



Study on the Bactericidal Effect of Ortho-Phthalaldehyde Combination Disinfectant

Yi Jialin, Niu Bing, Deng Zhirui, Chen Qin*

School of Life Sciences, Shanghai University, Shanghai, China

Email address:

yjleelen@163.com (Yi Jialin), bingniu@shu.edu.cn (Niu Bing), dengzhirui@staff.shu.edu.cn (Deng Zhirui),

chenqincc@staff.shu.edu.cn (Chen Qin)

*Corresponding author

To cite this article:

Yi Jialin, Niu Bing, Deng Zhirui, Chen Qin. Study on the Bactericidal Effect of Ortho-Phthalaldehyde Combination Disinfectant. *Science Discovery*. Vol. 5, No. 6, 2017, pp. 479-485. doi: 10.11648/j.sd.20170506.25

Received: November 14, 2017; **Accepted:** November 22, 2017; **Published:** December 28, 2017

Abstract: This study used combination of ortho-phthalaldehyde(OPA) and quaternary ammonium surfactants (QAS) with different concentration to kill *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* and *Aspergillus niger conidia*. The concentration of the combination disinfectant to kill *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans* was 75mg/L OPA and 30mg/L QAS within 10 min, respectively. The average killing log value was above 4 when *Aspergillus niger conidia* was exposed in 3.75g/L OPA and 1.50g/L QAS for one hour. Then the effects of time, temperature and organic concentration on the bactericidal effect were measured. And the metal corrosion and stability of the combination disinfectant were determined. In addition, these results showed that the combination disinfectant had a high efficiency of bacteria killing and the concentration of organic affected its bactericidal effect. The average killing log value gradually increased along with the temperature within 10°C. to 40°C. And the combination disinfectant also has the advantages of low corrosive of metal, good stability and so on.

Keywords: Ortho-Phthalaldehyde, *Escherichia coli*, Metal Corrosive, Quaternary Ammonium Surfactants

邻苯二甲醛类复合消毒剂杀菌效果的研究

易佳琳, 钮冰, 邓志瑞, 陈沁*

上海大学生命科学学院, 上海, 中国

邮箱

yjleelen@163.com (易佳琳), bingniu@shu.edu.cn (钮冰), dengzhirui@staff.shu.edu.cn (邓志瑞),

chenqincc@staff.shu.edu.cn (陈沁)

摘要: 本研究用不同配比的邻苯二甲醛和季铵盐类阳离子表面活性剂组成复合消毒剂, 杀灭大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念珠菌和黑曲霉分生孢子。确定了3.75g/L邻苯二甲醛和1.50g/L季铵盐类阳离子表面活性剂对黑曲霉分生孢子作用1小时, KL大于4; 75mg/L邻苯二甲醛和30mg/L季铵盐类阳离子表面活性剂作用10分钟对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和白色念珠菌可达到较好的杀灭效果。在此基础上, 进一步测定了时间、温度和有机物浓度对杀菌效果的影响以及复合消毒剂的稳定性和金属腐蚀性。结果表明, 邻苯二甲醛类复合消毒剂具有杀菌速度快、金属腐蚀性小和稳定性良好等优点。研究表明, 在10°C至40°C范围内, 杀菌效果随着温度的升高而增强。

关键词: 邻苯二甲醛, 大肠杆菌, 金属腐蚀性, 季铵盐类阳离子表面活性剂

1. 引言

消毒剂的使用历史悠久,人类在公元前就开始利用醇类消毒剂进行杀菌。目前,市场常用消毒剂有过乙酸、醛类、过氧化氢、异噻唑酮和双胍异氰尿酸酯等多种化合物[1]。邻苯二甲醛(Ortho-Phthalaldehyde, OPA)是近年来研制的一种新型化学消毒剂,安全性相对较高,对人体刺激较小,杀菌能力强[2]。目前国内外对OPA消毒的应用研究已有报道,主要研究OPA作为消毒剂是否可以代替戊二醛[3,4]。OPA作为一种高效消毒剂,与戊二醛相比,具有广谱、高效、腐蚀性低、刺激性小、稳定性好和挥发性小等特点[4,5]。此外OPA对耐戊二醛的龟分枝杆菌也具有良好的杀灭作用[4, 6]。季铵盐化合物因其高效的杀菌性能以及良好的水溶性、稳定性、安全低毒、无不良气味、价格便宜等诸多优点已应用到众多领域[7-9]。将OPA与季铵盐类阳离子表面活性剂(quaternary ammonium surfactants, QAS)进行复配来提高消毒剂的杀菌能力,减少两类消毒剂的用量,克服部分单方使用时的缺点。鉴于此,本研究拟将OPA与QAS复配使用,研究两种消毒剂不同配比对杀菌效果的影响,并对复合消毒剂的稳定性和金属腐蚀性等进行了研究。

