

南五味子抑菌物质的优化提取及抑菌活性研究

吴少辉, 叶伟娟, 黄雪莲, 于新*

(仲恺农业工程学院 轻工食品学院, 广东 广州 510225)

摘要: 在单因素实验的基础上,应用响应面分析法优化南五味子抑菌物质的提取条件,并测定此提取条件下南五味子提取物的抑菌活性。结果表明,优化提取条件为:质量分数 50% 的乙醇水溶液, pH 6.76, 液料体积质量比 18 mL : 1 g, 于 75 °C 提取 3.9 h。在此条件下南五味子提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌圈达 27.5 mm, 与预测值(27.68 mm)接近(CI>95%)。提取物对枯草芽孢杆菌、乙型副伤寒沙门氏菌等细菌具有显著的抑菌作用, 抑菌圈均≥20mm, 但对芒果炭疽菌、黑曲霉等没有抑菌活性, 对各种食品腐败细菌的最小抑菌浓度(MIC)为 3.125~25 mg/mL。

关键词: 南五味子; 响应面分析; 提取物; 抑菌活性

中图分类号: S 567.9 文献标志码: A 文章编号: 1673-1689(2012)07-0719-08

Optimum Extraction of Bioactivity Substances and Its Activity Against Bacteria and Fungous from *Kadsura longipedunculata*

WU Shao-hui, YE Wei-juan, HUANG Xue-lian, YU Xin*

(College of Light Industry and Food Science, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: The objective of this study is to investigate the optimization of extraction conditions of antibacterial substance from *Kadsura longipedunculata* and antimicrobial activity. Spoilage bacteria and funguses were used as the tested strains. According to the single-factor experiments, four levels of the factors were selected for the central composite design and response surface methodology was employed to optimize the extraction conditions of from *K. longipedunculata*. And the antimicrobial activity of *K. longipedunculata* extract was investigated. The optimum extraction conditions were as follows: concentration ethanol of 50%, extraction pH of 6.76, liquid-to-solid ratio of 18 : 1(mL/g), temperature of 75 °C and time of 3.9 h. The diameter of inhibition zone of extracts against *Staphylococcus aureus* reached with verified value being of 27.5mm that was almost equal to the estimated value being of 27.68 mm(CI>95%). The extract had the prominent antibacterial activity on bacteria and the antimicrobial diameters were greater than 20mm. While there was no sensitivity against *Colletotrichum magiferae* and *Aspergillus niger*, et al. The MICs on test bacteria were 3.125~25mg/mL.

Key words: *Kadsura longipedunculata*, response surface methodology, extraction, antimicrobial activity

收稿日期: 2011-07-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071626);仲恺农业工程学院研究生创新基金项目(H1410001)。

* 通信作者: 于新(1959-),男,新疆阿克苏人,教授,主要从事农产品加工及贮藏工程研究。E-mail:yuxin1959@yahoo.com.cn

南五味子为五味子科(*Schisandraceae*)南五味子属(*Kadsura Kaempferi* ex Juss.)南五味子(*Kadsura longipedunculata* Finet et Gagnep.)植物的果实^[1],是我国卫生部2002年公布的可用于保健食品的中药材之一。中国是南五味子的主产地,主要分布于云南、贵州、四川、广东、广西、福建等省^[2]。南五味子属植物含五味子甲素、五味子酯甲、乙、丙、丁、戊等木脂素类成分;此外还含有挥发油、有机酸、脂肪及三萜类化合物等成分,其中三萜类是南五味子属植物主要的生物活性成分之一^[3-4]。细菌性污染是食品腐败的主要原因之一,目前常用的食品防腐剂及抑菌剂多数是化工产品,如山梨酸、苯甲酸、丙酸和对羟基苯甲酸等及它们的盐与酯类^[5]。由于化学防腐剂可能存在安全隐患,各国都重视天然食品防腐剂的研究与开发,植物提取物的抑菌防腐作用成为当今食品研究的一个热点。南五味子是传统的药食两用物品,亦含有多种天然抑菌成分,能抑制多种致病菌^[6-7],具有食品防腐及果蔬保鲜的潜在应用前景。关于南五味子对食品腐败菌及果蔬采后腐烂病原菌的抑菌物质含量、组成及抗菌活性尚未见研究报道。作者以南五味子乙醇提取物的抑菌效果为指标,运用响应面分析法优化南五味子的提取条件,并对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、蜡样芽孢杆菌、大肠杆菌等食品腐败细菌进行抑菌活性研究,为南五味子抑菌物质的成分分析和抑菌机理以及开发成天然食品防腐剂的研究提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料、仪器

