

凤仙透骨草提取液抑菌特性的研究

曾 荣^{1,2} 苏卜利³ 陈金印^{4*} 张阿珊⁴

(1. 南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室 江西 南昌 330047; 2. 佛山科学技术学院 食品科学系 广东 佛山 528200; 3. 江西农业大学 理学院 江西 南昌 330045; 4. 江西农业大学 农学院 江西 南昌 330045)

摘要: 以凤仙透骨草 $\varphi=95\%$ 乙醇提取液为研究对象, 研究其对 6 种真菌、2 种革兰氏阳性菌和 2 种革兰氏阴性菌的抑制效果, 并研究不同因素对其抑菌效果的影响。结果表明, 凤仙透骨草提取液具有广谱抗菌性, 对供试的霉菌、酵母、革兰氏阴性和阳性菌均表现出了抑菌活性, 其中对真菌的抑制效果优于细菌, 对大肠杆菌的抑制活性较弱; 提取物具有良好的热稳定性和耐贮藏性, 提取物 4 °C 贮藏 100 d 或经 121 °C 高温湿热灭菌 1 h 后, 抑菌活性变化很小; 紫外光对抑菌物质有一定影响, 应适当避光保存; 提取液在酸性、弱酸性及中性环境条件下抑菌活性高, 当 pH 值大于 12 时, 抑菌活性显著下降; 二价阳离子对抑菌效果有一定影响, 三价 Fe^{3+} 影响最大, 应避免用金属容器保存提取液。

关键词: 凤仙透骨草; 提取液; 抑菌特性

中图分类号: Q949.755.7 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0358-05

Studies on the Antimicrobial Characteristics of Extracts from *Impatiens balsamina* L.

ZENG Rong^{1,2}, SU Bo-li³, CHEN Jin-yin^{4*}, ZHANG A-shan⁴

(1. The National Key Laboratory of Food Science, Nanchang University, Nanchang 330047, China; 2. Department of Food Science, Foshan University, Foshan 528200, China; 3. College of Science, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 4. College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Antimicrobial characteristics of 95% ethanol extracts from the stems of *Impatiens balsamina* L. (EIB), a traditional Chinese herbal medicine, were studied in order to provide a basis for the development of botanical fungicides and preservatives. The antimicrobial activities of the extracts against 4 moulds, 2 yeasts, 2 Gram-positive bacteria and 2 Gram-negative bacteria, as well as the factors which effect the inhibitory stability, were observed. The EIB was observed to show effective antimicrobial activities and broad antimicrobial spectrum against all tested fungi and bacteria species. The extracts showed good thermal stability and storability property for the antimicrobial activities decreased little after storage for 100 days or sterilized for 1 hour in an autoclave under 121 °C. The UV exposure time and concentration of Fe^{3+} affected the inhibitory activities significantly. Meanwhile, the extracts showed good activities under the pH range 2~8. In conclusion, the EIB may be selected as a natural preservative and antibacterial agent.

Key words: *Impatiens balsamina* L.; extracts; antimicrobial characteristics

收稿日期: 2012-01-07 修回日期: 2012-03-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(31160343)、国家“十一五”科技支撑项目(2007BAD61B07)、江西省主要学科科学技术带头人培养计划项目(050007)和江西省抚州市科技计划项目(2012019)

作者简介: 曾荣(1978—),女,讲师,博士生,主要从事果蔬采后生理及保鲜技术的研究, E-mail: zrlp525@163.com;

* 通讯作者 陈金印 教授 博士生导师, E-mail: jinyinchen@126.com.