2. 材料和方法

2.1. 材料

大肠杆菌(ATCC 8099)、金黄色葡萄球菌(ATCC 6538)、白色念珠菌(ATCC 10231)和黑曲霉菌(ATCC 16404)由上海出入境检验检疫局提供。邻苯二甲醛购自国药集团化学试剂有限公司,季铵盐类阳离子表面活性剂

购自阿拉丁试剂有限公司。铜片(GB2060)、铝片(GB11173)、不锈钢片(GB1220)和碳钢片(GB700)均购自金坛市振兴实验器材厂。

2.2. 方法

2.2.1. 细菌繁殖体悬液和真菌悬液的制备

取第3~6代的营养琼脂培养基(细菌)或沙堡琼脂培养基(真菌)培养18小时~24小时的新鲜培养物,吸取3.0mL~5.0mL胰蛋白胨生理盐水溶液(trypsyne saline, TPS)加入培养皿内,反复吹吸,洗下菌苔,将洗液移至另一无菌试管中,震荡均匀后测定菌悬液的OD₆₀₀吸光度值,用TPS将菌悬液稀释到浓度为 $1 \times 10^8 \sim 5 \times 10^8$ (细菌)或 $1 \times 10^7 \sim 5 \times 10^7$ (真菌)。

2.2.2. 黑曲霉分生孢子悬液的制备

取第3代麦芽浸膏肉汤培养基培养的新鲜培养物,接种于罗氏瓶,30℃培养42小时~48小时。生理盐水(含体积比0.05%的吐温80)清洗并于装有玻璃珠的三角瓶中轻轻振摇1分钟,滤过菌丝,该悬液在2℃~8℃储存不超过2天。

2.2.3. 中和剂鉴定

中和剂为1%亚硫酸钠+1%卵磷脂+7%吐温80的磷酸盐缓冲溶液,实验分组见表1。吸取表1中各组作用后的混合溶液1mL接种于平板,作活菌培养计数,若平板生长菌落数超过300个,用TPS适宜稀释后再进行活菌培养计数。

表1 中和剂鉴定分组。

分组	试剂	目的
1	中和剂+无菌水+菌悬液	观察中和剂是否抑菌
2	(复合消毒剂+中和剂)+菌悬液	观察中和产物对细菌的生长繁殖是否有影响
3	稀释液TPS+无菌水+菌悬液	菌数对照
4	稀释液TPS+无菌水+中和剂	阴性对照

$$\text{组间菌落数误差率} = \left[\frac{(\text{三组间菌落平均数} - \text{各组菌落平均数}) \text{的绝对值之和}}{\text{三组菌落平均数之和}} \right] \times 100\%。$$

第1、2和3组有相似量试验菌生长,其组间菌落数误差率应不超过15%,第4组无菌生长。

2.2.4. 悬液定量杀菌实验

用无菌硬水配制消毒剂,菌悬液与3%BSA按1:1混合作用5分钟,无菌试管内加入1.0mL上述混合液与4.0mL消毒剂(对照组为等量无菌硬水),迅速混匀并计时,作用至规定时间后,分别吸取0.5mL菌药混合液,加入含4.5mL中和剂的无菌试管内吹打均匀,作用10分钟后进行梯度稀释,接种于无菌培养皿,倒入培养基并摇匀,进行培养计数,并计算其杀灭对数值(killing log value, KL),各实验均重复3次[10]。

$$KL = \text{对照组平均活菌浓度的对数值}(N_0) - \text{实验组活菌浓度对数值}(N_x)$$

2.2.5. 温度、作用时间和有机物对复合消毒剂作用效果的影响

用含75mg/L OPA和30mg/L QAS的复合消毒剂对大肠杆菌作用不同时间(3分钟、5分钟、10分钟和20分钟)、不同温度(10℃、20℃、30℃和40℃)和不同有机物浓度(将大肠杆菌悬液与无菌小牛血清配制成含0%、5%、25%和50%小牛血清的菌悬液),计算其杀灭对数值,各组实验均重复3次。