1.1.1 材料 南五味子果实采自广东省阳西县,阴干后密封置于4℃保存备用。

1.1.2 菌种 金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus* Rosenbach)、乙型副伤寒沙门氏菌(*Salmonella paratyphi* B Castellani et Chalmers)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn)、宋内氏志贺菌(*Shigella sonnei* (Levine) weldin)、大肠杆菌(*Escherichia coli* (Migula) Casleillni and Chalmers);广东省疾病预防控制中心提供;芒果炭疽菌(*Colletotrichum magiherae* P. Henn.)、黑曲霉(*Aspergillus niger* v. Tiegh.)、指状青霉(*Peni-*

cillium digitatum Sacc.)、黑根霉(*Rhizopus nigricans* Ehrenb.)、尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum* Schlecht.);仲恺农业工程学院提供。细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,真菌采用马铃薯葡萄糖培养基。

1.1.3 仪器与试剂 仪器: MJ-176NR型多功能粉碎机;日本松下电器株式会社提供; BS-224S电子天平;德国赛多利斯公司产品; SYQ-DSX-280B灭菌锅;上海申安医疗器械厂产品; R201D-II型旋转蒸发仪;无锡星海王生化设备有限公司产品; SW-CJ-IF型无菌超净工作台;苏州净化设备有限公司产品; LRH-250A型生化培养箱;广东省医疗器械厂产品等。

试剂: 蛋白胨、牛肉浸膏、琼脂粉;广东环凯微生物科技有限公司产品;葡萄糖、氯化钠;分析纯,江苏强盛化工有限公司产品;乙醇;分析纯,天津富宇精细化工有限公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 乙醇提取物的制备 南五味子经60℃干燥2h后粉碎,过60目筛,取粉末10g,在各单因素条件下提取。提取液于50℃、真空旋转蒸发浓缩至浸膏后加水定容到10mL,摇匀,得1.0mL乙醇提取物相当于含1.0g南五味子干样品的试样,4℃贮存备用;无南五味子的提取剂于相同条件下提取和处理,即为阴性对照。

1.2.2 试验方案 选择乙醇质量分数、液料比、提取温度、提取时间和提取剂pH值为因素,以对金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径为指标,根据单因素试验确定显著水平,在此基础上,采用Design Expert7.0统计分析软件的响应面分析法设计试验,以获取最适工艺参数^[8-9]。并在最适提取条件下,对各供试菌进行抑菌圈试验及最低抑菌浓度试验。

1.2.3 菌液的制备 将供试菌活化后,用无菌水稀释,使菌悬液浓度达到 10^8 CFU/mL,备用。

1.2.4 体外抗菌实验 将已灭菌的培养基冷却至约55℃,接入 10^8 CFU/mL的供试菌菌悬液,接种量为1.0%。在距培养皿边缘2cm的3个等距离方向放置外直径为8mm的牛津杯,缓慢倒入含供试菌的培养基,厚度约为3mm。待培养基完全凝固后,取出牛津杯。用移液枪往各孔内加入0.1mL的南五味子乙醇提取物,阴性对照组各孔内加入0.1mL无南五味子的处理液,空白对照组各孔内

加入 0.1 mL 无菌水。重复试验 3 次。细菌 37 ℃ 培养 24 h,霉菌和酵母菌 28 ℃ 培养 48~72 h,采用十字交叉法测量抑菌圈直径。

1.2.5 乙醇提取物最低抑菌浓度(MIC)测定 用二倍稀释法将 1 g/mL 的南五味子乙醇提取物稀释至 1 000~1.85 mg/mL 10 个质量浓度梯度,然后吸取 2 mL 加入到 18 mL 已灭菌融化的培养基中,充分混匀后倒平板,使提取物最终质量浓度为 100~0.185 mg/mL。待培养基冷却后,用移液枪吸取浓度为 10^8 CFU/mL 的供试菌悬液 50 μ L 于平板上涂布均匀,每个样液浓度 3 个重复试验,并作 1 个阴性对照组和 1 个空白对照组。各组均置于 37 ℃ 培养 24 h,观察菌体的生长情况,无菌平板的最低样品浓度即为最低抑菌浓度(MIC)。

