

# 高良姜提取物抑菌活性及稳定性研究

## Study on stability and antibacterial activity of galangal extracts

李钟美<sup>1,2,3</sup> 黄和<sup>1,2,3</sup>

LI Zhong-mei<sup>1,2,3</sup> HUANG He<sup>1,2,3</sup>

(1. 广东海洋大学食品科技学院, 广东 湛江 524088; 2. 广东省水产品加工与安全重点实验室, 广东 湛江 524088; 3. 水产品深加工广东普通高等学校重点实验室, 广东 湛江 524088)

(1. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Aquatic Product Processing and Safety, Zhanjiang, Guangdong 524088, China; 3. Key Laboratory of Advanced Processing of Aquatic Products of Guangdong Higher Education Institution, Zhanjiang, Guangdong 524088, China)

**摘要:**采用牛津杯法与二倍梯度稀释法对高良姜提取液抑菌广谱性、最小抑菌浓度(MIC)、最小杀菌浓度(MBC)进行研究,同时与食品常用的防腐剂山梨酸钾、苯甲酸钠的最小抑菌浓度进行比较,并考查高良姜提取液的稳定性。结果表明,提取物对 8 种菌的抑菌活性依次为:金黄色葡萄球菌>蜡样芽孢杆菌>副溶血性弧菌>苏云金芽孢杆菌>枯草芽孢杆菌>沙门氏菌>希瓦氏菌>大肠杆菌。对蜡样芽孢杆菌的 MIC 为 0.012 5 mg/mL,对金黄色葡萄球菌的 MIC 为 0.098 mg/mL,对大肠杆菌的 MIC 为 1.56 mg/mL,山梨酸钾 MIC 为 2.5 mg/mL,苯甲酸钠 MIC 为 25.0 mg/mL。在一定范围内高良姜提取液对 pH、盐浓度、糖浓度稳定,对温度、紫外光照不稳定。高良姜提取物具有广泛的抑菌谱,抑菌效果强于山梨酸钾、苯甲酸钠,有望成为新一代绿色防腐剂。

**关键词:**高良姜;抑菌物质;最小抑菌浓度;稳定性

**Abstract:** The broad-spectrum antimicrobial, extract minimum inhibitory concentration (MIC), bactericidal concentration (MBC) of the galangal extract were studied by Oxford cup method and double dilution method. This paper compared the minimum inhibitory concentration of the galangal extract with common food preservative sodium potassium sorbate's, benzoic's, meanwhile, the stability of galangal extract was studied through effects of light, temperature, pH, salt, sugar concentration. The results indicated that: the order of extracts antibacterial activity was as *Staphylococcus aureus* > *Bacillus cereus* > *parahaemolyticus* > *Bacillus thuringiensis* > *B. Subtilis* > *Salmonella* > *Shewanella* > *E. coli*. The *Bacillus cereus* MIC was

0.012 5 mg/mL, *Staphylococcus aureus* MIC was 0.098 mg/mL, *E. coli* MIC was 1.56 mg/mL, *potassium sorbate* MIC was 2.5 mg/mL, *sodium benzoate* MIC was 25 mg/mL. The test on stability studies of galangal extract has strong stability on pH, salt, sugar and temperature, while is unstable on UV light. Galangal extract has a wide range of antibacterial spectrum antibacterial. The antibacterial activity of galangal extract is stronger than potassium sorbate, sodium benzoate which is expected to become a new generation of green preservative.