2.2.6. 金属腐蚀性实验

将不锈钢、碳钢、铜和铝片，经打磨、洗净、干燥后称重，然后浸泡在消毒液中72小时后，取出金属片洗净，去腐蚀物，干燥后再次称重。观察与记录金属片颜色变化，每种金属取3次试验平均值并计算金属腐蚀速率，判断腐蚀级别[11]。

$$R = \frac{[8.76 \times 10^7 \times (m - m_t - m_k)]}{S \times t \times d}$$

式中m为实验前金属片重量（g）；m_t为实验后金属片重量(g);m_k为化学处理去除腐蚀产物样片失重值(g)；S为金属片的表面积总值（cm²）；t为实验时间（h）；d为金属材料密度（kg/m³）。分级标准为：R小于0.0100为基本无腐蚀(A);0.0100~0.100为轻度腐蚀(B);0.100~1.00为中度腐蚀(C)；大于1.00为重度腐蚀(D)。

2.2.7. 稳定性

配制浓度为7.5g/L OPA和3g/L QAS的复合消毒剂于54℃放置14天，分别测定0天和14天时消毒剂中有效成分含量，计算其下降率。

OPA含量的测定：取邻苯二甲醛复合消毒剂适量于碘量瓶，加入蒸馏水30mL、10%NaHSO₃ 1mL，静置反应15分钟后，加入50mL蒸馏水和2ml淀粉指示剂，用0.1mol/L碘标准溶液滴定，出现兰色止，不计算消耗碘溶液量。然后加入10mL 10%Na₂CO₃，立刻用0.05mol/L碘标准溶液滴定，出现兰色5s，记录消耗的碘溶液用量，计算OPA含量。
OPA 含量% = 0.05 × 0.067065 × V × 100% （V 为 0.05mol/L 碘溶液的用量 mL）。

QAS含量的测定：取液体样品适量体积，置250mL碘量瓶中。加蒸馏水50mL与氢氧化钠试液1mL，摇匀。再加溴酚蓝指示液0.4mL与氯仿10mL。用四苯硼钠滴定液滴

定，边滴边摇匀，待氯仿层的蓝色消失，记录四苯硼钠滴定液用量，同时做空白实验。计算公式为

$$\rho(g/L) = \frac{c \times V_{st} \times 0.3400}{V} \times 1000$$

式中c为四苯硼钠滴定液的浓度(mol/L)；V_{st}为四苯硼钠滴定液样品与空白体积差(mL)；V为碘量瓶中含QAS原液体积(mL)。

2.2.8. 集装箱表面自然菌消毒实验

抽取未经消毒处理以及清洗的标准集装箱空箱4个，取口岸常用消毒剂U和不同浓度的复合消毒剂，用喷雾器进行表面喷洒，作用时间10分钟，用标准无菌规格板（5cm×5cm）在箱内表面使用无菌棉拭子进行集装箱箱面的采样。采样前将无菌棉拭子在含有3mL无菌生理盐水试管中浸湿，挤干，对无菌规格板框定的消毒剂或无菌水喷洒过的物体表面涂抹采样，再将棉拭子放入含中和剂的无菌试管，震荡混匀10分钟后进行培养计数，并计算其杀灭率。

杀灭率 = $\frac{\text{对照组存活菌量} - \text{消毒剂处理组存活菌量}}{\text{对照组存活菌量}}$

3. 结果

3.1. 中和剂的鉴定

中和剂鉴定实验中，大肠杆菌菌落数的组间误差率为6.79%，白色念珠菌为4.93%，黑曲霉分生孢子为12.50%，均不超过15%，符合消毒规范要求[12]（表2）。由此可知，该中和剂可有效终止复合消毒剂对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念珠菌和黑曲霉分生孢子的杀灭的作用。

表2 中和剂的鉴定。

组别	试剂	大肠杆菌	白色念珠菌	黑曲霉分生孢子
		菌落数 (cfu/mL)	菌落数 (cfu/mL)	菌落数 (cfu/mL)
1	中和剂+无菌水+菌悬液	1442	1326	9.0×10 ⁴
2	（复合消毒剂+中和剂）+菌悬液	1260	1157	6.5×10 ⁴
3	稀释液TPS+无菌水+菌悬液	1507	1266	8.5×10 ⁴
4	稀释液TPS+无菌水+中和剂	0	0	0