2 结果与分析

2.1 乙醇质量分数对提取物抑菌效果的影响

在液料体积质量比 10 mL : 1 g、60 ℃、提取剂 pH 6 的条件下提取 4 h,考察乙醇质量分数为 40%、50%、60%、70%、80% 时,提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌效果,当乙醇质量分数 $\geq 50\%$ 时,随着乙醇质量分数的增加,提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌圈大小变化不明显,表明南五味子提取物中抑菌物质的增加不明显(图 1)。阴性对照未出现抑菌圈。

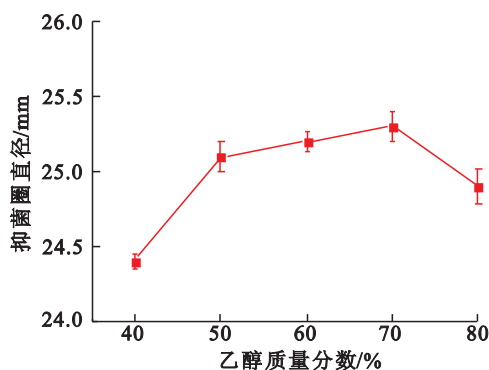


图 1 乙醇质量分数对提取物的抑菌效果

Fig. 1 Antibacterial effects of different ethanol concentration

2.2 提取温度对提取物抑菌效果的影响

在乙醇质量分数 50%、液料体积质量比 10 mL : 1 g、提取剂 pH 6 的条件下提取 4 h,考察 40、50、60、70、80 ℃ 所得提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌效果,结果见图 2,阴性对照未出现抑菌圈。在 40~

70 ℃ 时,抑菌圈由 23.63 mm 增至 26.13 mm,当提取温度在 70~80 ℃ 时,抑菌圈大小变化不明显。随提取温度增加,南五味子提取物中抑菌物质的溶出量增加,当提取温度 >70 ℃ 时溶出量变化不显著。

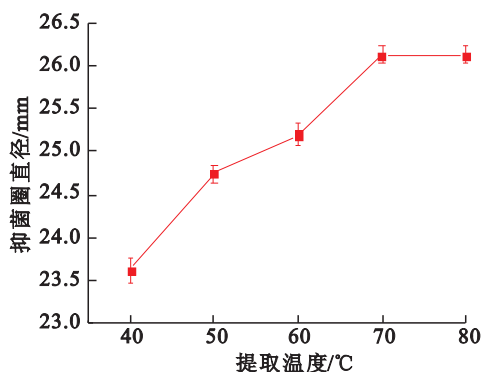


图 2 提取温度对提取物的抑菌效果

Fig. 2 Antibacterial effects of different extraction temperature

2.3 提取时间对提取物抑菌效果的影响

在乙醇质量分数 50%、液料体积质量比 10 mL : 1 g、提取温度 80 ℃、提取剂 pH 值 6 的条件下,考察提取 2、3、4、5、6 h 所得提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌效果,结果见图 3,阴性对照未出现抑菌圈。提取 2~4 h,所得提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌圈由 24.88 mm 增加至 26.00 mm,4 h 后抑菌圈大小变化不明显。试验表明,在 2~4 h 内,提取液中抑菌物质的量在逐渐增加,4 h 后抑菌物质基本提取完全。

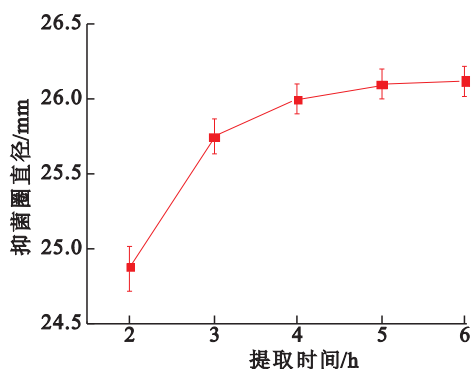


图 3 提取时间对提取物的抑菌效果

Fig. 3 Antibacterial effects of different extraction time

2.4 液料体积质量比对提取物抑菌效果的影响

在乙醇质量分数 50%、提取温度 80 ℃、提取剂 pH 值 6 的条件下提取 4 h,考察液料比为 10、15、

20、25、30 mL/g 所得提取物对金黄色葡萄球菌抑菌效果。液料比在 10 : 1~20 : 1 mL/g 时随着液料体积质量比的增加, 抑菌圈由 25.62 mm 增加到 26.58 mm; 液料比 >20 mL/g 时变化不明显。表明在 10~20 mL/g 范围内, 随着液料体积质量比增加, 提取液中抑菌物质浓度增加; 当液料比增加至 20 mL/g 左右时, 提取剂中抑菌物质的溶解度基本达到饱和(图 4)。阴性对照未出现抑菌圈。

