

汉麻叶提取物抑菌活性及抑菌稳定性研究

张正海, 董艳, 姬妍茹, 杨庆丽, 李振伟*

(黑龙江省科学院大庆分院, 大庆 163316)

摘要: **目的** 研究汉麻叶提取物的抑菌活性及抑菌稳定性。**方法** 用乙醇对汉麻叶成分提取并依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇分级萃取, 以 4 种常见食源性致病菌: 金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、单核细胞李斯特菌、沙门氏菌为指示菌, 用牛津杯法和微量 2 倍稀释法测定汉麻叶提取物的抑菌活性并分别对其热稳定性、酸碱稳定性、紫外线稳定性、金属离子稳定性、蔗糖稳定性进行考察。**结果** 汉麻叶提取物对大肠杆菌和沙门氏菌无抑制作用, 但对金黄色葡萄球菌和单核细胞李斯特菌具有良好的抑菌作用, 活性成分主要分布于乙酸乙酯相, 其对 2 种细菌的最小抑菌浓度(minimum inhibitory concentration, MIC)分别为 7.81 mg/mL 和 15.63 mg/mL; 汉麻叶乙酸乙酯相经紫外线照射、蔗糖添加和不同温度处理仍表现出良好的稳定性, 酸性条件使其对金黄色葡萄球菌和李斯特菌的抑菌活性增强, Ca^{2+} 使其抑菌活性提高, Fe^{3+} 使其抑菌活性降低, Na^+ 能够增强其对单核细胞李斯特菌的抑菌活性, K^+ 使其对金黄色葡萄球菌的抑制作用有所增加。**结论** 汉麻叶提取物具有良好的抑菌活性和抑菌稳定性, 具备作为一种天然防腐剂进行开发和利用的前景。

关键词: 汉麻叶; 抑菌活性; 稳定性

Antibacterial activity and stability of extract from hemp (*Cannabis sativa* L.) leaves

ZHANG Zheng-Hai, DONG Yan, JI Yan-Ru, YANG Qing-Li, LI Zhen-Wei*

(Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Sciences, Daqing 163316, China)

ABSTRACT: Objective To study the antibacterial activity and stability of hemp (*Cannabis sativa* L.) leaves extract. **Method** The extraction of hemp leaves was extracted with ethanol and fractionated with petroleum ether, ethyl acetate and n-butanol. Four common foodborne pathogens: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* were used as indicator bacteria. The antibacterial effect of extracts of hemp leaves was determined by Oxford cup method and trace 2-fold dilution method. The activity was investigated for its thermal stability, acid-base stability, UV stability, metal ion stability, and sucrose stability. **Results** Hemp leaf extract has no inhibitory effect on *Escherichia coli* and *Salmonella*, but it had good antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. The active ingredient was mainly distributed in the ethyl acetate phase, and the minimum inhibitory concentration (MIC) for the 2 bacteria was 7.81 mg/mL and 15.63 mg/mL, respectively. The hemp leave extract by ethyl acetate phase showed good stability after UV irradiation, sucrose addition and different

基金项目: 黑龙江省科学院学科领域创新能力提升专项计划(XKLY2018DQ01-3)、黑龙江省科学院青年基金面上项目(CXMS2019DQ03)

Fund: Supported by Heilongjiang Academy of Sciences Special Project for Enhancing the Innovation Ability of Subjects (XKLY2018DQ01-3) and Heilongjiang Academy of Sciences Youth Fund Project (CXMS2019DQ03)

*通讯作者: 李振伟, 高级农艺师, 主要研究方向为麻类育种与良种繁育。E-mail: 95513801@qq.com

*Corresponding author: LI Zhen-Wei, Senior Agronomist, Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Sciences, Daqing 163316, China. E-mail: 95513801@qq.com

temperature treatments. The acidic conditions and Ca^{2+} enhanced the antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Listeria*, Fe^{3+} reduced its antibacterial activity, Na^+ enhanced its antibacterial activity against *Listeria monocytogenes*, and K^+ increased its inhibitory effect against *Staphylococcus aureus*. **Conclusion** Hemp leaf extract has good antibacterial activity and bacteriostatic stability, which has the prospect of being developed and utilized as a natural preservative.