3.2. 复合消毒剂杀菌效果的检测

3.2.1. 复合消毒剂对大肠杆菌的杀灭作用

在悬液定量杀菌实验中，改变消毒剂的组分会影响大肠杆菌的杀灭效果，当OPA和QAS浓度分别为300mg/L（图1A）和100mg/L（图1B）时，杀菌效果达到消毒规范要求[12]（KL>5）。在此基础上，将两种消毒剂进行不同浓度复配。当复合消毒剂为75mg/L OPA和30mg/L QAS（图1C）时，KL达到5.71，杀灭效果同300mg/L OPA和100mg/L QAS相当，故25%的OPA和30%的QAS复配即可达到单方消毒剂的杀菌效果，降低了消毒剂的使用浓度，两种消毒剂复合使用增强了其杀菌效果。

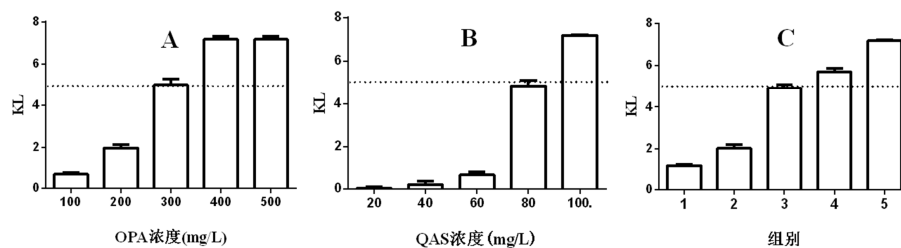


图1 不同消毒剂对大肠杆菌的杀灭作用。

注：图1C中组别1~5消毒剂浓度分别为：7.5mg/L OPA+5mg/L QAS；37.5mg/L OPA+15mg/L QAS；37.5mg/L OPA+25mg/L QAS；75mg/L OPA+30mg/L QAS；75mg/L OPA+50mg/L QAS；作用时间为10分钟。

3.2.2. 复合消毒剂对其它菌的杀灭作用

我们用复合消毒剂对金黄色葡萄球菌、白色念珠菌和黑曲霉分生孢子进行悬液定量杀菌实验，结果显示75mg/L OPA和30mg/L QAS复合使用，作用10分钟对金黄色葡萄球菌和白色念珠菌的杀灭效果即可满足消毒规范

要求[12]，KL分别达到5.10和4.22。3.75g/L OPA和1.50g/L QAS对黑曲霉分生孢子作用1小时，KL大于4。由上述结果可知复合消毒剂对革兰氏阴性菌、革兰氏阳性菌、真菌和黑曲霉分生孢子都具有较好的杀灭作用，复合消毒剂杀菌效果好，杀菌速度快。

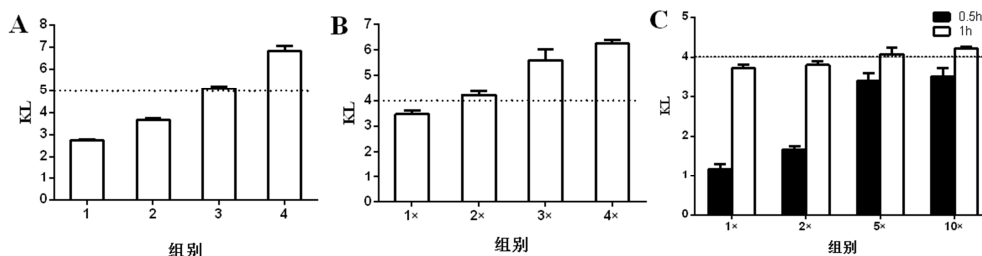


图2 复合消毒剂对金黄色葡萄球菌、白色念珠菌和黑曲霉分生孢子的杀灭作用。

注：图2A中组别1~4消毒剂浓度分别为：37.5mg/L OPA+15mg/L QAS；37.5mg/L OPA+25mg/L QAS；75mg/L OPA+30mg/L QAS；75mg/L OPA+50mg/L QAS；实验菌株为金黄色葡萄球菌。图2B中1×消毒剂浓度为：37.5mg/L OPA+15mg/L QAS；实验菌株为白色念珠菌。图2C中1×消毒剂浓度为：0.75g/L OPA+0.30g/L QAS；实验菌株为黑曲霉分生孢子。