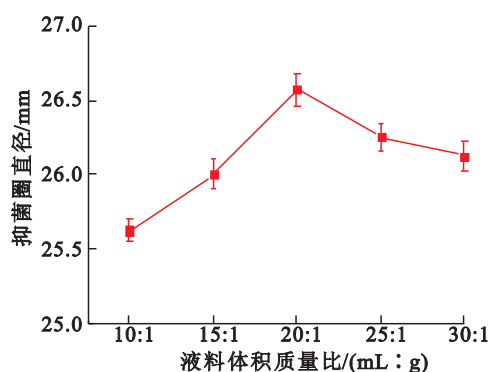


图 4 液料体积质量比对提取物的抑菌效果

Fig. 4 Antibacterial effects of different liquid-to-solid ratio

2.5 提取剂 pH 值对提取物抑菌效果的影响

在乙醇质量分数 50%、液料体积质量比 20、80 °C 提取 4 h, 考察提取剂在 pH 4~8 时所得提取物

对金黄色葡萄球菌的抑菌效果见图 5, 阴性对照未出现抑菌圈。由图可见, 抑菌圈大小呈现先增大后减小的规律。在提取剂 pH 值 7 时, 抑菌圈达到最大值。表明提取剂 pH 偏酸或中性时, 所提取出的抑菌物质对金黄色葡萄球菌的抑制作用最佳, 随提取剂 pH 的升高, 其抑菌作用减弱。

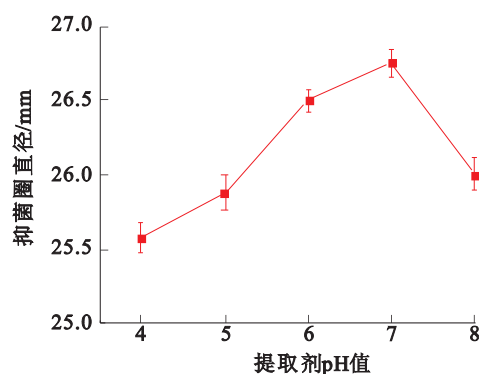


图 5 提取剂 pH 值对提取物的抑菌效果

Fig. 5 Antibacterial effects of different extraction pH

2.6 响应面优化试验结果

2.6.1 响应面优化结果分析 利用 Design Expert 7.0 软件的 Central Composite 中心组合设计, 对液料比、提取温度、提取时间和提取剂 pH 设计响应面试验, 其结果见表 1。阴性对照均未出现抑菌圈。

表 1 响应面优化试验设计及试验结果

Tab. 1 Project design and experimental results of optimizing test with response surface methodology

序号	因素				抑菌圈直径/mm	
	液料体积质量比/ (g : mL) (A)	提取 温度/°C (B)	提取 时间/h (C)	提取剂 pH (D)	真实值	预测值
1	15	70	3	6	27.3	27.10
2	15	70	5	6	27.1	26.83
3	15	70	3	6	27.0	27.10
4	10	80	2	5	25.0	25.02
5	15	70	3	8	26.7	26.53
6	20	60	2	5	25.3	25.33
7	15	70	3	4	25.7	25.30
8	20	80	4	7	27.5	27.48
9	20	80	2	5	25.5	25.90
10	10	80	4	7	26.3	26.60
11	5	70	3	6	24.5	24.48
12	20	60	4	5	26.0	26.25