凤仙透骨草为凤仙花科凤仙花属植物凤仙花(*Impatiens balsamina* L.) 的干燥茎, 又名透骨草、凤仙梗、凤仙花梗、凤仙花秸、凤仙花杆等, 是一种传统的中草药, 夏秋间植株生长茂盛时割取地上部分, 除去叶及花果, 洗净晒干即得^[1]。凤仙透骨草能祛风湿, 活血解毒, 主治风湿麻痹、跌打肿痛、甲沟炎、闭经痛经、痈肿、丹毒、鹅掌风及蛇虫咬伤等。中国南北各地均有栽培, 资源丰富。因此, 对凤仙透骨草进行深度开发和利用具有重要意义。中医古文献中对凤仙花不同药用部位的性能功用记录甚详, 凤仙花(全草) 始载于《救荒本草》, 亦收载于《本草纲目》、《珍异药品》和《本草纲目拾遗》等。其中《本草纲目》记载: 凤仙花“活血消积, 治蛇伤, 腰肋引痛”。《中药志》: “味苦, 辛, 性平; 有祛风湿、活血止痛、解毒之功, 用于风湿疼痛、癰积肿痛、妇女闭经、痈疽肿痛、蛇虫咬伤气。”凤仙透骨草含有多种化学成分, 迄今为止, 发现其含有丰富的山柰酚、槲皮素、萜醌及其衍生物、甾醇、多肽化合物等化学成分^[2-8]。临床和药理研究表明, 凤仙透骨草具有抗过敏^[9]、抗炎^[10]、抗真菌^[11]、抗肿瘤^[12]等多种生理活性。本课题组初步研究发现, 凤仙透骨草对柑橘采后病害具有抑制作用, 并对其抑菌活性物质的提取工艺进行了优化^[13-14]。为了进一步确定该植物提取液对不同种类微生物的抑制效果, 本文对其抑菌谱及抑菌稳定性进行了研究。本实验通过对凤仙透骨草对 4 种真菌和 4 种细菌的抑制活性及抑菌稳定性进行研究, 为凤仙透骨草的深度开发和利用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试菌株和培养基

意大利青霉(*Penicillium italicum* ACCC 30399) 和指状青霉(*Penicillium digitatum* ACCC 30389) 由中国农业微生物菌种保藏中心提供。黑曲霉(*Aspergillus niger*)、米曲霉(*Aspergillus oryzae*)、啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae* Hansen)、产朊假丝酵母(*Candida utilis*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、志贺菌(*Shigella boydii*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus* Rosenbach) 由江西农业大学生物工程学院提供。培养基为 PDA(培养真菌) 和牛肉膏蛋白胨(培养细菌), 参照周德庆的方法配制^[15]。

1.2 植物提取液的制备

凤仙透骨草由江西省樟树市华丰药业公司提供, 产地为安徽。将材料于 60 °C 烘干, 粉碎, 过 40 目筛, 取 100 g 粉末加入 10 倍体积的 $\varphi = 95\%$ 乙醇, 超声辅助提取 3 h(40 KHz, 50 °C)。提取液过滤后经减压浓缩, 用提取溶剂定容至 100 mL, 制得原液(1 g/mL), 4 °C 保存备用。

1.3 菌液的制备

采用比浊法制备各种菌悬液^[16]。以上菌种经活化接种于试管斜面培养基培养(细菌 37 °C, 24 ~ 36 h; 霉菌 28 °C、酵母 30 °C, 48 ~ 60 h), 用无菌水稀释, 菌液的孢子浓度控制在 $10^6 \sim 10^7$ cfu/mL(霉菌滤去菌丝), 备用。

1.4 提取液抑菌活性的测定

结合杯碟法和双层平板法测定提取液对供试病原菌生长的抑制作用^[15]。先倒底层平板, 再吸取 10 mL 制好的菌液, 混入冷却至 45 °C 左右 90 mL 培养基中, 使最终菌液浓度为 $10^5 \sim 10^6$ cfu/mL, 制备上层带菌平板。凝固后在平板上对称放置无菌牛津杯, 向牛津杯中加入 200 μ L 提取液, 进行 3 次平行实验, 重复 2 次。细菌 37 °C 培养 24 ~ 36 h, 霉菌 28 °C、酵母 30 °C 培养 48 ~ 60 h, 十字交叉法测量抑菌圈的大小。真菌的阳性对照为纳他霉素(BR, DMSO 溶解), 细菌的阳性对照为四环素(BR, DMSO 溶解), 同时以 $\varphi = 95\%$ 乙醇作为阴性对照。

1.5 提取液稳定性的测定

1.5.1 光照及紫外照射对提取液抑菌活性的影响 将提取物分成若干份, 置透明度良好并一致的玻璃试管内, 分别置于 4 000 ~ 6 000 Lx 日光灯及 15 W、50 cm 距离的紫外灯下照射 4、8、16、24、48、72 h, 以意大利青霉为指示菌进行生物活性测定, 检测光照及紫外线照射对提取物抑菌活性的影响。

