特性的研究. 食品科学,23(9): 118—121
- 郑 萍,陈西平,2008. 几种防腐剂在化妆品中的作用效果评价. 环境与健康杂志,25(2): 114—116
- 赵小钊,2000. 松萝酸的抑菌实验研究. 食品科学,21(3): 42—44
- 贾建波,2000. 生姜和荸荠皮提取物抗菌作用研究. 广州食品工业科技,15(1): 41—44
- Galati E M, Giufreda D, Dugo G *et al*, 2003. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L) mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. J Agric Food Chem, 51(17): 4903—4908
- Lee H J, Choi G J, Cho K Y, 1998. Correlation of lipid peroxidation in *Botrytis cinerea* caused by dicarboximide fungicides with their fungicidal activity. Journal of Agricultural Food Chemistry, 46: 737—741
- Mao R Z, Ye H D, 1997. Skin smoothing effects of dead sea minerals. Israel International Journal of Cosmetic Science, (19): 105—110
- Miller B F, Benjamin F, Abrams R *et al*, 1942. Antibacterial properties of protamine and histone. Science, 96(2): 428—430
- Motohino T, 1996. Protamine and emulsifiers as food preservative. Japan, Kokai Tokyo Koho, 2—25
- Uytlendale M, Debevere J, 1994. Evaluation of the antimicrobial activity of protamine. Food Microbiology, 11: 417—427

## THE ANTIBACTERIA EFFECTS OF WATER-SOLUBLE PHASE OF SEA MUD

YANG Tao, XU Qing, XIN Jian-Mei, LUO Hong-Yu

(Faculty of Food and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316000)

**Abstract** Sea muds taken off Xiushan, Zhejiang were studied for examining *in vitro* inhibition effect on *Escherichia coli*, *St. aureus*, *Aspergillus niger* and *Candida albicansa*. The muds in different concentrations at the same pH value were sampled in different places. With well-accepted synthesized antiseptics on hydroxymethyl benzoate and propyl p-hydroxybenzoate, bacteriostasis kinetic curve of soluble phase of sea mud system was established. The results show that the sea muds show a similar antibacterial effect without significant difference ( $P>0.05$ ). They inhibited bacteria to some degrees, which increased with the increase in sea mud concentration. The minimum inhibition concentration (*MIC*) of a sea mud on *Escherichia coli*, *St. aureus*, *Aspergillus niger*, and *Candida albicansa* is 0.75, 1.00, 0.50, and 2.00, respectively. Compared with hydrobenzoate, the inhibition effect of water-soluble phase is similar to that of propyl p-hydroxybenzoate but better. Compared with hydroxymethyl benzoate and propyl p-hydroxybenzoate, the inhibition effect on mold is similar; on yeast is weaker. Bacteriostasis kinetic curve shows that a sea mud containing medium (within 72h after inoculation) depressed the growth of test strains to a lower level in 100% coverage. Therefore, antibacterial application of sea mud shall be promising in food preservation, cosmetic industry and medical field.

**Key words** Water-soluble system of sea mud, *MIC* value, Bacteriostasis kinetic curve, Antibacterial effect