续表 1

序号	因 素				抑菌圈直径/mm	
	液料体积质量比/ (g : mL) (A)	提取 温度/℃ (B)	提取 时间/h (C)	提取剂 pH (D)	真实值	预测值
13	10	60	2	7	24.0	24.07
14	10	80	4	5	25.5	25.63
15	15	50	3	6	24.7	24.55
16	15	70	3	6	27.0	27.10
17	25	70	3	6	27.3	26.75
18	15	70	3	6	26.9	27.10
19	20	60	4	7	26.4	26.72
20	20	60	2	7	25.5	25.60
21	15	70	3	6	27.6	27.10
22	20	80	2	7	26.5	26.82
23	10	60	4	5	25.0	25.02
24	15	70	3	6	26.8	27.10
25	10	80	2	7	25.8	25.78
26	10	60	2	5	23.7	23.95
27	10	60	4	7	25.5	25.33
28	20	80	4	5	26.1	26.37
29	15	70	1	6	25.4	25.10
30	15	90	3	6	26.8	26.38

采用 Design Expert 7.0 软件对试验结果进行回归分析,得到液料体积质量比(X_1)、温度(X_2)、时间(X_3)和提取剂 pH(X_4) 4 个因素对金黄色葡萄球菌抑菌效果影响的表征方程如下:

$$Y=27.10+0.57X_1+0.46X_2+0.43X_3+0.31X_4-0.12X_1X_2-0.037X_1X_3-0.038X_1X_4-0.11X_2X_3-0.16X_2X_4-0.05X_3X_4-0.37X_1^2-0.41X_2^2-0.28X_3^2-0.30X_4^2$$

响应面分析中对实验结果进行拟和的二次模型方差分析见表 2。

表 2 中心组合设计模型方差分析

Tab. 2 Analysis of variance for the model equation of CCD

类 型	平方和	自由度	均方差	F 值	$P>F$
模 型	29.70	14	2.12	15.94	<0.0001
残 差	2.00	15	0.13		
失拟性	1.56	10	1.16	1.77	0.2747
总 和	31.69	29			

注:‘ $\text{Prob}(P)>F$ ’ <0.05 视为显著。

多元相关系数 $R^2=0.9370$,校正决定系数 $R^2_{\text{Adj}}=0.8782$,说明模型对实际情况拟合较好; $P>F$ 值小于 0.0001,表明该模型极显著,可用来进行响应值预测,确定最佳提取工艺条件。

表 3 二次模型回归系数的显著性检验

Tab. 3 Coefficient estimates by the regression quadratic model

模型项	回归系数	标准误差	F 值	$\text{Prob}(P)>F$
截距	27.10	0.15	—	—
A	0.57	0.074	57.90	<0.0001
B	0.46	0.074	37.88	<0.0001
C	0.43	0.074	33.86	<0.0001
D	0.31	0.074	17.14	0.0009
AB	-0.120	0.091	1.88	0.1907
AC	-0.037	0.091	0.17	0.6868
AD	0.038	0.091	0.17	0.6868
BC	-0.110	0.091	1.52	0.2364

续表 3

模型项	回归系数	标准误差	F 值	$Prob(P) > F$
BD	0.160	0.091	3.17	0.095 1
CD	0.050	0.091	0.30	0.591 6
A^2	-0.37	0.070	28.34	$< 0.000 1$
B^2	-0.41	0.070	34.36	$< 0.000 1$
C^2	-0.28	0.070	16.54	0.001 0
D^2	-0.30	0.070	18.03	0.000 7

注: ' $Prob(P) > F$ ' < 0.05 视为显著。

由表 3 可知, A (液料比)、 B (提取温度)、 C (提取时间)、 D (提取剂 pH) 对抑菌效果的线性效应均显著, AB 、 AC 、 AD 、 BC 、 BD 、 CD 对抑菌效果的交互影响均不显著; A^2 、 B^2 、 C^2 和 D^2 对抑菌效果有着重要的曲面影响。

2.6.2 液料比与提取温度交互作用对提取物抑菌效果的影响 图 6 显示了提取时间为 3.68 h 和提取剂 pH 为 6.76 条件下, 液料比和提取温度对提取物抑菌效果的交互影响。可以看出, 响应值分别随着两者增加而增大。当液料比在 10~18 mL/g 时, 响应值随着提取温度(60~75 °C)的升高由 25.37 mm 增至 27.67 mm。当提取温度在 60~75 °C 时, 响应值随液料体积质量比变化的趋势亦是如此。因此, 液料比和提取温度均处于高水平时, 可以获得较好的抑菌效果。因此, 提取温度为 75 °C, 液料比为 18 mL/g 时合适。