1.5.2 温度对提取物稳定性的影响 将提取液分成 7 份, 分别在 -5、5、30、55、80、100 °C 处理 1 h 及经高温湿热灭菌(121 °C) 处理 1 h, 以意大利青霉作为供试菌, 用杯碟法测定抑菌效果。

1.5.3 pH 对提取物稳定性的影响 用盐酸或氢氧化钠将提取物 pH 值调节成 2、4、6、8、10、12, 平衡 24

h 后以意大利青霉为供试菌,用杯碟法测定生物活性。

1.5.4 保存时间对提取物活性的影响 在 4 °C 和 20 °C 下恒温保存提取物,每间隔 7 d 以意大利青霉作为供试菌用杯碟法进行 1 次生物活性的测定,记录其活性随保存时间的变化。

1.5.5 金属离子对提取物抑菌活性的影响 在提取液中分别加入 NaCl、KCl、MgSO₄、CaCl₂、ZnAc₂、Fe₂(SO₄)₃, 各取 6 个水平,最终浓度分别为: 10、20、30、40、50、60 mmol/L,同时设空白对照,在上述各溶液中加入意大利青霉作为指示菌,在 37 °C 条件下处理 1 h,用杯碟法测定样品抑菌圈直径,平行 3 次,重复 2 次。

1.6 主要仪器设备

SPX-250 型生化培养箱(上海楚定分析仪器公司)、YXQ-LS-S II 全自动电热高压蒸汽灭菌锅(上海博迅实业有限公司医疗设备厂)、Rotavapor R-3 旋转蒸发仪(瑞士 BUCHI)、FW100 干样粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司)、AUY220 电子分析天平(日本岛津)、UV-2450 紫外可见分光光度计(日本岛津)。

1.7 数据统计分析

采用 DPS v7.05 对数据进行统计分析,选择 Duncan 新复极差法对实验数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 凤仙透骨草提取液对供试菌的抑菌效果

从表 1 可以看出,凤仙透骨草提取液的抑菌谱广,对所试霉菌、酵母类真菌具有较强的抑制作用,抑菌圈直径均为 20 mm 以上。其中含生药 1 g/mL 的提取液对意大利青霉、指状青霉、黑曲霉及啤酒酵母的抑制效果与 50 μg/mL 的阳性对照无显著性差异($p < 0.05$),而对米曲霉和产朊假丝酵母的抑制效果显著优于阳性对照。提取液对革兰氏阳性和阴性菌也具有一定的抑制作用,在供试浓度下,提取液对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌及大肠杆菌的抑制效果显著低于阳性对照,对志贺菌的抑制效果显著优于阳性对照。

表 1 凤仙透骨草提取液对供试菌的抑菌效果

Tab.1 Inhibition effect of *Impatiens balsamina* L. extract against the tested microorganisms

| 供试病原菌 Pathogens tested | 抑菌圈直径/mm Diameter of inhibition zone | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 提取液 Extract | 阳性对照* Positive contrast | 阴性对照 Negative contrast |
| 意大利青霉(<i>P. italicum</i>) | 27.9 ± 1.3 a | 26.7 ± 0.7 a | — |
| 指状青霉(<i>P. digitatum</i>) | 26.3 ± 1.7 a | 24.0 ± 1.4 a | — |
| 黑曲霉(<i>A. niger</i>) | 26.8 ± 1.0 a | 25.7 ± 0.9 a | — |
| 米曲霉(<i>A. oryzae</i>) | 26.3 ± 1.3 a | 23.3 ± 0.4 b | — |
| 啤酒酵母(<i>S. cerevisia</i> Hansen) | 24.6 ± 1.9 a | 24.3 ± 0.5 a | — |
| 产朊假丝酵母(<i>Candida utilis</i>) | 27.4 ± 1.1 a | 24.7 ± 1.1 b | — |
| 枯草芽孢杆菌(<i>B. subtilis</i>) | 17.8 ± 0.7 b | 21.7 ± 0.7 a | — |
| 金黄色葡萄球菌(<i>S. aureus</i> Rosenbach) | 14.6 ± 1.5 b | 17.7 ± 0.6 a | — |
| 大肠杆菌(<i>E. coli</i>) | 12.9 ± 0.5 b | 21.7 ± 1.5 a | — |
| 志贺菌(<i>S. boydii</i>) | 19.7 ± 0.6 a | 12.3 ± 0.6 b | — |