**Keywords:** galangal; antibacterial substances; minimum inhibitory concentration; stability

高良姜(*Alpinia officinarum* Hance)为姜科(zingiberaceae)植物,属于药食同源的多年生草本作物。干燥的高良姜根茎,具有温胃止呕、散寒止痛之功效,适用于脘腹冷痛、胃寒呕吐、暖气吞酸等症<sup>[1]</sup>。现代药理学表明:高良姜具有抗菌、抗病毒、抗肿瘤、抗氧化、抗胃肠道出血、抗胃溃疡和保护胃粘膜<sup>[2]</sup>、抗肝癌<sup>[3]</sup>、抗 HIV<sup>[4]</sup>等作用。现在细菌的耐药性,食品化学添加剂的滥用等日趋严重,而高良姜作为一味药食同源的天然植物,具有多种生理活性且不引起抗药性,是研究开发新抗菌药物、新的绿色添加剂的理想资源,有望成为新一代的抗生素与食品添加剂<sup>[5]</sup>。王兰等<sup>[6]</sup>研究高良姜的防霉效果,发现其对拟青霉、黑曲霉抑菌率在 50% 以上。谢小梅等<sup>[7]</sup>测定了高良姜挥发油对 6 种霉菌(黄曲霉、黑曲霉、桔青霉、黑根霉、产黄青霉、黄绿青霉)的最低抑菌浓度(MIC)和最低杀菌浓度(MBC),发现高良姜是一种高效、安全、价廉的天然防霉药剂。Jirawan Oonmetta-aree 等<sup>[8]</sup>研究了高良姜提取物对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度。Kiranmayee Rao Bhuvanewari Ch 等<sup>[9]</sup>研究了高良姜提取物对金黄色葡萄球菌最小抑菌浓度范围与最小杀菌浓度范围。但尚未见有关高良姜提取物抑菌广谱性与稳定性的相关研究。

**基金项目:**广东省科技计划项目(编号:[2012]145号)

**作者简介:**李钟美,女,广东海洋大学在读硕士研究生。

**通讯作者:**黄和(1962-),男,广东海洋大学教授。

E-mail: zjhahe@163.com

**收稿日期:**2015-12-01

本研究拟对高良姜提取物的抑菌谱、抑菌稳定性进行研究,并与常见的防腐剂山梨酸钾、苯甲酸钠进行比较,同时考查 pH、盐浓度、糖浓度、温度、紫外光照等条件对提取物抑菌稳定性的影响,旨在为进一步扩大其应用范围提供理论依据及技术指导。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

高良姜:购于湛江徐闻;

无水乙醇、苯甲酸钠、氢氧化钠:AR级,广东光华科技股份有限公司;

山梨酸钾:CR级,国药集团化学试剂有限公司;

氯化钠:AR级,成都市新都区木兰镇工业开发区;

盐酸:AR级,衡阳市凯信化工试剂有限公司;

琼脂粉:BR级,北京奥博星生物技术有限责任公司;

蔗糖:食品级,郑州康源化工产品有限公司;

LB肉汤培养基、7.5%的 NaCl 肉汤培养基、NA培养基(BR):北京陆桥技术有限责任公司;

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, G<sup>+</sup>)、乙型副伤寒沙门氏菌(*Beta paratyphoid Salmonella*, G<sup>-</sup>)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*, G<sup>+</sup>)、蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*, G<sup>+</sup>)、苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*, G<sup>+</sup>)、大肠杆菌(*Escherichia coli*, G<sup>-</sup>)、副溶血性弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*, G<sup>-</sup>)、腐败希瓦氏菌(*Hawanelle putrefacens*, G<sup>-</sup>)8种供试菌:广东海洋大学食品科技学院食品加工与安全重点微生物实验室提供。

#### 1.1.2 主要仪器

生化培养箱:SPX-250-Z型,上海博讯实业有限公司;

高速冷冻离心机:SiGMA 3-18K型,北京博利仪器有限公司;

净化工作台:SW-CJ-2D型,上海博讯实业有限公司;

立式压力蒸汽灭菌锅:LS-B50L型,上海华线医用核子仪器有限公司;

可见分光光度计:722s型,上海仪电分析仪器有限公司;

冷冻干燥机:FD8508型,韩国 ilSHinBioBase Co. Ltd 公司;

家用微波炉:EG720EAU-SS9(X)型,广东美的微波电器制造有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 材料预处理

高良姜→清洗→烘干(55℃,48h)→粉碎→过筛(50目)→冰箱(4℃保存)

1.2.2 提取方法 称取高良姜粉5g,料液比1:20(m:V),乙醇浓度75%,在水浴温度40℃下,先浸提4h后,采用微波辅助提取(提取功率300W,提取时间25s,提取次数2次<sup>[10]</sup>)制备高良姜的提取物。

#### 1.2.3 广谱性试验

(1) 抑菌的广谱性:根据文献<sup>[11]</sup>修改如下:将提取物

用90%的乙醇溶解成浓度为0.1g/mL的抑菌液,采用牛津杯法,进行抑菌活性测定,抑菌圈用游标卡尺,十字交叉的方法来量取。测定提取物对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、肠炎沙门氏菌、蜡样芽孢杆菌、副溶血性弧菌、苏云金芽孢杆菌、腐败希瓦氏菌8种微生物的抑菌活性,评价高良姜提取物对不同菌种的抑制效果。

