

11 种食药同源植物提取物对果蔬常见腐败菌的抑菌活性研究

郭俊花*, 张增帅, 马欣, 成少宁

运城职业技术学院健康学院, 运城 044000

摘要:本文以花椒、高良姜等 11 种食药同源植物提取物为供试材料, 分别研究了其对扩展青霉、灰葡萄孢、链格孢和大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等 5 种常见果蔬腐败菌的抑制作用。结果表明, 花椒对三种霉菌抑制作用最强, 高良姜和莱菔子对扩展青霉和链格孢有一定抑制作用。花椒对三种霉菌的最小抑菌浓度分别为 25.00、25.00、50.00 mg/mL, 最小杀菌浓度分别为 50.00、100.00、100.00 mg/mL。花椒对三种霉菌的孢子萌发有显著抑制作用。花椒提取液处理樱桃番茄可显著降低果实发病率, 延长果实保鲜期。11 种食药同源植物提取液对大肠杆菌抑菌效果较差。高良姜和天麻对金黄色葡萄球菌抑菌效果突出, 可显著抑制金黄色葡萄球菌生长, 二者对金黄色葡萄球菌的 MIC 分别为 7.50 和 30.00 mg/mL, MBC 分别为 15.00 和 60.00 mg/mL。

关键词:食药同源; 果蔬; 腐败菌; 抑菌

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2019)12-2025-07

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2019.12.001

Study on the antimicrobial effect of 11 kinds of edible and medicinal plant extracts on common spoilage microorganisms in fruits and vegetables

GUO Jun-hua*, ZHANG Zeng-shuai, MA Xin, CHEN Shao-ning

Public Health College, Yuncheng Polytechnic College, Yuncheng 044000, China

Abstract: In this paper, 11 kinds of edible and medicinal plant extracts such as pepper, galangal, laiwuzi and tianma were used as materials to study, they were studied for the antimicrobial effect on common spoilage microorganisms in fruits and vegetables like *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*. The results showed that pepper had the strongest inhibitory effect on *P. expansum*, *A. alternata*, *B. cinerea*, galangal and laiwuzi had certain inhibitory effects on *P. expansum* and *A. alternata*. The minimum inhibitory concentrations of pepper to three molds were 25, 25 and 50 mg/mL, and the minimum bactericidal concentrations were 50, 100 and 100 mg/mL, respectively. Pepper had a significant inhibitory effect on spore germination of three molds, and the inhibition rate increases with the increase of extract concentration. The treatment of cherry tomato with pepper extract could significantly reduce the incidence of fruit and prolong the shelf life of the fruit. 11 kinds of edible and medicinal plant extracts had poor antibacterial effect on *E. coli*. Galangal and gastrodia had outstanding antibacterial effects against *S. aureus*, could significantly inhibit the growth of *S. aureus*. The MICs of the two against *S. aureus* were 7.5 and 30 mg/mL, and the MBCs were 15 and 60 mg/mL, respectively.

Key words: edible and medicinal plant; fruits and vegetables; spoilage microorganisms; antimicrobial effect

果蔬采摘后易受到微生物侵染而腐败, 造成巨大的资源浪费和经济损失。目前主要使用化学防腐剂(如仲丁胺、扑海因、特克多、抗菌灵等)来控制果蔬腐败, 但化学防腐剂对人体具有一定危害性, 且残

留期较长^[1]。因此, 绿色、安全、有效的天然果蔬防腐剂的开发已成为果蔬保鲜领域的研究热点。

我国药用植物资源丰富。许多药用植物中的功能成分, 如黄酮、生物碱、挥发油、酚类、皂素类等具有较好的抑菌和杀菌作用^[2]。研究证明, 利用药用植物提取液对果蔬具有良好的防腐保鲜作用。Li 等^[3]以芒果致腐菌为抑菌对象, 研究了 30 种植物提取物的抑菌效果, 结果表明丁香、金银花等对褐色蒂腐菌和胶孢炭疽菌均有抑菌作用。Zhang 等^[4]研究

收稿日期: 2019-07-29 接受日期: 2019-11-20

基金项目: 山西省教育厅科技创新项目(201804042); 山西省应用基础研究计划青年科技研究基金(201801D221322); 山西省高等学校科技创新计划科研项目(2019LI014)