KEY WORDS: hemp leaf; antibacterial activity; stability

1 引言

添加防腐剂一直以来是防治食品中有害微生物的重要手段,然而传统化学防腐剂的残留以及所引起微生物耐药的问题日趋严重^[1]。研究发现,一些天然植物同时兼顾来源广泛、抗菌谱广、副作用小、耐药性低等优点^[2]。

汉麻(Hemp, *Cannabis sativa* L.)又称大麻、线麻、火麻、魁麻、寒麻等,属木兰纲、荨麻目、桑科、大麻属一年生草本植物^[3]。目前,我国汉麻种植面积已达 3.3 万公顷,年产量约 7.7 万吨^[4]。汉麻叶作为汉麻纤维和汉麻籽以外的副产物,含有丰富的酚类、萜类、黄酮类、生物碱等生理活性成分^[5],生长旺盛时期,占整个植株重量的 24%~25%^[6],但是人类对它的利用与开发还处于低级阶段,大部分作为废弃物,少部分用作肥料,造成了资源的极大浪费。

研究发现,汉麻叶对多种细菌和真菌具有抑制作用。雋美玲等^[7]报道了汉麻叶乙醇提取物对金黄色葡萄球菌具有较好的抑菌作用;崔广东等^[8]通过实验证明汉麻叶乙醇提取物的石油醚相对铜绿假单胞菌和白色念珠菌有显著的抑制作用;Chakraborty 等^[9]报道汉麻叶乙醇提取物对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌表现出良好的抗菌活性;杜军强等^[6]也对汉麻叶乙醇提取物进行了研究,发现其对红色毛癣菌、白色念珠菌、须癣毛癣菌、犬小孢子菌等具有抑制活性。但是有关汉麻叶对除金黄色葡萄球菌外的食源性致病菌的抑菌活性研究并不多,另一方面,有关汉麻叶抑菌的研究大多停留在抑菌效果上,尚缺乏对其抑菌稳定性的研究。

本研究以汉麻叶为原料,以 4 种常见食源性致病菌:金黄色葡萄球菌、单核细胞李斯特菌、大肠杆菌和沙门氏菌为供试菌,测定汉麻叶不同萃取相的抑菌活性并研究其抑菌稳定性,以期以为汉麻叶成分为先导化合物开发新型天然防腐剂提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

汉麻叶,采自黑龙江省科学院大庆分院试验田。
金黄色葡萄球菌标准菌株[ATCC25923]、大肠杆菌

[ATCC8739]、单核细胞李斯特菌[ATCC19115]、沙门氏菌[ATCC14028](上海鲁微科技有限公司);牛肉膏蛋白胨培养基、碘硝基四唑紫(iodonitrotetrazole, INT)(纯度 $\geq 99\%$,美国 Amresco 公司);无水乙醇、石油醚、乙酸乙酯、正丁醇、氯化钠、氯化钾、氯化钙(分析纯,辽宁泉瑞试剂有限公司);硫酸亚铁、三氯化铁(分析纯,天津博迪化工股份有限公司);琼脂粉(北京奥博星生物技术有限公司)。

FW100 型高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司);KQ3200B 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);旋转蒸发仪、SHZ-D(III)型循环水式多用真空泵(上海互佳仪器设备有限公司);恒温培养箱(上海博讯实业有限公司);LDZX-50KBS 立式高压蒸汽灭菌器(上海申安医疗设备有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 汉麻叶提取物的制备

汉麻叶阴干,粉碎过 60 目筛,每份样品称取 10 g,以料液比 1:15(m:V)的比例加入体积分数为 88%的乙醇溶液,超声波辅助提取 20 min,真空抽滤,重复 3 次,合并滤液,于 40 °C 旋转蒸发仪浓缩至膏状,依次经石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取,旋转蒸发仪浓缩至 10 mL(生药浓度 1 g/mL,即 1 mL 溶液中含有效成分来源于 1 g 汉麻叶),经 0.45 μm 微孔滤膜过滤除菌后,得到汉麻叶提取物石油醚相、乙酸乙酯相、正丁醇相、水相储备液,4 °C 保存,用于抑菌实验。

2.2.2 菌悬液的制备

在无菌条件下,用接种环将活化好的金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、单核细胞李斯特菌、沙门氏菌分别接种于已灭菌的斜面培养基,于 37 °C 恒温培养 24 h,挑取少许细菌,用无菌生理盐水稀释至 $10^6\sim 10^7$ CFU/mL,4 °C 保存备用^[10]。