(2) 最小抑菌浓度(MIC)的测定:将提取物冷冻干燥,准确称量1g,用90%的乙醇溶液10mL,将提取物配成100mg/mL的原液,用试管二倍递减稀释法<sup>[12]</sup>将各提取物原液稀释成50,25,12.5,6.25,3.12,1.56,0.78,0.39,0.195,0.098,0.049,0.025,0.0125mg/mL的样品液,以金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌为指试菌,进行MIC测定。

在各无菌培养皿内分别加入1mL上述配制好的14个浓度的高良姜抑菌液,然后在每个平板中倒入9mL的NA培养基,混匀,如此高良姜的抑菌液的浓度就依次缩小至1/10。待培养基凝固后,取0.1mL菌液浓度达到10<sup>6</sup>~10<sup>7</sup>CFU/mL的菌悬液于培养基上,用无菌涂布棒涂布均匀,每个浓度做3个平行,以90%乙醇与不加高良姜抑菌液做空白试验,苯甲酸钠、山梨酸钾做对照试验。将各平板于37℃下培养一段时间后观察结果,以完全不长菌的最低稀释浓度为高良姜提取物MIC。

(3) 最小杀菌浓度(MBC)的测定:参照文献<sup>[13]</sup>的方法。在MIC测定的基础上继续培养24h,观察试验结果,以杀死细菌的最小提取物浓度为MBC。

#### 1.2.4 稳定性试验

(1) 紫外光照对高良姜提取物抑菌活性的影响:将提取物用90%的无水乙醇溶解成浓度约100mg/mL的溶液,将其置于的紫外灯下,波长设置为280nm,分别照射0,10,20,30,40,60min,以金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌为指示菌,不经过紫外光照射的作为空白对照。90%的乙醇为阴性对照。采用牛津杯法测定处理前后提取物的抑菌活性,试验重复3次。

(2) 温度对高良姜提取物抑菌活性的影响:将提取物用90%的无水乙醇溶解成浓度约100mg/mL的溶液,将其置于20(常温),40,60,80,100,121℃的条件下各处理30min,以常温下放置的作为空白对照,90%的无水乙醇作为阴性对照,采用牛津杯法测定处理前后提取物的抑菌活性,试验重复3次。

(3) pH对高良姜提取物抑菌的影响:将提取物用90%的无水乙醇溶解成浓度约100mg/mL的溶液,用0.1mol/mL HCl、0.1mol/mL NaOH分别将其调成pH为2,4,6,8,10,12溶液,常温放置12h,以不调pH的溶液为空白对照,采用牛津杯法测定处理前后提取物的抑菌活性试验重复3次。

(4) 盐浓度对高良姜提取物抑菌的影响:分别配制浓度为1%,3%,5%,7%,9%,11%的NaCl溶液,分别取盐溶液若干溶解高良姜冷冻提取物干样,使其成为浓度为100mg/mL的溶液。以不加NaCl溶液为空白对照。采用牛津杯法测定处理前后提取物的抑菌活性,试验重复3次。

(5) 糖浓度对高良姜提取物抑菌的影响:分别配制浓度为 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% 的蔗糖溶液, 取蔗糖溶液若干溶解高良姜冷冻提取物干样, 使其成为浓度为 100 mg/mL 的溶液。以不加蔗糖溶液为空白对照。采用牛津杯法测定处理前后提取物的抑菌活性, 试验重复 3 次。

1.2.5 数据分析 采用软件 JMP7.0 对数据进行分析, 作图采用软件 origin 8.5。

## 2 结果与分析

### 2.1 抑菌广谱性

由表 1 可知:高良姜提取物具有一定的抑菌活性, 具有相对广泛的抑菌谱。试验浓度在 0.78~1.56 mg/mL 时, 对蜡样芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、希瓦氏菌有一定的抑制活性; 低于 1.56 mg/mL 时, 对大肠杆菌没有抑制活性; 低于 0.78 mg/mL 时, 对枯草芽孢杆菌、副溶血性弧菌、苏云金芽孢杆菌、大肠杆菌没有观察到明显的抑菌圈; 空白对照组皆无抑菌圈。从任何一株单一的菌株来看, 抑菌活性和浓度之间存在一定的正相关性, 提取物浓度越高, 抑菌圈直径越大。这说明高良姜提取物的抑菌活性与浓度间存在剂量关系, 在一定的浓度范围内, 浓度越高, 抑菌活性越强。