* 通信作者 Tel: 86-018803599961; E-mail: guojunhua0911@126.com

了甘草、肉桂、高良姜等 7 种药食两种植物对李果实常见致腐真菌的抑菌效果,发现甘草、肉桂提取液联合使用对褐腐病菌抑菌效果最强。She 等^[5]对 60 种食药两用中药进行了抗菌防腐作用研究,结果表明丁香、花椒、高良姜表现出强的抗真菌作用,且高良姜具有较广的抗菌菌谱。本研究以天麻、莱菔子、桔梗、葛根、覆盆子、金银花、山茱萸、白芷、荷叶、高良姜、花椒共 11 种食药同源植物为供试材料,从中筛选出对果蔬常见腐败菌抑菌效果较好的植物,并以樱桃番茄为例对抑菌效果进行了实物验证。本研

究提高了食药同源植物的开发利用价值,并可为天然果蔬防腐剂的研究和开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

天麻、莱菔子、桔梗、葛根、覆盆子、金银花、山茱萸、白芷、荷叶、高良姜购于山西临猗百草堂医药有限公司;花椒购于运城美特好超市。樱桃番茄购于水果市场,大小均一,无烂果。11 种供试植物所属科目及部位见表 1。

表 1 供试食药同源植物
Table 1 Edible and medicinal plants for test

科名 Family	供试植物 Test plant	提取部位 Extracted part
十字花科 Brassicaceae	莱菔子 <i>Raphanus sativus</i>	种子 Seed
桔梗科 Campanulaceae	桔梗 <i>Platycodon grandiflorus</i>	根茎 Rhizoma
兰科 Orchidaceae	天麻 <i>Gastrodia elata</i>	根茎 Rhizoma
豆科 Leguminosae sp.	葛根 <i>Pueraria lobata</i>	根茎 Rhizoma
姜科 Zingiberaceae	高良姜 <i>Alpinia officinarum</i>	根茎 Rhizoma
蔷薇科 Rosaceae	覆盆子 <i>Fructus Rubi</i>	果实 Fruit
芸香科 Rutaceae	花椒 <i>Zanthoxyllum bungeanum</i>	果皮 Peel
忍冬科 Caprifoliaceae	金银花 <i>Lonicera japonica</i>	花 Flower bud
山茱萸科 Cornaceae	山茱萸 <i>Cornus officinalis</i>	果实 Fruit
伞形科 Umbelliferae	白芷 <i>Angelica dahurica</i>	根茎 Rhizoma
莲科 Nelumbonaceae	荷叶 <i>Lotus Leaf</i>	叶 Leaf

1.1.2 供试菌种

扩展青霉(*Penicillium expansum*)、链格孢(*Alternaria alternata*)、灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)购于中国普通微生物菌种保藏管理中心。金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)保存于运城职业技术学院微生物实验室。

1.1.3 试剂

霉菌培养采用 PDA 培养基(马铃薯葡萄糖琼脂培养基),细菌培养采用 LB 培养基。酵母提取物、胰蛋白胨、琼脂购于北京奥博星生物技术有限公司;葡萄糖、氯化钠购于广东光华化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

BS-224 型电子天平:德国赛多利斯有限公司;高速万能粉碎机:天津市泰斯特仪器有限公司;旋转蒸发仪:上海亚荣生化仪器厂;超净工作台:苏州净化设备有限公司;超声波清洗仪:昆山市超声仪器有

限公司。

1.3 方法

1.3.1 提取液制备

将食药同源植物用粉碎机粉碎,过 80 目筛后备用。称取各植物粉末 100 g,按料液比 1:6(m:V),用 75% 乙醇浸泡 24 h 后,放入超声仪中,60 ℃ 超声提取 2 h,减压抽滤。滤液于旋转蒸发仪浓缩后用 50% 乙醇定容至 100 mL,制成 1 g/mL 提取液,置于 4 ℃ 冰箱中备用^[6]。