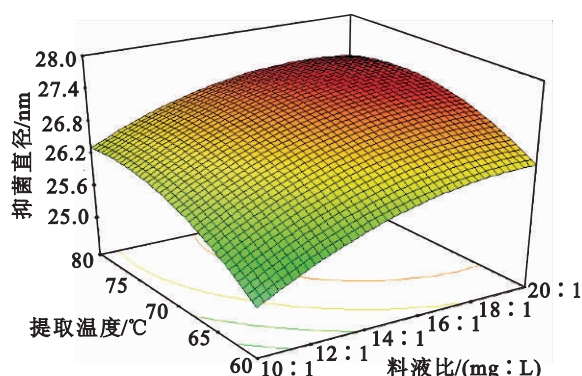


图 6 液料比与提取温度交互作用对提取物抑菌效果的影响

Fig. 6 The effect of liquid-to-solid ratio and extraction temperature on antibacterial effect

2.6.3 提取温度与提取时间交互作用对提取物抑菌效果的影响 图 7 表明在液料体积质量比 18.41

mL/g 和提取剂 pH 为 6.76 条件下, 提取温度和提取时间对提取物抑菌效果的交互影响。提取温度无论处于低水平或高水平时, 响应值均随着提取时间的增加而增大; 当提取时间在 2.00~3.68 h 时, 响应值也随着提取温度(60~75 °C)的增加由 25.65 mm 增加至 27.67 mm。因此, 当提取温度处于 75 °C 左右, 提取时间控制在 3.68 左右, 可以获得较高的抑菌效果。

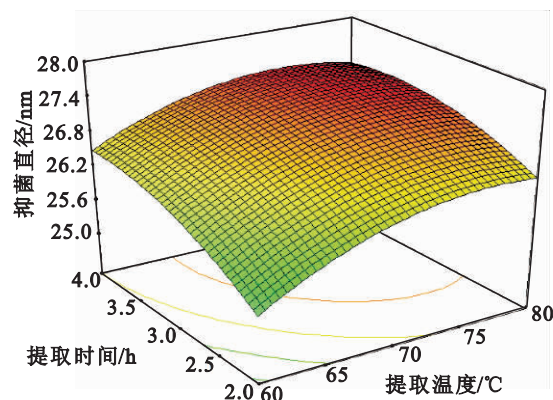


图 7 提取温度与提取时间交互作用对提取物抑菌效果的影响

Fig. 7 The effect of extraction temperature and extraction time on antibacterial effect

2.6.4 提取温度与提取剂 pH 交互作用对提取物抑菌效果的影响 由图 8 可知, 在液料体积质量比 18.41 mL/g、提取时间 3.68 h 条件下时, 提取温度和提取剂 pH 对提取物抑菌效果的交互影响。

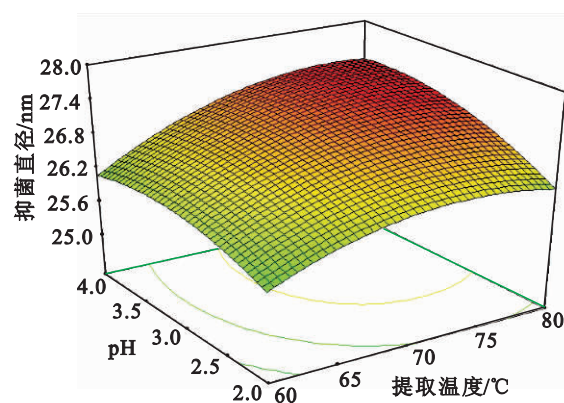


图 8 提取温度与提取剂 pH 值交互作用对提取物抑菌效果的影响

Fig. 8 The effect of extraction temperature and extraction pH on antibacterial effect

可以看出, 响应值随着两者变化出现先升高后基本不变的趋势。当提取温度在 60~75 °C 时, 响应值均随着提取剂 pH(5.00~6.76) 的增加由

26.25 mm 增加至 27.67 mm,随后基本不变;当提取剂 pH 一定时,响应值随提取温度变化的趋势亦是如此。因此,提取温度为 75 ℃,提取剂 pH 为 6.76 时合适。

2.6.5 优化工艺的验证 经试验模型分析,因素 X_1 (液料体积质量比)、 X_2 (提取温度)、 X_3 (提取时间)、 X_4 (提取剂 pH 值)最适值分别为:18.41 mL/g、75.15 ℃、3.68 h、6.76。在此条件下,南五味子提取物对金黄色葡萄球菌抑菌圈的理论值为 27.68 mm(阴性对照均未出现抑菌圈)。