表 1 高良姜抑菌活性定性试验结果<sup>†</sup>

Table 1 Galangal antibacterial activity qualitative results

菌种	抑菌圈直径		
	3.12 mg/mL	1.56 mg/mL	0.78 mg/mL
蜡样芽孢杆菌	16.34±0.60 <sup>c</sup>	13.82±0.03 <sup>de</sup>	10.58±0.14 <sup>k</sup>
金黄色葡萄球菌	25.30±0.38 <sup>a</sup>	20.74±0.58 <sup>b</sup>	12.84±0.60 <sup>fg</sup>
枯草芽孢杆菌	14.52±0.14 <sup>d</sup>	12.10±0.62 <sup>hij</sup>	—
副溶血性弧菌	15.76±0.34 <sup>c</sup>	13.54±0.24 <sup>ef</sup>	—
沙门氏菌	13.64±0.28 <sup>e</sup>	12.46±0.16 <sup>gh</sup>	11.65±0.58 <sup>hij</sup>
苏云金芽孢杆菌	15.70±0.014 <sup>c</sup>	13.30±0.41 <sup>ef</sup>	—
希瓦氏菌	13.44±0.14 <sup>ef</sup>	12.38±0.24 <sup>ghi</sup>	11.48±0.08 <sup>ghi</sup>
大肠杆菌	12.44±0.014 <sup>j</sup>	—	—

<sup>†</sup> “—”表示没有观察到抑菌圈; 不同字母表示存在显著性差异 ( $\alpha=0.05$ )。

### 2.2 高良姜提取物与常用防腐剂最小抑菌浓度 (MIC) 的比较

分别测定了高良姜提取物、苯甲酸钠、山梨酸钾对不同菌的最小抑菌浓度见表 2、3。

表 2 高良姜提取物抑菌试验结果<sup>†</sup>

Table 2 Galangal extract qualitative results antibacterial activity

菌种	高良姜提取物/(mg·mL <sup>-1</sup> )							
	1.560	0.780	0.390	0.190	0.098 0	0.049 0	0.025 0	0.012 5
蜡样芽孢杆菌	—	—	—	—	—	—	—	+
金黄色葡萄球菌	—	—	—	—	—	+	++	++
枯草芽孢杆菌	—	—	—	—	+	++	++	++
副溶血性弧菌	—	—	—	—	+	+	++	++
沙门氏菌	—	—	—	—	—	+	++	++
苏云金芽孢杆菌	—	—	—	—	—	+	++	++
希瓦氏菌	—	—	—	—	—	+	++	++
大肠杆菌	—	—	—	+	++	++	++	++

<sup>†</sup> “—”代表不长菌, “+”代表菌量生长较少, “++”代表菌量生长很多。

表 3 高良姜提取物、苯甲酸钠、山梨酸钾的最小抑菌浓度 (MIC) 与最小杀菌浓度 (MBC) 结果

Table 3 The MIC and MBC of results of Galangal extract, Sodium benzoate, Potassium sorbate

菌种	高良姜提取物		苯甲酸钠		山梨酸钾	
	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
蜡样芽孢杆菌	0.012 5	0.025	25	100	2.5	2.5
金黄色葡萄球菌	0.098 0	0.39	25	50	2.5	2.5
枯草芽孢杆菌	0.098 0	0.19	25	50	2.5	10.0
副溶血性弧菌	0.098 0	0.19	50	100	5.0	10.0
沙门氏菌	0.390	1.56	50	100	2.5	2.5
苏云金芽孢杆菌	0.098 0	0.39	25	50	2.5	5.0
希瓦氏菌	0.390	1.56	25	25	2.5	5.0
大肠杆菌	1.560	3.25	50	100	10.0	10.0