2.2.3 抑菌圈直径的测定

采用牛津杯法^[11],在超净工作台中,将 15~20 mL 牛肉膏蛋白胨固体培养基倒入平皿中,待其凝固后,吸取各 100 μL 制备好的菌悬液,涂布均匀,平稳放入牛津杯(外径 8 mm),每个牛津杯中加入 200 μL 浓度为 1 g/mL 的汉麻叶提取物,生理盐水作为对照。实验重复 3 次,4 °C 冰箱放置 4 h,于 37 °C 恒温培养箱中培养 24 h 后,采用十字交叉

法测量抑菌圈直径。

2.2.4 最小抑菌浓度的测定

采用 96 孔板结合微量 2 倍梯度稀释法^[12,13]配制二倍系列梯度溶液, 使汉麻叶提取物最终生药浓度为 500、250、125、62.5、31.25、15.63、7.81、3.91、1.95、0.98、0.49 mg/mL。向 96 孔板第 1~12 孔加入 100 μ L 浓度为 10^6 ~ 10^7 CFU/mL 的菌悬液, 取 100 μ L 浓度为 1 g/mL 的汉麻叶提取溶液加入第 1 孔, 混匀后取 100 μ L 加入第 2 孔, 依次加样至第 11 孔, 第 12 孔只含有菌悬液, 作为对照, 于 37 $^{\circ}$ C 恒温培养 24 h, 取出, 每孔加入 10 μ L 的 INT 溶液, 孵育 30 min 后观察染色变化: 活细胞经 INT 染色后变为紫色, 颜色没有变化的最小浓度即为最小抑菌浓度 (minimum inhibitory concentration, MIC)^[14,15]。

2.2.5 温度对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

参考刘海燕等^[16]实验方法, 将浓度为 500 mg/mL 的汉麻叶提取物置于 20、40、60、80、100、121 $^{\circ}$ C 下处理 20 min, 牛津杯法测定抑菌圈的直径, 观察热处理对汉麻叶提取物抑菌活性的影响。

2.2.6 pH 对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

参考赵磊等^[17]实验方法, 用 1 mol/L 的 HCl 或 NaOH 将浓度为 500 mg/mL 的汉麻叶提取物 pH 分别调节为 1、3、5、7、9、11, 以未经处理的汉麻叶提取物作为对照, 常温平衡 30 min 后牛津杯法测量抑菌圈的直径, 比较 pH 对汉麻叶提取物抑菌活性的影响。

2.2.7 紫外光对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

参考段伟丽等^[18]实验方法, 分别将浓度为 500 mg/mL 的汉麻叶提取物置于紫外光下照射 5、10、15、20、25、30 min 后, 以未经处理的汉麻叶提取物作为对照, 测量其抑菌圈的直径, 确定紫外光照射对汉麻叶提取物抑菌活性的影响。

2.2.8 金属离子对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

参考张媛媛等^[19]实验方法, 将浓度为 500 mg/mL 的汉麻叶提取物分别加入氯化钠、氯化钾、氯化钙、硫酸亚铁和氯化铁, 配制含 0.05 mol/L 的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的混合液, 静置 3h, 以未经处理的汉麻叶提取物作为对照, 牛津杯法测量抑菌圈直径, 研究金属离子对汉麻叶

提取物抑菌活性的影响。

2.2.9 蔗糖对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

参考张媛媛等^[19]实验方法, 将浓度为 500 mg/mL 的汉麻叶提取物中加入蔗糖, 调节蔗糖浓度分别为 0.005、0.01、0.015、0.02、0.025、0.03 mol/L, 以未经处理的汉麻叶提取物作为对照, 测量各组抑菌圈直径, 研究蔗糖浓度对汉麻叶提取物抑菌活性的影响。