考虑实际情况,将响应面试验的最佳条件修正为:液料体积质量比 18 mL/g、提取温度 75 ℃、提取时间 3.7 h、提取剂 pH 6.76。重复试验 6 次。在此条件下获得的南五味子提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌圈达 27.5 mm,与预测值接近($CI>95\%$)(阴性对照均未出现抑菌圈)。

2.7 南五味子提取物抑菌活性测定结果

在优化工艺条件下提取的质量浓度为 1 g/mL 的南五味子提取物对食品腐败菌的抑菌活性结果如表 4。南五味子提取物对革兰氏阳性和阴性细菌均具有明显的抑制作用,抑菌圈直径均 >20 mm,但对芒果炭疽菌、黑曲霉等果实腐烂真菌无抑制效果。说明南五味子对食品腐败细菌具有广谱抑菌效果。

表 4 南五味子乙醇提取物对供试菌的抑菌圈直径

Tab.4 The antimicrobial diameters of ethanol extract from *Kadsura longipedunculata* on test organisms

菌种	乙醇提取物	阴性对照
乙型副伤寒沙门氏菌	20.88±0.27	—
大肠杆菌	23.06±0.25	—
枯草芽孢杆菌	27.13±0.33	—
宋内氏志贺氏菌	25.38±0.17	—
芒果炭疽菌	—	—
黑曲霉	—	—
指状青霉	—	—
黑根霉	—	—
尖孢镰刀菌	—	—

注:“—”没有抑菌圈

2.8 乙醇提取物 MIC 测定结果

由表 5 可知,南五味子乙醇提取物对金黄色葡萄球菌的 MIC 最低,为 3.125 mg/mL;对大肠杆菌的 MIC 最高,为 25 mg/mL;其余菌种的 MIC 均为 12.5 mg/mL。结果表明,在供试细菌中,南五味子乙醇提取物对 G⁺ 菌的抑制效果强于对 G⁻ 菌的抑制效果。

表 5 南五味子乙醇提取物对各供试菌的 MIC

Tab.5 The MIC of ethanol extract from *Kadsura longipedunculata*

菌种	MIC/(mg/mL)
金黄色葡萄球菌	3.125
乙型副伤寒沙门氏菌	12.5
宋内氏志贺氏菌	12.5
大肠杆菌	25.0
枯草芽孢杆菌	12.5

3 结 语

南五味子是我国最为重要的药用植物资源之一,目前对南五味子的研究主要集中在种类差异、成分分析、药理作用等研究^[10-11],针对南五味子抑菌物质而进行的提取条件、抑菌谱及 MIC 等抑菌作用的研究尚未见报道。作者应用响应面分析法确定南五味子抑菌物质最佳的提取条件及对食品腐败菌的抑菌活性,为南五味子在食品防腐中的应用提供一定的依据。

通过单因素试验和响应面法优化试验,得南五味子抑菌物质的最佳提取条件为:液料体积质量比 18 mL/g、提取温度 75 ℃、提取时间 3.9 h、提取剂 pH 6.76。在此条件下获得的南五味子提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌圈达 27.5 mm,与预测值(27.68 mm)接近($CI>95\%$)。

南五味子提取物对 G⁺(金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌)和 G⁻(乙型副伤寒沙门氏菌、大肠杆菌、宋内氏志贺氏菌)菌具有显著的抑菌作用,但前期试验表明该提取物对扩展青霉、尖孢镰刀菌、芒果炭疽菌、酿酒酵母等引起果蔬腐烂真菌和酵母没有显示抑菌活性。这可能是南五味子乙醇提取物中的抑菌物质仅对细菌具有抑菌活性。有研究表明,许多植物提取物对霉菌和酵母菌的抑制效果较

弱或没有抑制作用^[12-13], 与本试验结果相似。究其原因, 可能因为粗提物中没有足够浓度的有效成分与霉菌和酵母菌直接接触而不能产生抑菌作用; 另外也可能由于细菌与真菌的细胞结构与繁殖有所不同, 抑菌作用位点具有专一性。一般认为植物提取物抑菌作用机理可归纳为三个方面: ①作用于细