由表3可知,高良姜提取物对8种常见的细菌都有很好的抑菌活性且G<sup>+</sup>的抑菌活性大于G<sup>-</sup>。高良姜提取物对蜡样芽孢杆菌最敏感,最小抑菌浓度为0.0125 mg/mL;最弱的是大肠杆菌,最小抑菌浓度为1.560 mg/mL。苯甲酸钠对希瓦氏菌最为敏感,最小抑菌浓度与杀菌浓度均为25 mg/mL;山梨酸钾对金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌、沙门氏菌最为敏感,最小抑菌浓度与杀菌浓度均为2.5 mg/mL;高良姜的提取物的抑菌活性>山梨酸钾>苯甲酸钠。由此可知:高良姜提取物的抑菌活性约是苯甲酸钠的2000倍,山梨酸钾的200倍。高良姜提取物具有成为绿色新型天然活性防腐剂的潜力。

### 2.3 紫外光照对高良姜提取物抑菌的影响

紫外光照对高良姜提取物抑菌活性的影响见图1。由图1可知,对于金黄色葡萄球菌来说,在0~20 min时抑菌圈直径先增大而后减少,20~50 min时抑菌圈直径逐渐增大,50~60 min时抑菌圈直径又减少,但都大于未经紫外光照的抑菌活性(18.24 mm)。对于蜡样芽孢杆菌来说,在0~20 min时抑菌圈直径先增大而后减少,20~30 min时抑菌圈直径急剧增大,30~60 min时抑菌圈直径又减少;60 min时,其抑菌圈直径为18.32 mm,与未经紫外光照射时间的提取物活性几乎相同。综上所述:在一定的紫外光照时间范围内,高良姜提取物的活性增加,说明其中可能含有某些物质(如酚类)见光易分解。

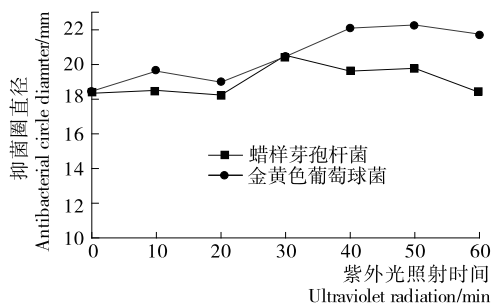


图1 紫外光照对高良姜提取物抑菌活性的影响  
Figure 1 The effect of ultraviolet radiation on extraction's antimicrobial activity

### 2.4 温度对高良姜提取物抑菌的影响

温度对高良姜提取物抑菌活性的影响见图2。由图2可知:金黄色葡萄球菌在20~40℃时抑菌活性骤升,但40~

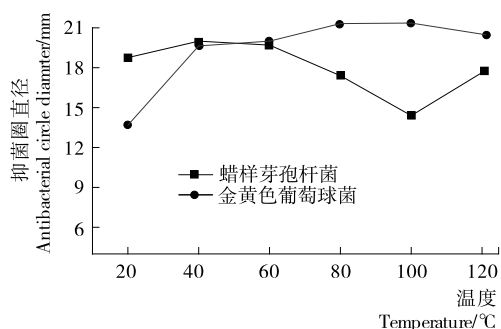


图2 温度对高良姜提取物抑菌活性的影响  
Figure 2 The effect of temperature on extraction's antimicrobial activity

121℃时几乎保持不变,说明在20~40℃,活性物质被激活;对于蜡样芽孢杆菌,在20~60℃时抑菌活性几乎保持不变,60~100℃时抑菌活性逐渐下降,但当温度到121℃时,抑菌活性与最初20℃空白对照的活性几乎一致,说明温度对提取物确实有影响,但在一定范围内可以促进其抑菌活性,也可以考虑其作为热加工过程中的防腐剂。

### 2.5 pH对高良姜提取物抑菌的影响

pH对高良姜提取物抑菌活性的影响见图3。由图3可知,pH为1~8时,不论是金黄色葡萄球菌还是蜡样芽孢杆菌,抑菌圈直径几乎不变,抑菌活性保持不变。pH为8~12时,抑菌活性先增大后减小。尤其是当pH=10时,抑菌活性达到了最大,金黄色葡萄球菌抑菌圈直径为23.88 mm、蜡样芽孢杆菌为27.44 mm。原因可能是提取物为酸性物质,在碱性环境中,其结构可能已被破坏,从而导致抑菌活性的减弱。因此,在做防腐剂时,酸性的环境有助于促进其抑菌活性。