1.3.2 提取液对霉菌抑菌效果检测

用 PDA 培养基将各提取液稀释至浓度为 3.13 mg/mL 的含药平板,以加有 50% 乙醇的 PDA 培养基为对照,在各平板中央放置直径为 6 mm 霉菌菌饼,于 28 ℃ 恒温培养箱培养 96 h,采用十字交叉法对菌落直径进行测量,计算各物质对三种霉菌的抑菌率^[7],公式如下:

$$\text{抑菌率} = \frac{(d_c - d_T)}{(d_c - 6)} \times 100\%$$

式中: d_c 为对照菌落直径(mm); d_T 为处理菌落直径(mm);6 是接种菌块的直径(mm)。

1.3.3 提取液对霉菌最小抑菌浓度及最小杀菌浓度的测定

将不同浓度提取液添加到 PDA 培养基中,摇匀,制成提取液终浓度为 100.00、50.00、25.00、12.50、6.25、3.13、1.56 mg/mL 的含药培养基,以不含药的 PDA 培养基为空白对照。将培养基倒入培养皿中,冷凝后加入浓度为 $10^6 \sim 10^8$ 的孢子菌悬液 20 μL ,涂布。置于 28 $^\circ\text{C}$ 恒温培养箱培养 72 h 后观察,以无菌生长的培养皿的最低浓度为最小抑菌浓度(MIC)^[8]。将无菌生长的培养皿继续培养 72 h 后观察,以无菌生长的培养皿的最低浓度为最小杀菌浓度(MBC)。

1.3.4 提取液对霉菌孢子萌发的抑制作用试验

采用稀释平板计数法^[9]测定各提取液对三种霉菌孢子萌发的抑制作用。采用二倍稀释法制备 5 个提取液浓度梯度的含药培养基,最高浓度为试验得出的该提取液对试验菌的 MIC,以不含药的 PDA 培养基为空白对照。制备 1×10^6 CFU/mL 的孢子菌悬液,并稀释至约 100 CFU/mL。吸取 20 μL 菌悬液于含药固体培养基平板中,涂布。于 28 $^\circ\text{C}$ 恒温培养箱中培养 96 h,每个处理重复 3 次。培养完成后进行菌落计数,含药平板菌落数记为 C,对照组菌落数记为 C_0 ,计算抑制率。

$$\text{抑制率} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100\%$$

1.3.5 提取液对细菌抑菌效果检测

采用滤纸片扩散法^[10]测定各提取液对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑菌效果。制备浓度为 $10^6 \sim 10^8$ 的细菌菌悬液,取 100 μL 涂布 LB 培养基。将滤纸片(6 mm)于各提取液浸泡 30 s 后取出,置于培养基上,以浸泡 50% 乙醇的滤纸片作为对照。于 37 $^\circ\text{C}$ 培养 24 h 后测量抑菌圈直径,每组做 3 个平行。

1.3.6 提取液对金黄色葡萄球菌最小抑菌浓度及最小杀菌浓度的测定

采用二倍稀释法^[11],将不同浓度提取液添加到 LB 培养基中,摇匀,制成提取液终浓度为 60.00、30.00、15.00、7.50、3.75 mg/mL 的含药培养基,以不含药的 LB 培养基为空白对照。取浓度为 $10^6 \sim$

10^7 的菌悬液 200 μL ,涂布后置于 37 $^\circ\text{C}$ 恒温培养箱培养 24 h,以无菌生长的培养皿的最低浓度为最小抑菌浓度(MIC)。将无菌生长的培养皿继续培养 48 h 后观察,以无菌生长的培养皿的最低浓度为最小杀菌浓度(MBC)。

1.3.7 提取液对金黄色葡萄球菌生长状况的影响

将培养至对数期的金黄色葡萄球菌接种至 LB 液体培养基,添加不同量提取液到培养基中,使提取液浓度为 MIC 和 1/2 MIC,以不加提取液的培养基为空白对照。置于 37 $^\circ\text{C}$ 培养 24 h,每隔 2 h 于 600 nm 测定培养基 OD 值,重复三次。以时间为横坐标,OD 值平均值为纵坐标绘制金黄色葡萄球菌生长曲线。

1.3.8 提取液对果实发病率影响

挑选颜色大小均一、无机械损伤和病虫斑的樱桃番茄进行发病率测定^[12]。樱桃番茄经 0.1% 次氯酸钠溶液浸泡 2 min、自来水冲洗、蒸馏水冲洗后,阴干,备用。在樱桃番茄赤道位置打 2~3 mm 深小孔,在提取液浓度为 MIC 的溶液中浸泡 2 min 后取出,以浸泡于无菌水的樱桃番茄为空白对照。于小孔中注入 20 μL 霉菌孢子菌悬液($10^6 \sim 10^8$ CFU/mL),晾干水分后用保鲜袋包裹,在 20 $^\circ\text{C}$ 培养,分别于 1、3、5、7 天记录发病个数,计算发病率。每 30 个作为一个处理,每个处理三个平行。

$$\text{发病率} = \frac{\text{发病果实个数}}{\text{果实总数}} \times 100\%$$

1.4 数据分析

采用 WPS 软件进行数据计算及图表制作。表 2、表 4 和表 5 中的数据利用 SPSS 软件中单因素 ANOVA 方法进行方差分析,并用 Duncan's 法比较数据之间的差异显著性。表 7 中的数据采用 t 检验, $P < 0.05$ 为有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 提取液对霉菌抑菌效果