胞壁和细胞膜系统; ②作用于遗传物质或遗传微粒结构; ③作用于酶或功能蛋白。因此, 对南五味子提取物中的抑菌成分进行分离、纯化、鉴定及抑菌机理研究, 并进一步开发成一种天然食品防腐剂, 是下一步工作的重点。

参考文献(References):

- [1] 郑万钧. 中国树木志(第1卷)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1983.
- [2] 李晓光, 罗焕敏. 南五味子属植物化学成分及其活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2008, 28(12): 1120—1124.
LI Xiao-guang, LUO Huan-min. Progress in studies of chemical constituents and pharmacological activities of *Kadsura* [J]. **China Journal of Chinese Materia Medica**, 2008, 28(12): 1120—1124. (in Chinese)
- [3] LI Rong-tao, SUN Han-dong. Studies on the chemical constituents and bioactivities of five *Schisandra* medicinal species and *Elsholtzia bodinieri* [J]. **Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences**, 2008, 25(4): 569—575.
- [4] PU Jian-xin, YANG Liu-meng, XIAO Wei-lie, et al. Compounds from *Kadsura heteroclita* and related anti-HIV activity [J]. **Phytochemistry**, 2008, 69(5): 1266—1272.
- [5] 向智男, 宁正祥. 植物性天然防腐剂及其在食品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 79—82.
XIANG Zhi-nan, NING Zheng-xiang. Application of natural preservative [J]. **China Food Additives**, 2004(4): 79—82. (in Chinese)
- [6] 王锦文, 边才苗. 五味子提取物的抑菌和杀菌活性研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(16): 6799—6800.
WANG Jin-wen, BIAN Cai-miao. Study on the bacteriostatic and bactericidal activity of extract from *Schisandra chinensis* [J]. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, 2008, 36(16): 6799—6800. (in Chinese)
- [7] Mulyaningsih S, Youns M, El-Readi Mahmoud Z, et al. Biological activity of the essential oil of *Kadsura longipedunculata* (*Schisandraceae*) and its major components [J]. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, 2010, 62(8): 1037—1044.
- [8] 胡林子, 李新华, 马永全, 等. 响应面法优化山毛茛抑菌物质提取条件的研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(3): 95—99.
HU Lin-zi, LI Xin-hua, MA Yong-quan, et al. Optimizing extraction conditions of antimicrobial substance from *tephrosia vogelii* Hook f. Seeds by response surface methodology [J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2011, 26(3): 95—99. (in Chinese)
- [9] 孟宪军, 李斌, 李元魁, 等. 响应面法优化微波辅助提取北五味子总三萜工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(1): 20—24.
MENG Xian-jun, LI Bin, LI Yuan-su, et al. Optimization for microwave-assisted extraction of total triterpenoids from *Schisandra chinensis* by response surface method [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30(1): 20—24. (in Chinese)
- [10] 黄锋, 许利嘉, 杜冠华, 等. 华中五味子抗氧化和细胞毒活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(1): 85—87.
HUANG Feng, XU Li-jia, DU Guan-hua, et al. In vitro antioxidative and cytotoxic activities of *Schisandra sphenanthera* Rehd. et Wils [J]. **Natural Product Research and Development**, 2006, 18(1): 85—87. (in Chinese)
- [11] 仰榴青, 陈荣华, 吴向阳, 等. 五味子醇提残渣中粗多糖的免疫活性研究[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 392—394.
YANG Liu-qing, CHEN Rong-hua, WU Xiang-yang, et al. Study on immunological activity of coarse polysaccharides from *Ethanol-insoluble* residue of *schisandra* [J]. **Food Science**, 2008, 29(6): 392—394. (in Chinese)
- [12] 黄钰铃, 王斌. 山茱萸果肉抑菌物质的提取及抑菌作用研究[J]. 食品科学, 2004, 25(5): 40—43.
HUANG Yu-ling, WANG Bin. Study on extraction and antimicrobial effect of the fruit of common macrocarpum [J]. **Food Science**, 2004, 25(5): 40—43. (in Chinese)
- [13] 李春美, 杜靖, 谢笔钧. 柚皮提取物的抑菌作用[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(1): 38—41.
LI Chun-mei, DU Jing, XIE Bi-Jun. Antimicrobial activity of shaddock peels extract [J]. **Food and Fermentation Industries**, 2004, 30(1): 38—41. (in Chinese)