3.3. 外界条件对复合消毒剂杀菌效果的影响

3.3.1. 有机物对复合消毒剂杀菌效果的影响

我们分别配制了含0%、5%、25%和50%有机物（小牛血清）的菌悬液进行杀菌实验，结果如图3所示。有机物对复合消毒剂杀菌效果有一定的干扰，小牛血清含量为0%时，KL为7.26；有机物含量为5%、25%和50%时，KL值分别为5.88、5.40和4.33，杀菌效果略有下降。当有机物含量为25%时，KL大于5，仍然能有效杀灭大肠杆菌。

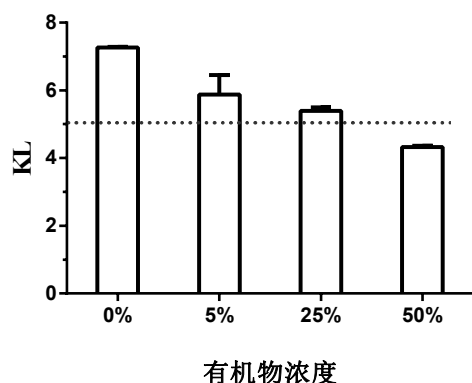


图3 有机物浓度对复合消毒剂杀菌效果的影响。

3.3.2. 温度对复合消毒剂杀菌效果的影响

在温度对复合消毒剂杀菌效果影响的实验中，随着温度的升高，复合消毒剂杀菌效果增强。消毒剂在10℃时杀菌能力最弱，作用10分钟时的KL为4.29左右。温度上升到30℃，KL为5.16，当温度上升为40℃时，KL达到6.29。故温度对复合消毒剂杀菌效果有一定的影响，温度越高杀菌效果越好。

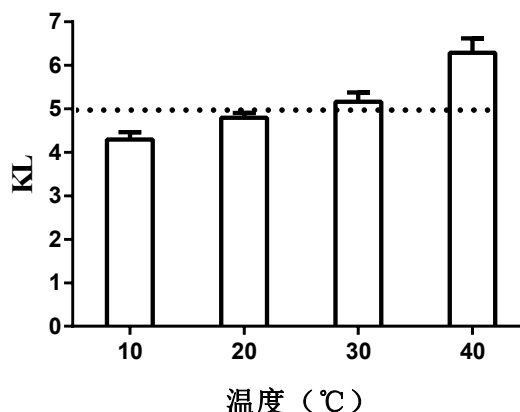


图4 温度对复合消毒剂杀菌效果的影响。

3.3.3. 时间对复合消毒剂杀菌效果的影响

我们使用含75mg/L OPA和30mg/L QAS的复合消毒剂，作用时间为3分钟~20分钟（图5）。复合消毒剂随着杀菌时间的延长，KL从5.14升高到6.90。复合消毒剂在3分钟时杀灭对数值就已大于5，杀菌作用快速，效果优异。

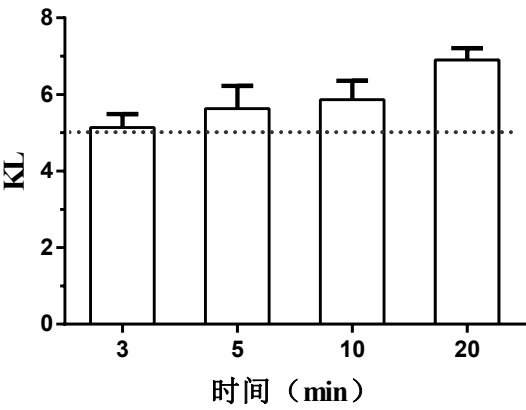


图5 作用时间对复合消毒剂杀菌效果的影响。

3.4. 复合消毒剂的应用

消毒剂处理集装箱空箱后，经活菌培养计数并计算消毒剂的杀灭率，结果如表3所示。由表可知，复合消毒剂对空箱表面的杀菌效果随浓度的升高而增强。10倍浓度下的杀菌率高于口岸常用消毒剂U。浓度为750mg/L OPA和