不同食药同源植物提取液对三种霉菌的抑菌效果差别较大。由表 2 可知,花椒对三种霉菌抑菌效果突出,抑菌率均在 90% 以上。提取液对扩展青霉抑菌效果较好,除天麻、桔梗、金银花外,其他提取液抑菌效果均在 50% 以上,尤其是高良姜、莱菔子对青霉抑菌率较高。除花椒外,其他提取液灰葡萄孢抑菌作用较差。高良姜、莱菔子对链格孢也有一定抑菌作用。选择抑菌效果较好的花椒、高良姜、莱菔子进行最小抑菌浓度及最小杀菌浓度测定。

表 2 提取液对三种霉菌的抑菌效果 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)
Table 2 Antimicrobial effects of extracts on three molds ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

植物名称 Plant name	扩展青霉 <i>P. expansum</i>		灰葡萄孢 <i>B. cinerea</i>		链格孢 <i>A. alternata</i>	
	菌丝直径 Hyphal diameter (mm)	抑菌率 Inhibitory rate (%)	菌丝直径 Hyphal diameter (mm)	抑菌率 Inhibitory rate (%)	菌丝直径 Hyphal diameter (mm)	抑菌率 Inhibitory rate (%)
莱菔子 <i>Raphanus sativus</i>	23.37 ± 0.40 ^g	78.20 ± 0.24 ^c	80.33 ± 1.53 ^c	6.89 ± 1.67 ^f	29.17 ± 1.04 ^g	58.86 ± 1.55 ^c
桔梗 <i>Platycodon grandiflorus</i>	51.20 ± 1.06 ^c	43.26 ± 1.32 ^g	61.40 ± 0.96 ^f	30.61 ± 1.07 ^e	36.67 ± 1.53 ^f	45.57 ± 0.84 ^e
天麻 <i>Gastrodia elata</i>	82.57 ± 0.45 ^b	3.88 ± 1.46 ^h	59.83 ± 1.76 ^{fg}	32.56 ± 2.41 ^{bc}	40.17 ± 1.26 ^e	39.34 ± 0.47 ^f
葛根 <i>Pueraria lobata</i>	43.87 ± 0.81 ^d	52.47 ± 0.64 ^f	64.67 ± 1.53 ^e	26.51 ± 2.12 ^d	47.67 ± 2.08 ^c	26.05 ± 0.69 ^h
高良姜 <i>Alpinia officinarum</i>	10.33 ± 0.58 ^h	94.56 ± 0.77 ^b	58.83 ± 0.76 ^g	33.82 ± 1.15 ^b	25.17 ± 1.26 ^h	66.00 ± 0.71 ^b
覆盆子 <i>Fructus Rubi</i>	37.33 ± 0.76 ^f	60.67 ± 0.65 ^d	82.83 ± 1.04 ^b	3.76 ± 1.25 ^g	43.67 ± 1.53 ^d	32.99 ± 5.20 ^g
花椒 <i>Zanthoxyium bungeanum</i>	6.77 ± 0.21 ⁱ	99.04 ± 0.27 ^a	12.33 ± 0.76 ^h	92.07 ± 0.96 ^a	8.67 ± 0.58 ⁱ	95.23 ± 1.20 ^a
金银花 <i>Lonicera japonica</i>	51.90 ± 0.79 ^c	42.38 ± 1.08 ^g	84.67 ± 1.15 ^a	1.46 ± 1.30 ^{gh}	53.67 ± 1.15 ^b	15.27 ± 4.40 ⁱ
山茱萸 <i>Cornus officinalis</i>	36.53 ± 0.50 ^f	61.67 ± 0.38 ^d	85.33 ± 0.58 ^a	0.63 ± 0.63 ^h	40.67 ± 2.52 ^e	38.51 ± 1.94 ^f
白芷 <i>Angelica dahurica</i>	37.10 ± 0.85 ^f	60.96 ± 1.27 ^d	76.17 ± 1.04 ^d	12.11 ± 1.42 ^e	39.33 ± 2.08 ^{ef}	40.85 ± 1.66 ^f
荷叶 <i>Lotus Leaf</i>	41.50 ± 0.50 ^e	55.43 ± 1.22 ^e	84.83 ± 0.29 ^a	1.25 ± 0.62 ^h	32.00 ± 1.73 ^g	53.78 ± 3.81 ^d
空白 Blank	85.67 ± 1.15 ^a	-	85.83 ± 0.29 ^a	-	62.33 ± 2.52 ^a	-

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$), the same below.