实验数据为 3 次重复试验平均值;抑菌圈直径后的字母表示差异显著性($p < 0.05$,与对照比较);抑菌圈大小包括了牛津杯的直径(8 mm);“—”表示无抑菌作用。* 阳性对照:细菌的阳性对照为四环素,真菌的为纳他霉素,浓度为 50 μg/mL。

The diameter(mm) was the mean of three independent experiments(including the 8 mm diameter of the cylinder) . The values with different letters in the same line were significantly different from the values for zone diameters with superscript a and from one another($p < 0.05$) according to Duncan new multiple range test. * Positive contrast: Tetracycline for bacteria and natamycin for fungi with concentration of 50 μg/mL.

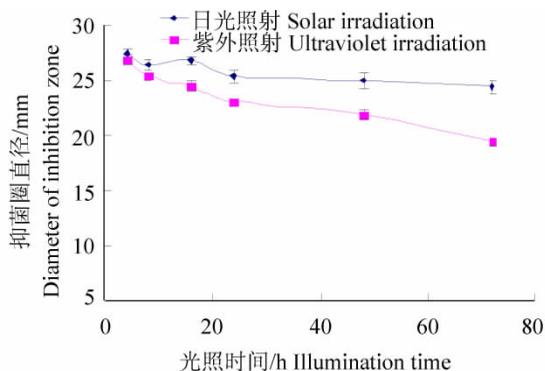


图1 光照时间对提取物活性的影响

Fig. 1 Effect of illumination time on extracts antimicrobial activity

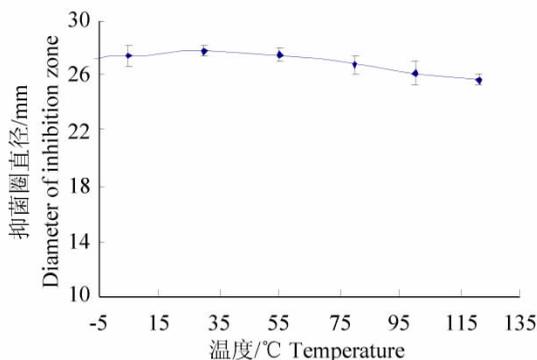


图2 温度对提取物活性的影响

Fig. 2 Effect of temperature on extracts antimicrobial activity

2.2 抑菌活性物质的稳定性

2.2.1 光照对提取物抑菌活性的影响 日光灯和紫外照射对提取物活性的影响见图1。从图1可以看出,提取物在日光灯的照射下活性变化比紫外光照射下要小。统计分析结果显示:日光灯照射24 h内抑菌活性无显著变化,24 h后差异达到显著水平($P < 0.05$)。24、48、72 h处理间无显著性差异。说明抑菌活性成分在光照24 h内发生了变化,而后性质趋于稳定。紫外照射4 h后的抑菌圈平均直径与起始值比较差异达到极显著水平($P < 0.01$)。而且不同处理时间的抑菌活性均存在显著性差异($P < 0.05$)。说明紫外照射下,活性成分发生了较大的变化,应适当避光保存。

2.2.2 温度对提取物抑菌活性的影响 如图2所示,提取液在-5、5、30、55、80、100 °C及经高温湿热灭菌(121 °C)分别处理1 h后的抑菌活性与未经处理的提取液相比,抑菌圈直径不存在显著性差异($P < 0.05$),说明凤仙透骨草提取液具有良好的热稳定性。