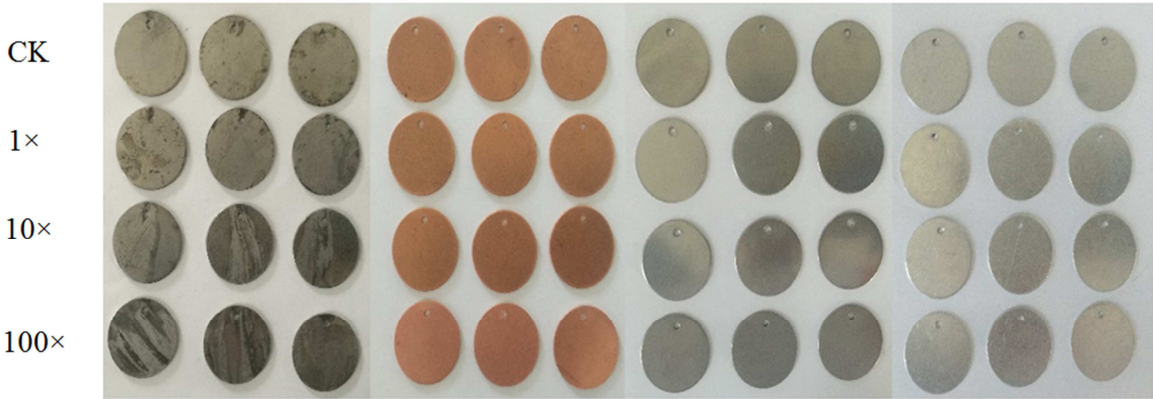
300mg/L QAS的复合消毒剂对空箱表面自然菌杀灭率即可达到79.3%。

表3 复合消毒剂对集装箱表面自然菌的杀灭率（%）。

组别	75mg/L OPA+30mg/L QAS (1×)			U
	1×	5×	10×	
左侧	26.9	52	82.3	73.1
后侧	65.0	76.8	84.6	85.5
右侧	53.1	60.0	70.7	64.1
平均值	48.3	62.9	79.3	74.3

3.5. 复合消毒剂的金属腐蚀性实验

碳钢片、铜片、不锈钢片和铝片在经过不同浓度的复合消毒剂浸泡72小时后外观变化如图6所示。经过复合消毒剂浸泡的铝片、铜片和不锈钢片表面没有明显的锈斑，铜片随浓度升高，颜色变浅，而经过浸泡的碳钢片表面部分被腐蚀。将金属片在浸泡前和浸泡后分别称重，计算出复合消毒剂对金属片的腐蚀速率（表3）。复合消毒剂浓度越高，对金属片的腐蚀性越大。通过比较4种经消毒剂浸泡过的金属片可以看出，金属片材质不同，消毒剂对其的腐蚀程度也不同。在高浓度复合消毒剂7.5g/L OPA和3.0g/L QAS处理后，铝片基本无腐蚀；高浓度复合消毒剂对碳钢、铜和不锈钢浸泡72小时后只有轻度腐蚀。



注：图6中金属分别为碳钢、铜、不锈钢和铝

图6 复合消毒剂处理后金属片外观变化。

表4 复合消毒剂金属腐蚀性检测。

金属类型	腐蚀速率R		
	1×	10×	100×
碳钢	0.0835±0.0045(B)	0.0907±0.0178(B)	0.0933±0.0692(B)
铜	0.0008±0.0003(A)	0.0015±0.0015(A)	0.0158±0.0044(B)
不锈钢	0.0297±0.0097(B)	0.0440±0.0186(B)	0.0589±0.0520(B)
铝	0.0014±0.0012(A)	0.0020±0.0035(A)	0.0061±0.0072(A)