2.2 提取液对霉菌最小抑菌浓度及最小杀菌浓度的测定

由表 3 可知, 花椒对扩展青霉和灰葡萄孢的 MIC 均为 25.00 mg/mL, MBC 分别为 50.00 和 100.00 mg/mL。花椒对链格孢的 MIC 和 MBC 分别为 50.00 和 100.00 mg/mL。高良姜对扩展青霉和

链格孢的 MIC 均为 100.00 mg/mL。莱菔子对扩展青霉的 MIC 和 MBC 分别为 50.00 和 100.00 mg/mL, 对链格孢的 MIC 为 100.00 mg/mL。可以看出, 花椒对三种菌的 MIC 和 MBC 最低, 与抑菌效果测定一致。高良姜和莱菔子的 MIC 和 MBC 与表 2 抑菌效果略有不同, 这可能与抑菌方式不同有关。

表 3 提取液对三种霉菌的 MIC 和 MBC
Table 3 The MICs and MBCs of extracts on three molds

植物名称 Plant name	扩展青霉 <i>P. expansum</i>		灰葡萄孢 <i>B. cinerea</i>		链格孢 <i>A. alternata</i>	
	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)
花椒 <i>Zanthoxyium bungeanum</i>	25.00	50.00	25.00	100.00	50.00	100.00
高良姜 <i>Alpinia officinarum</i>	100.00	-	-	-	100.00	-
莱菔子 <i>Raphanus sativus</i>	50.00	100.00	-	-	100.00	-

注: “-”表示无最低效力。

Note: “-” means no minimum effect.

2.3 提取液对霉菌孢子萌发的抑制作用

由以上试验可知, 花椒对三种霉菌有较好的抑制作用, 因此深入考察花椒对三种霉菌孢子萌发的抑制作用。由表 4 可知, 不同浓度的花椒对三种霉菌的孢子萌发均有一定抑制作用。提取物浓度为最小抑菌浓度时, 对三种霉菌孢子萌发达到 100% 抑制。浓度降低, 花椒对三种霉菌孢子的萌发抑制率也显著降低。

2.4 提取液对 2 种细菌的抑菌效果

由表 5 可知, 葛根和山茱萸对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌均无抑菌效果, 其他提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌效果均优于对大肠杆菌的抑菌效果。高良姜、天麻对金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径均在 30 mm 以上, 抑菌效果最佳; 其次为莱菔子、金银花、荷叶。莱菔子、金银花、天麻、花椒、白芷对大肠杆菌有一定抑菌效果。

表 4 花椒对三种霉菌的孢子萌发的抑制效果($\bar{x} \pm s, n=3$)Table 4 Inhibition effect of pepper on spore germination of three molds($\bar{x} \pm s, n=3$)

植物名称 Plant name	浓度 Concentration (mg/mL)	孢子抑制率 Spore germination inhibition rate(%)		
		扩展青霉 <i>P. expansum</i>	灰葡萄孢 <i>B. cinerea</i>	链格孢
花椒 <i>Zanthoxyium bungeanum</i>	50.00			100.00±0.00 ^a
	25.00	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	81.13±2.96 ^b
	12.50	89.63±0.64 ^b	84.92±1.37 ^b	67.92±3.89 ^c
	6.25	68.89±1.92 ^c	69.84±2.75 ^c	39.62±1.32 ^d
	3.13	48.15±3.21 ^d	39.68±5.50 ^d	11.32±5.40 ^e
	1.56	24.07±5.25 ^e	15.08±1.37 ^e	

表 5 提取物对 2 种细菌的抑菌效果($\bar{x} \pm s, n=3$)Table 5 Antibacterial effects of extracts on two kinds of bacteria($\bar{x} \pm s, n=3$)