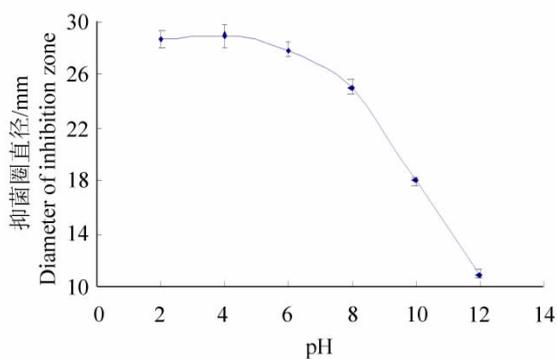


图3 pH值对提取物活性的影响

Fig. 3 Effect of pH on extracts antimicrobial activity

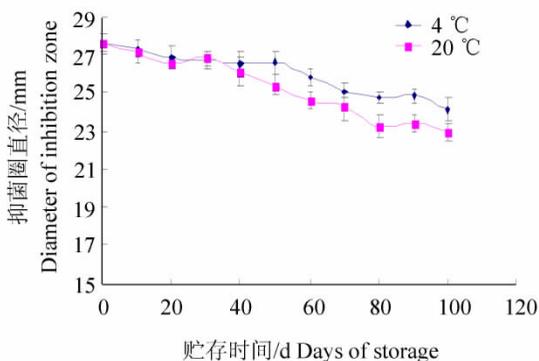


图4 提取液贮存时间对提取物活性的影响

Fig. 4 Effect of conservation time on extracts antimicrobial activity

2.2.3 pH值对提取物抑菌活性的影响 图3显示结果表明,提取物在酸性和偏酸性环境条件下显示出良好的抑菌活性,而在碱性环境中抑菌活性急剧下降;当pH值为8时,抑菌圈直径为25.0 mm,与pH值为2、4、6时的抑菌圈直径差异达到显著水平;当pH值为12时,抑菌圈直径仅为11 mm,与所有pH值下的抑菌活性差异均为极显著($P < 0.01$)。说明该提取液在酸性或弱酸性环境条件下抑菌活性较强,碱性条件下抑菌活性将显著降低。

2.2.4 提取液贮存时间对其抑菌活性的影响 提取液在4 °C和20 °C恒温下贮存120 d的抑菌活性变化见图4。从图4可以看出,4 °C贮存条件下贮存100 d提取液的抑菌活性得到较好的保持;20 °C贮存40 d后活性稍有降低,但程度很轻,贮存100 d时抑菌活性与0 d时的差异未达到显著水平。说明提取液在常温下贮存亦可保持抑菌活性,最好的贮存条件是低温贮存。

2.2.5 不同阳离子对提取物抑菌活性的影响 由图5可以看出,随着 Na^+ 和 K^+ 浓度增大,提取液的抑菌活性无显著变化,在高浓度时抑菌活性稍微上升。 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Zn^{2+} 对提取液的抑菌活性有一定影

响,其中 Ca^{2+} 总体变化不明显。随着 Zn^{2+} 浓度的增大,提取液的抑菌活性呈先下降后回升的趋势。 Fe^{3+} 对抑菌活性影响最大,随着离子浓度增大,抑菌圈直径显著减小。

3 结论与讨论

植物提取液的抑菌活性受到供试菌株、pH、温度、阳离子及光照等多种因素影响^[17-20]。为了更全面了解凤仙透骨草提取液的抑菌特性,在抑菌谱研究的基础上,选取具有较强抑制作用的菌种——意大利青霉作为实验对象,测定了不同环境因素对凤仙透骨草提取液抑菌活性的影响。

离体抑菌试验结果表明,凤仙透骨草提取液抑菌谱广,对供试的真菌和细菌生长有较好的抑制作用。其中对 4 种霉菌和 2 种酵母的抑菌活性最高,含生药 1 mg/mL 凤仙透骨草粗提物的抑菌活性优于或与 50 $\mu\text{g/mL}$ 的阳性对照相当。因此,凤仙透骨草提取液可作为抑菌剂进行深度开发利用。