注：1.A、B分别为基本无腐蚀，轻度腐蚀。2.将75mg/L OPA+30mg/L QAS定为1×浓度。

3.6. 复合消毒剂稳定性测定

测定在54℃条件下保存0天和14天后复合消毒剂中OPA和QAS的含量，结果如图4所示：放置14天后，OPA

含量下降11.84%，QAS含量下降了9.33%。复合消毒剂54℃放置14天稳定性良好，下降率均不超过15%。

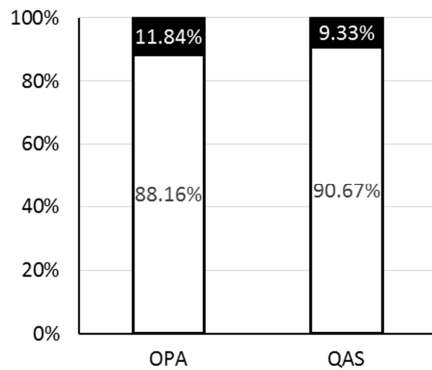


图7 复合消毒剂稳定性测定。

4. 讨论

季铵盐类消毒剂通过吸附于菌体表面，其疏水基团逐渐渗入细胞的类脂层，改变细胞壁和细胞膜的通透性，使胞内容物泄露，酶或蛋白质变性，从而导致菌体的死亡。季铵盐类消毒剂使用范围广，价格便宜，但属低效消毒剂，其作用范围有一定的局限性。研究证明，季铵盐类消毒剂对真菌、结核杆菌、亲水病毒和细菌芽孢作用效果差[13]。文献报道OPA主要作用于菌体细胞内的核糖体，且还可与甘氨酸、赖氨酸和组氨酸之间发生交联反应，使菌体细胞内多肽链或蛋白质变性，从而起到杀菌的作用[14]。OPA价格较为昂贵，将两种消毒剂进行复配，以增强复合消毒剂的杀菌效果降低使用成本。OPA和QAS复配使用与单方消毒剂相比，达到相同杀菌效果所需的浓度都更低。KL大于5时，单方消毒剂作用大肠杆菌的浓度为300mg/L OPA或100mg/L QAS，而复配使用OPA和QAS的浓度分别是单独使用时浓度的25%和30%，降低了消毒剂的使用浓度，增强了杀菌效果，降低了成本。同时降低OPA的用量也减轻了直接接触消毒剂时对人的刺激性和对皮肤的着色。复合消毒剂对真菌和黑曲霉分生孢子具有较好的杀灭效果，浓度和作用时间分别为75mg/L OPA+30mg/L QAS，作用10分钟和3.75g/L OPA+1.50g/L QAS，作用1小时，KL即可大于4，相较单方季铵盐类消毒剂对真菌和黑曲霉分生孢子的作用效果有了大幅度提升。消毒剂在使用过程中，当外界条件改变时，复合消毒剂的作用效果也会发生变化。本实验中杀菌时间越长，杀菌效果越好，可能是由于消毒剂与细菌接触的时间越长，进入细菌的消毒剂也会更多，因此杀菌的效果就越好。此外，当环境温度升高时，消毒剂的杀菌效果也越好，可能是升高温度可以增强季铵盐类消毒剂的作用效果[15]，或由于较高温度下，消毒剂对细菌的渗透能力较强导致。消毒现场通常会遇到各种有机干扰物，如分泌物、脓液、饲料残渣及粪便等，这些有机物可能会吸附消毒剂，其中的有机基团也有可能和消毒剂反应，从而影响消毒剂的杀菌效果[16]。本研究中50%的小牛血清使消毒剂的作用效果下降了40%，25%的小牛血清对杀菌效果有所抑制，但KL仍大于5，这与王长德[17]等的结果相一致。因此复合消毒剂不适用于有机物含量过高的环境，或可增加消毒剂的浓度来达到更

好消毒效果。在现场杀菌条件下，消毒效果受到多种因素的影响，如环境温度、湿度、光照、风力等，从而影响消毒效果[18-20]。在现场杀菌实验中，750mg/L OPA+300mg/L QAS对空箱的杀灭率即可达到79.3%，高于口岸常用消毒剂U。除了杀菌效果，复合消毒剂的稳定性和金属腐蚀性也是在研制、和应用中需要关注的问题。目前口岸广泛使用的消毒剂多为化学消毒剂，它具有杀菌范围广、速度快、易挥发和便捷等特点，但有些化学消毒剂金属腐蚀性强，从而限制了其使用。复合消毒剂的金属腐蚀性结果表明，在测试的3个浓度下，对铝基本无腐蚀；高浓度的复合消毒剂对碳钢、铜和不锈钢也只有轻度腐蚀，复合消毒剂腐蚀性小，即使杀灭大肠杆菌浓度的100倍，对4种金属的腐蚀性最高也只有轻度腐蚀，并且常用的集装箱为铝合金，在硬度和抗腐蚀性上均优于钢材，腐蚀性的结果表明该复合消毒剂对集装箱基本无腐蚀，可用于码头集装箱消毒。将复合消毒剂于54℃储存14天后OPA的含量下降了11.84%，QAS的含量下降了9.33%，两种主要成分下降率均不超过15%，稳定性良好。