植物名称 Plant name	抑菌圈直径 Diameter of the inhibition zone(mm)	
	大肠杆菌 <i>E. coli.</i>	金黄色葡萄球菌 <i>S. aureus</i>
莱菔子 <i>Raphanus sativus</i>	11.00±0.61 ^b	20.33±1.53 ^c
桔梗 <i>Platycodon grandiflorus</i>	-	16.00±1.00 ^d
天麻 <i>Gastrodia elata</i>	11.33±0.58 ^b	31.33±0.76 ^b
葛根 <i>Pueraria lobata</i>	-	-
高良姜 <i>Alpinia officinarum</i>	-	34.83±1.26 ^a
覆盆子 <i>Fructus Rubi</i>	-	16.17±0.76 ^d
花椒 <i>Zanthoxyium bungeanum</i>	9.67±0.58 ^{bc}	16.67±1.53 ^d
金银花 <i>Lonicera japonica</i>	13.33±1.53 ^a	20.33±0.76 ^c
山茱萸 <i>Cornus officinalis</i>	-	-
白芷 <i>Angelica dahurica</i>	9.17±0.76 ^c	16.17±1.04 ^d
荷叶 <i>Lotus Leaf</i>	-	20.83±2.57 ^c

注:“-”表示未出现抑菌圈。

Note:“-” means that no inhibition zone appeared.

2.5 提取物对金黄色葡萄球菌的 MIC 和 MBC

由于提取液对金黄色葡萄球菌抑菌效果更佳,因此选择金黄色葡萄球菌为供试菌。选择对金黄色葡萄球菌抑菌效果最好的高良姜、天麻进行 MIC 和 MBC 测定。由表 6 可知,高良姜的最小抑菌浓度和杀菌浓度分别为 7.50 和 15.00 mg/mL,天麻的最小抑菌浓度和杀菌浓度分别为 30.00 和 60.00 mg/mL。由此可知,高良姜和天麻对金黄色葡萄球菌的抑菌效果不同,金黄色葡萄球菌对高良姜更敏感。

2.6 提取液对金黄色葡萄球菌生长状况的影响

由图 1、图 2 可知,未添加高良姜和天麻的对照组金黄色葡萄球菌生长状况良好。添加高良姜和天麻后,生长曲线变化明显,OD₆₀₀值显著降低,且添加量为 MIC 时 OD₆₀₀值小于添加量为 1/2 MIC 时 OD₆₀₀

表 6 提取物对金黄色葡萄球菌的 MIC 和 MBC

Table 6 The MICs and MBCs of extracts on *S. aureus*

植物名称 Plant name	金黄色葡萄球菌 <i>S. aureus</i>	
	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)
高良姜 <i>Alpinia officinarum</i>	7.50	15.00
天麻 <i>Gastrodia elata</i>	30.00	60.00

值。由此说明高良姜和天麻对金黄色葡萄球菌的生长均有较显著的抑制作用,且其抑制作用与添加量呈正相关。

2.7 提取液对果实发病率影响

为考查花椒对扩展青霉、灰葡萄孢、链格孢在樱桃番茄体内的抑制效果,用 MIC 浓度的花椒提取液

处理樱桃番茄后,分别接种三种霉菌孢子,记录果实发病率,结果见表7。三种霉菌对照组果实发病率迅速升高,第3天时果实发病率均超50%,第7天时达100%。用MIC浓度花椒提取液处理之后,果实发病率明显降低,在第3天时发病率分别比对照

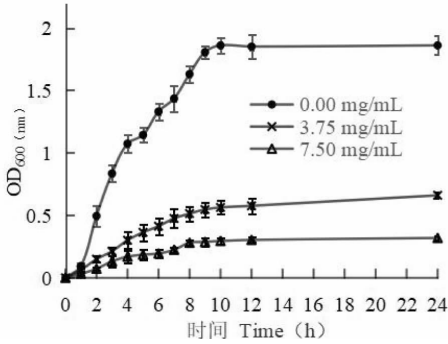


图1 不同浓度高良姜提取液对金黄色葡萄球菌生长状况的影响

Fig. 1 Effects of different concentrations of *Alpinia officinarum* extracts on the growth of *S. aureus*