提取液在日光灯下照射 24 h 后抑菌活性稍有下降,随后趋于稳定,72 h 后仍能保持较好的抑菌作用。紫外线照射对抑菌活性影响较大,说明抑菌物质在紫外线的照射下发生了变化,因此应适当地避光保存。提取液具有良好的热稳定,在 121 $^{\circ}\text{C}$ 高温湿热灭菌后,抑菌活性变化很小。pH 值对提取液抑菌活性的影响较大,试验结果表明提取液在酸性、中性偏酸性及中性环境条件下有最好的抑制效果,中性偏碱性环境下抑菌效果较好,当 pH 值 ≥ 12 时,抑菌效果微弱。一价阳离子 Na^{+} 和 K^{+} 对抑菌活性没有影响;二价阳离子 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和 Zn^{2+} 的存在减轻了提取液对指状青霉的抑制作用;三价阳离子 Fe^{3+} 对提取液的影响最大,当提前液中加入 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液时,提取液颜色亦发生了改变,说明提取液中含有酚类物质,酚类物质的羟基与 Fe^{3+} 可生成蓝色络合物,而酚类物质具有一定的抑菌作用,因此加入 Fe^{3+} 后降低了提取液的抑菌效果。

凤仙透骨草作为一种传统中药,具有无残留、毒性小、不易产生耐药性的优点,因此,在食品中有可能代替化学防腐剂和保鲜剂对食物进行保鲜,有很好的开发潜能。

参考文献:

[1] 国家中医药管理局. 中华本草(第 5 卷) [M]. 上海: 上海科技出版社, 1999: 137-138.
 [2] Fukumoto H, Ishiguro K, Murashima T et al. Structure determination of a kaempferol 3 - rhamnosyldigluce - oside from *Impatiens balsamina* [J]. Phytochemistry, 1994, 37(5): 1486-1488.
 [3] Panichayupakaranant P, Noguchi H, De - Eknamkul W. A new biscoumarin from *Impatiens balsamina* root cultures [J]. Planta Medecine, 1998, 64(8): 774-775.
 [4] Oku H, Ishiguro K. Cyclooxygenase - 2 inhibitory 1,4 - naphthoquinones from *Impatiens balsamina* L. [J]. Biol & Pharm Bull, 2002, 25(5): 658-660.
 [5] Hua L, Peng Z F, Chia L S, et al. Separation of kaempferols in *Impatiens balsamina* flowers by capillary electrophoresis with electrochemical detection [J]. Journal of Chromatography A, 2001, 909(2): 297-303.
 [6] 胡喜兰, 韩照祥, 刘玉芬, 等. 凤仙花不同提取物中山奈酚的测定 [J]. 分析试验室, 2007, 26(5): 33-35.
 [7] Lei J, Qian S H, Jiang J Q. Two new flavone glycosides from the seeds of *Impatiens balsamina* L. [J]. Journal of Asian Natural Products Researchs, 2010, 12(12): 1033-1037.
 [8] Sakunphueak A, Panichayupakaranant P. Simultaneous determination of three naphthoquinones in the leaves of *Impatiens balsamina* L. by reversed - phase high - performance liquid chromatography [J]. Phytochem Anal, 2010, 21(5): 444-450.

(下转第 381 页)