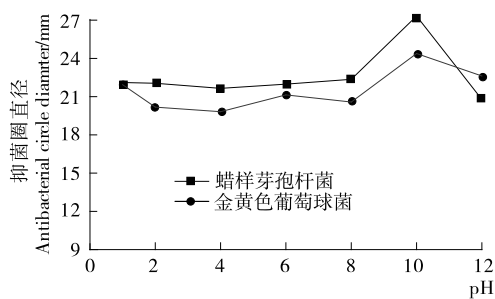


图3 pH对高良姜提取物抑菌活性的影响  
Figure 3 The effect of pH on extraction's antimicrobial activity

### 2.6 糖浓度对高良姜提取物抑菌的影响

糖浓度对高良姜提取物抑菌活性的影响见图4。由图4可知,对于蜡样芽孢杆菌来说,糖浓度在0~10%时高良姜提取物的抑菌活性几乎不变,10%~20%时抑菌活性骤升,20%~60%时变化不大。说明抑菌活性的增加不是由糖浓度的增加而引起的,但都较未加糖的抑菌活性高。对于金黄色葡萄球菌来说,0~10%时抑菌活性略微增大,10%~45%时几乎不变,45%~60%时略微下降。由此可以得出,高良姜提取物作为防腐剂时,10%的糖浓度是最佳的。

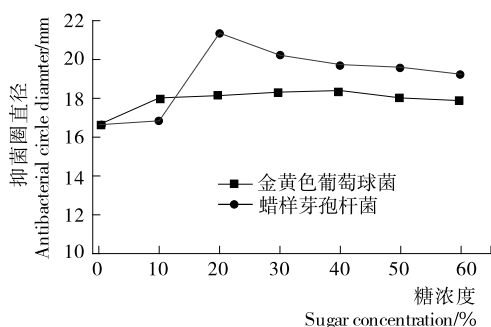


图4 糖浓度对高良姜提取物抑菌活性的影响  
Figure 4 The effect of sugar solution on extraction's antimicrobial activity

## 2.7 盐浓度对高良姜提取物抑菌的影响

盐浓度对高良姜中抑菌活性的影响见图 5。由图 5 可知:对于金黄色葡萄球菌来说,盐浓度为 0~1% 时抑菌活性下降,1%~5% 时抑菌活性上升,5%~11% 时抑菌活性又下降;5% 盐浓度的抑菌活性最大。对于蜡样芽孢杆菌来说,盐浓度为 0~3% 时抑菌活性几乎不变,3%~5% 时抑菌活性突然上升,5%~11% 时抑菌活性下降。在试验范围内,对照组没有观察到明显的抑菌圈。盐浓度为 5%~11% 时抑菌活性减弱,说明抑菌活性不是由渗透压引起的,可能与提取物里物质的结构有关系。由此可知,当高良姜的提取物作为防腐剂时,5% 的盐浓度是最好的。

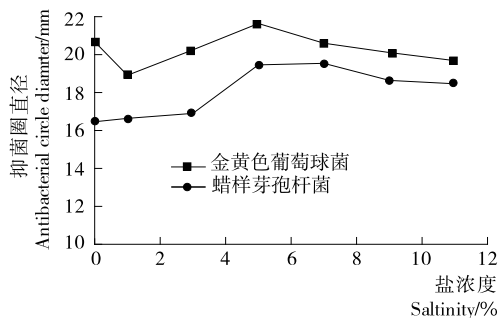


图 5 盐浓度对高良姜提取物抑菌活性的影响

Figure 5 The effects of salt concentration on the activity of antibacterial substances

## 3 结论

文章重点研究了高良姜提取物对常见的病原菌、水产腐败菌的抑菌活性。本研究试验结果:高良姜提取液对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度为 0.098 mg/mL,最小杀菌浓度为 0.190 mg/mL,与 Kiranmayee Rao Bhuvanewari Ch 等<sup>[9]</sup>得出的金黄色葡萄球菌最小抑菌浓度为 0.04~1.28 mg/mL,最小杀菌浓度为 0.08~2.56 mg/mL 相一致,优于 Jirawan Oonmetta-aree 等<sup>[8]</sup>用高良姜的提取液对金黄色葡萄球菌测定的最小抑菌浓度为 0.325 mg/mL,最小杀菌浓度为 1.300 mg/mL。主要原因在于提取方法的不同(文献<sup>[8]</sup>采用索氏抽提与直接抽提法)。可以推测微波辅助提取对抑菌物质的提取有明显的优势,也将成为提取中草药活性成分的一种有效手段。高良姜提取液是一种较好的天然广谱抑菌物质,可以作为一种绿色天然防腐剂。紫外光照射时间、温度、pH、糖浓度、盐浓度 5 种因素对高良姜提取物的稳定性有一定的影响,紫外光照射时间、温度在一定的范围内,都有助于促进其抑菌活性。但本试验只是考察了 5 种常见物理因素对其稳定性的影响,不够全面,下一步将对提取因素、化学因素、提取物物质主要成分及结构等的影响作全面的分析。