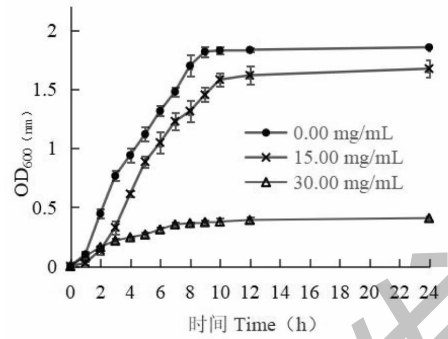


图2 不同浓度高良姜提取液对金黄色葡萄球菌生长状况的影响

Fig. 2 Effects of different concentrations of *Gastrodia elata* extracts on the growth of *S. aureus*

组降低33.33%、40%、37.78%,在第7天时发病率分别比对照组降低43.33%、27.78%、31.11%,说明花椒提取液在樱桃番茄体内对扩展青霉、灰葡萄孢、链格孢仍有较强的抑制作用,对樱桃番茄有较好的防腐保鲜作用。

表7 花椒对樱桃番茄发病率的影响($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 7 Effect of pepper on the incidence of cherry tomato ($\bar{x} \pm s, n=3$)

霉菌 Mould	处理 Different treatment	1天 1 day	3天 3 days	5天 5 days	7天 7 days
扩展青霉 <i>P. expansum</i>	25.00 mg/mL	7.78 ± 1.92 *	20.00 ± 3.33 *	37.78 ± 6.94 *	56.67 ± 6.67 *
	对照	28.89 ± 5.09	53.33 ± 5.77	91.11 ± 8.39	100.00 ± 0.00
灰葡萄孢 <i>B. cinerea</i>	25.00 mg/mL	10.00 ± 3.33 *	32.22 ± 5.09 *	61.11 ± 5.09 *	72.22 ± 3.85 *
	对照	32.22 ± 5.09	72.22 ± 6.94	95.56 ± 3.85	100.00 ± 0.00
链格孢 <i>A. alternata</i>	50.00 mg/mL	11.11 ± 1.92 *	28.89 ± 5.09 *	54.44 ± 5.09 *	68.89 ± 1.92 *
	对照	31.11 ± 8.38	66.67 ± 6.67	92.22 ± 5.09	100.00 ± 0.00

注: *表示处理样品与对照样品在0.05水平有显著性差异。

Note: * indicates that there is a significant difference between the treated sample and the control sample at the 0.05 level.

3 结论

扩展青霉、灰葡萄孢、链格孢、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌为果蔬中常见腐败菌,可感染多种水果,造成大量经济损失。本研究以上五种菌为供试菌,研究了11种食药同源植物提取液的抑菌效果。

花椒对扩展青霉、灰葡萄孢、链格孢抑菌效果突出,抑菌率均在90%以上。花椒提取物浓度为最小抑菌浓度时,对三种霉菌孢子萌发到100%抑制。以樱桃番茄为例进行体内抑菌验证试验表明,花椒提取液处理后的樱桃番茄体与对照组相比果实发病率显著降低,防腐效果明显。花椒为芸香科花椒属植物花椒树的成熟果皮,有温热止痛、杀菌止痒功效^[13]。研究表明,花椒中含有挥发油、生物碱、酰胺

类、香豆素等成分,这些成分对食品腐败菌及致病菌有显著抑菌作用,具有较宽抑菌谱^[14,15]。花椒已成为一种具有开发前景的防腐保鲜剂。本试验中花椒对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌抑菌效果不显著,可能与花椒提取方法有关,不能将有效抑菌成分充分提取。

根据本试验结果,高良姜提取物对扩展青霉和链格孢的抑菌率分别为94.56%和66.00%,莱菔子提取物对扩展青霉和链格孢的抑菌率分别为78.20%和58.86%。高良姜、天麻提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌效果最好,抑菌圈可达34.83和31.33 mm。高良姜属姜科植物,现代药理学表明,高良姜具有抗氧化、抗病毒、降血糖、抗肿瘤、防癌、

抗菌、防治心脑血管疾病等功效^[16]。已有研究表明,高良姜提取物抑菌作用广泛,其含有的二苯基庚烷、黄酮、挥发油等成分均有抑菌作用^[17]。硫苷类化合物是菜菔子的特征性成分,主要指硫代葡萄糖苷及其降解产物。Zhou等^[18]研究发现,硫苷降解产物提取液对大肠杆菌、欧氏杆菌、枯草芽孢杆菌、蜡样芽孢杆菌有抑菌效果。有研究表明,天麻中天麻多糖和天麻蛋白对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有抑制作用^[19,20]。但目前对天麻的研究主要为天麻活性成分提取和药理功能研究,天麻的抑菌作用研究仍较少。