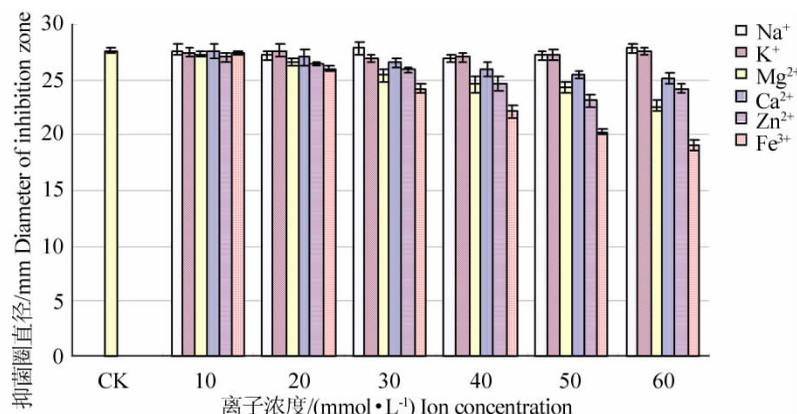


图 5 金属离子对提取物抑菌活性的影响

Fig. 5 Effect of metal ions on extracts antimicrobial activity

- [8]王慧娟. 液态发酵荔枝果醋的研究[D]. 福州:福建农林大学 2008.
- [9]王贞强,马波,迟建,等. 荔枝酒香气成分的 GC/MS 分析[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 135-138.
- [10]唐小俊,迟建伟,张名位,等. 荔枝多糖的提取条件及含量测定[J]. 华南师范大学学报:自然科学版, 2005(2): 27-31.
- [11]Jiang Y M, Duan X W, Daryl Joyce, et al. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested [J]. Food Chemistry, 2004(88): 443-446.
- [12]Dong H Q, Cheng L Y, Tan J H, et al. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit [J]. Journal of Food Engineering, 2004(64): 355-358.
- [13]Jacques Joas, Yanis Caro, Marie Noelle Ducamp, et al. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn cv Kwa' Mi) by treatment with chitosan and organic acids I. Effect of pH and pericarp dehydration [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005 (38): 128-136.
- [14]Zhang Z Q, Pang X Q, Duan X W, et al. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp [J]. Food Chemistry, 2005(90): 47-52.
- [15]乔小瑞,吴辉,吴国宏,等. 荔枝酒发酵工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(12): 92-95.
- [16]Jiang Y M, Li Y B, Li J R. Browning control, shelf life extension and quality maintenance of frozen litchi fruit by hydrochloric acid [J]. Journal of Food Engineering, 2004(63): 147151.
- [17]Bassirou Ndoye, Stephane Lebecque, Jacqueline Destain, et al. A new pilot plant scale acetifier designed for vinegar production in Sub-Saharan Africa [J]. Process Biochemistry, 2007 (42): 1561-1565.
- [18]张庆华,孔令保,朱向东,等. 苹果醋发酵条件的优化研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 15974-15976, 15983.
- [19]赵新宇. 金红苹果果醋及果醋饮料加工工艺的研究[D]. 长春:吉林农业大学, 2008: 5.
- [20]Fregapane G, Rubio - Fernández H, Nieto J, et al. Wine vinegar production using a noncommercial 100 - Litre bubble column reactor equipped with a novel type of dynamic sparger [J]. Biotechnology and Bioengineering, 1999, 63(2): 141-146.
- [21]José - María González - Sáiz, Diego Garrido - Vidal, Consuelo Pizarro. Modelling the industrial production of vinegar in aerated - stirred fermentors in terms of process variables [J]. Journal of Food Engineering, 2009(91): 183-196.

(上接第 362 页)

- [9]Ishiguro K, Oku H, Suitani A, et al. Effects of conjugated linoleic acid on anaphylaxis and allergicpruritus [J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2002, 25(12): 1655-1657.
- [10]Oku H, Ishiguro K. Antipruritic and antidermatitic effect of extract and compounds of *Impatiens balsamina* L. in atopic dermatitis model NC mice [J]. Phytother Research, 2001, 15(6): 506-510.
- [11]Lim Y H, Kim I H, Seo J J. In vitro activity of kaempferol isolated from the *Impatiens balsamina* alone and in combination with erythromycin or clindamycin against *Propionibacterium acnes* [J]. Journal of Microbiol, 2007, 45(5): 473-477.
- [12]Ding Z S, Jiang F S, Chen N P, et al. Isolation and identification of an anti - tumor component from leaves of *Impatiens balsamina* [J]. Molecules, 2008, 13(2): 220-229.
- [13]曾荣,陈金印,张阿珊,等. 凤仙透骨草中抑菌活性物质提取工艺研究[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(1): 141-146.
- [14]曾荣,陈金印,张阿珊. 植物提取液对柑桔采后青霉、绿霉抑菌活性的研究[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(6): 1142-1145.
- [15]周德庆. 微生物学实验教程[M]. 2版. 北京:高等教育出版社, 2005: 199-204; 372.
- [16]钱存柔,黄仪秀. 微生物学实验教程[M]. 2版. 北京:北京大学出版社, 2008: 133-134.
- [17]徐扬,杨保伟,柴博华. 超声波-酶法提取海带多糖及其抑菌活性[J]. 农业工程学报, 2010, 26(13): 356-362.
- [18]白秀君,蒋益虹,杨海燕. 荷叶提取液的抑菌特性研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(3): 90-93.
- [19]张传军,刘超,姜晓坤. 薤白乙醇提取物的抑菌特性[J]. 食品科学, 2011, 32(5): 119-122.
- [20]孟晓,马力. 苦瓜提取液的抑菌谱及其稳定性研究[J]. 食品工业, 2010(2): 46-48.