### 参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:236.  
[2] 李洪福,李永辉,王勇,等. 高良姜化学成分及药理活性的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(4):236-244.

[3] Rie Kato, Isao Matsui-Yuasa, Hideki Azuma. The synergistic effect of 1-acetoxychavicol acetate and sodium butyrate on the death of human hepatocellular carcinoma cells[J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2014(212): 1-10.  
[4] 黄慧珍,杨丹. 高良姜的化学成分及药理活性研究进展[J]. 广东化工,2009,36(1):77-80.  
[5] 赖毅东. 具有抑菌活性成分中草药的筛选及防腐保鲜应用机理的研究[D]. 广州:华南理工大学,2003:1-3.  
[6] 王兰,张玉娟,张芳红,等. 黄柏苦参陈皮高良姜等中药材的体外防霉活性的研究[J]. 中国卫生检验杂志,2010,20(8):1942-1943.  
[7] 谢小梅,龙凯,钟裔荣,等. 高良姜、草果防霉作用的实验研究[J]. 药物研究,2002,11(5):45-46.  
[8] Jirawan Oonmetta-aree, Tomoko Suzuki. Antimicrobial properties and action of galangal on *Staphylococcus aureus*[J]. *Elsevier*, 2005,15(6):1214-1220.  
[9] Kiranmayee Rao Bhuvanewari Ch, Lakashmi M Narasu Archana Giri. Antibacterial activity of *Alpinia galanga*(L) wild crude extracts[J]. *Appl Biochem Biotechnol*, 2010(162):871-884.  
[10] 曹增梅,黄和. 超声波辅助番石榴中多酚类物质的提取[J]. 食品与机械,2012,28(5):123-126.  
[11] 彭美芳. 草果抑菌活性作用机制与分离纯化的研究[D]. 海南:海南大学,2014:17-20.  
[12] 刘昭明,田玉红,黄翠姬,等. 迷迭香挥发油成分及抑菌活性研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(2):654-656.  
[13] 温旺荣,戴庚孙,王德春. 常用消毒剂对念珠菌最小杀菌浓度的测定[J]. 中国消毒学杂志,1994,11(2):85-87.

(上接第 27 页)

[11] Pearce K N, Kubsekka J E. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique[J]. *Agriculture Food Chemistry*, 1978,26(3):716-723.  
[12] Pedroche J, Yust M M, Lqari H, et al. Brassica carinata protein isolates: chemical composition, protein characterization and improvement of functional properties by protein hydrolysis[J]. *Food Chemistry*, 2004,88(3):337-346.  
[13] 邢小鹏,吴高峻,孙华. 大豆分离蛋白的功能特性[J]. 食品工业科技,2000,21(4):74-76.  
[14] 李迎秋,陈正行. 高压脉冲电场对大豆分离蛋白功能性质的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(8):194-198.  
[15] 冯屏,徐玉佩. 功能性大豆蛋白及其应用[J]. 中国油脂,2011,26(6):70-74.  
[16] 莫耿,黄行健,段雅庆,等. 辐照对大豆分离蛋白功能性质影响[J]. 食品科学,2011,32(1):52-55.  
[17] 江连洲. 植物蛋白工艺学[M]. 北京:科学出版社,2011:83.  
[18] 李鹏,杨伟强. 酶法改性对花生浓缩蛋白吸油性能的影响[J]. 粮油食品科技,2011,19(5):22-25.  
[19] Wagner J R. Thermal and electrophoretic behavior, hydrophobicity, and some functional properties of acid treated soy protein isolates[J]. *Agriculture Food Chemistry*, 1996,44(7):1881-1889.  
[20] Garcia M C, Torre M, Marina M L, et al. Composition and characterization of soybean and related products[J]. *Food Science and Nutrition*, 1997,37(4):361-391.