本试验结果说明,食药同源植物在果蔬抑菌防腐方面具有广泛的应用前景,今后应对提取方式、抑菌机理、联合抑菌以及果蔬保鲜的实际应用等方面进行深入研究,以切实提高食药同源植物的开发利用价值。

参考文献

- Ding RH, He XE, Wang WL, et al. Screening of plant-derived fungicides for main diseases of Postharvest citrus and analysis of antifungal effects [J]. J Henan Agr Sci (河南农业科学), 2019, 48(2): 91-97.
- Zhao RR, Sun BQ, Gao JJ, et al. Research status and application of chinese herbal extracts [J]. Guangzhou Chem Ind (广州化工), 2017, 45(12): 5-7.
- Li AF, Huang L, Teng JW, et al. Study on inhibition effect of plant extracts against mango pathogens [J]. Sci Tech Food Ind (食品工业科技), 2010, 31(3): 76-79.
- Zhang W, Wu ZY, Luo L. Inhibitory effect of medicinal and edible plant extracts on common rot-causing fungi in postharvest plums [J]. China Brewing (中国酿造), 2019, 38: 166-169.
- She SW, Fan QS, Xue XN, et al. Study on antibacterial and antiseptic effects of 60 kinds of chinese medicines [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 1997, 9(4): 62-67.
- Li X, Xia Q, Li Y, et al. The Study of vitro antibacterial effect of several traditional chinese medicine extracts on common pathogens and antioxidant activity [J]. J Changchun Univ Sci Tech; Nat Sci (长春理工大学学报: 自科版), 2019, 42: 139-142.
- Zeng ZH, Chen LM, Hang QR. Study on the antibacterial effect of clove extract on cladosporium and its mechanism [J]. J Forest Environ (森林与环境学报), 2019, 39(1): 77-81.
- Liu Q, Zhang XL, Hang Q, et al. A Study on antibacterial activity of crude extracts from garden chrysanthemum [J]. J Jiangxi Agr Univ (江西农业大学学报), 2015, 37: 832-835.
- Ma X, Huo R, Qiao JQ. Biocontrol efficacy of *Phellodendron chinense* extraction on tomato fusarium wilt [J]. Jiangsu Agr Sci (江苏农业科学), 2016, 44: 178-180.
- Li X, Zhou TT, Zheng WYX, et al. Extraction process, GC-MS analysis and antibacterial activity of volatile oil from *Allium fistulosum* L. [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2018, 41: 1863-1869.
- Li ZM, Huang H. Study on stability and antibacterial activity of galangal extracts [J]. Food Mach (食品与机械), 2016, 32(2): 55-59.
- Xu SX. Effect of *Laurus nobilis* essential oil and its composhe preservation method on the postharvest disease of cherry tomato [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
- Zhao EL, Xu WF, Liu L, et al. Research progress of the bacteriostasis of *Zanthoxylum bungeanaum* [J]. China Condient (中国调味品), 2019, 44: 185-188.
- Lei H, Wu J, Wang Q, et al. Inhibitory effect of *Zanthoxylum bungeanum* essential oil (ZBEO) on *Escherichia coli* and intestinal dysfunction [J]. Food & Function, 2017, 8: 1569-1576.
- Tantapakul C, Phakhodee W, Ritthiwigrom T, et al. Antibacterial compounds from *Zanthoxylum rhetsa* [J]. Arch Pharm Res, 2012, 35: 1139-1142.
- Li ZM. Extraction and application on preservation of galangal favonoids antibacterial substances [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2015.
- Zhang BB, Dai Y, Liao ZX, et al. Three new antibacterial active diarylhep-tanoids from *Alpinia officinarum* [J]. Fitoterapia, 2010, 81: 948-952.
- Zhou ZZ. Study on extraction, purification of glucosinolates and antibacterial activity of degradation products from radish seeds [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2013.
- Wang X, Lu JH, Chen YY, et al. Optimization of extraction process and antibacterial activity of *Gastrodia elata* protein [J]. Chin Inst Food Sci Tech (中国食品学报), 2018, 18: 176-182.
- Chen C, Li XX, Fu JD, et al. Study on antibacterial activity of *Gastrodia elata* polysaccharide in hanzhong [J]. Jiangsu Agr Sci (江苏农业科学), 2018, 46: 156-159.