5. 结论

我们将不同浓度的OPA和QAS复配进行悬液定量杀菌实验，结果显示有效杀灭大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和白色念珠菌的浓度为75mg/L OPA+30mg/L QAS，作用时间为10分钟。有效杀灭黑曲霉分生孢子的浓度为3.75g/L OPA+ 1.50g/L QAS，作用时间为1小时。复合消毒剂的杀菌效果随着时间的延长、温度的升高而升高，随着有机物含量的升高而下降。用不同浓度的复合消毒剂对4种不同金属进行金属腐蚀性实验，发现复合消毒剂对金属腐蚀性低，在稳定性实验中复合消毒剂稳定性良好。

致谢

本文为国家科技支撑计划（2013BAD12B06）；国家重点研究发展项目（2016YFD0501101）的阶段性成果之一。

参考文献

- [1] Russell AD. Introduction of biocides into clinical practice and the impact on antibiotic - resistant bacteria [J]. Journal of Applied Microbiology 2002; 92(31): 121S-135S.
- [2] Martínezcamacho AP, Cortezrocha MO, Ezquerrabauer JM, et al. Chitosan composite films: thermal, structural, mechanical and antifungal properties [J]. Carbohydrate Polymers 2010; 82: 305-15.
- [3] Rutala WA, Weber DJ. New disinfection and sterilization methods [J]. Emerging Infectious Diseases 2001;7:348.
- [4] 常文军, 蔡全才, 徐荷等. 邻苯二甲醛消毒剂研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2004;21:67-9.

- [5] 李崇珍. 内窥镜灭菌技术进展[J]. 护理研究, 2004;18:1799-801。
- [6] 韩菲. 复方邻苯二甲醛纳米乳的研制[D]: 西北农林科技大学; 2009。
- [7] 梁克中. 水处理剂简介[J]. 山东化工, 2004;37-9。
- [8] 汪坤, 海洪, 金文英等. 微波辅助提取蚕沙中叶绿素的工艺研究[J]. 食品科学, 2009;30:76-9。
- [9] 薛文青. 季铵盐类阳离子表面活性消毒剂研究进展[J]. 中华医院感染学杂志, 2002,12(8):79-81。
- [10] Lin W, Xiao G, Jing C, *et al.* Bactericidal mechanism of glutaraldehyde-didecyldimethylammonium bromide as a disinfectant against *Escherichia coli* [J]. Journal of Applied Microbiology 2017;122:676-85.
- [11] 李小林, 关潇, 林文淑等. 新型戊二醛-癸甲溴铵复合消毒剂的杀菌效果及其影响因素的研究[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2017(4):283-289。
- [12] 卫生部卫生法制与监督司. 消毒技术规范[S]. 北京: 卫生部, 2008:135-137。
- [13] 梁建生. 季铵盐类消毒剂及其应用[J]. 中国消毒学杂志, 2012, 29(2):129-131。
- [14] Namba Y, Suzuki A, Takeshima N, *et al.* Comparative study of bactericidal activities of six different disinfectants [J]. Nagoya Journal of Medical Science, 1985, 47(3-4):101.
- [15] 沈伟, 孙玉卿, 谢星辉等. 戊二醛增效剂探索[J]. 现代预防医学, 1997:262-4。
- [16] 房军, 姚楚水. 戊二醛消毒液杀菌效果及其影响因素的实验研究[J]. 中国消毒学杂志, 2007;24:321-4。
- [17] 王长德, 张文福, 芦懿等. 邻苯二甲醛杀菌效果影响因素的研究[J]. 中国消毒学杂志, 2004;21:182-5。
- [18] Bolton N F, Cromar N J, Hallsworth P, *et al.* A review of the factors affecting sunlight inactivation of micro-organisms in waste stabilisation ponds: preliminary results for enterococci [J]. Water Science & Technology A Journal of the International Association on Water Pollution Research, 2010, 61(4):885-90.
- [19] Kollu K, Ormeci B. Effect of particles and bioflocculation on ultraviolet disinfection of *Escherichia coli* [J]. Water Research, 2012, 46(3):750-60.
- [20] Nicholas R, Dunton P, Tatham A, *et al.* The effect of ozone and open air factor on surface-attached and biofilm environmental *Listeria monocytogenes* [J]. Journal of Applied Microbiology, 2013, 115(2):555-64.