2.2.10 数据处理

实验数据运用 SPSS 17.0 对数据进行 Duncan 多重比较分析, 图表采用 GraphPad Prism 5 绘制。

3 结果与分析

3.1 汉麻叶提取物对不同供试菌的抑菌活性

采用牛津杯法研究汉麻叶提取物的抑菌活性并对抑菌活性物质进行追踪和筛选, 结果如表 1 所示。各菌株对汉麻叶提取物的敏感程度不同, 1 mg/mL 汉麻叶提取物对沙门氏菌和大肠杆菌无抑制活性, 但对单核细胞李斯特菌和金黄色葡萄球菌抑菌作用显著, 这可能是由于沙门氏菌、大肠杆菌 2 种革兰氏阴性菌细胞壁外侧的一层脂多糖阻止了汉麻叶提取物中的疏水性抑菌化合物进入到菌体细胞体内, 从而影响了抑菌效果^[20]。汉麻叶提取物各萃取相对金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径大小排序为: 乙酸乙酯相 > 正丁醇相 > 水相, 汉麻叶提取物各萃取相对单核细胞李斯特菌的抑菌圈直径大小排序为: 乙酸乙酯相 > 正丁醇相 > 水相, 汉麻叶石油醚萃取相对 4 种菌均无抑制作用。从抑菌圈直径来看, 汉麻叶抑菌活性成分主要分布于乙酸乙酯相, 且与单核细胞李斯特菌相对金黄色葡萄球菌对提取物更为敏感。

样品对菌体的 MIC 可以作为评价抑菌物质体外抑菌活性强弱的指标, 其值越小, 表明该样品对受试菌株的抑制作用越强, 实验结果如表 2 和图 1 所示。与抑菌圈直径结果一致, 汉麻叶抑菌活性成分主要分布于乙酸乙酯相, 该萃取相对金黄色葡萄球菌和单核细胞李斯特菌的 MIC 值分别为 7.81 mm 和 15.63 mm。因此, 筛选汉麻叶乙酸乙酯相进行后续研究。

表 1 汉麻叶提取物对不同食源性致病菌的抑菌圈直径($n=3$)

Table 1 The inhibition zone diameters of hemp leaves extract against different food-borne pathogens ($n=3$)

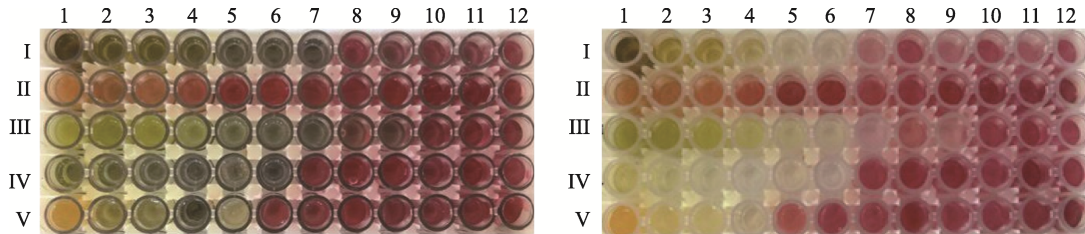
菌种	乙醇粗提物	石油醚相	乙酸乙酯相	正丁醇相	水相
金黄色葡萄球菌/mm	19.63 \pm 0.03	-	18.94 \pm 0.14	11.48 \pm 0.73	9.42 \pm 0.61
大肠杆菌/mm	-	-	-	-	-
单核细胞李斯特菌/mm	18.40 \pm 0.09	-	16.80 \pm 0.25	10.95 \pm 0.07	8.77 \pm 0.25
沙门氏菌/mm	-	-	-	-	-

注: “-”表示无抑菌作用

表2 汉麻叶提取物对不同食源性致病菌的最小抑菌浓度(mg/mL)
Table 2 The MIC of hemp leaves extract against different food-borne pathogens (mg/mL)

菌种	乙醇粗提物	石油醚相	乙酸乙酯相	正丁醇相	水相
金黄色葡萄球菌	7.81	-	7.81	15.63	62.5
单核细胞李斯特菌	7.81	-	15.63	31.25	62.5

注：“-”表示无抑菌作用。



注：孔1~11汉麻叶提取物浓度分别为500、250、125、62.5、31.25、15.63、7.81、3.91、1.95、0.98、0.49 mg/mL，孔12为对照；I~V列分别为汉麻叶粗提物、石油醚相、乙酸乙酯相、正丁醇相、水相。

图1 汉麻叶提取物对金黄色葡萄球菌(左)和单核细胞李斯特菌(右)的最小抑菌浓度

Fig. 1 The MIC of hemp leaves extract against *staphylococcus aureus*(left)and *listeria monocytogenes* (right)

3.2 温度对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

由图2可知，低于80℃时，汉麻叶提取物对2种供试菌保持良好的抑菌活性；80~100℃过程中，温度对2种供试菌的抑菌活性影响有所不同，对于金黄色葡萄球菌而言抑制作用变化不明显，但随着温度的升高，提取液对单核细胞李斯特菌的抑制作用逐渐减弱；在经过121℃、20 min的处理后，可能是由于高温破坏了抑制2种细菌生长的物质成分，抑菌活性迅速下降。但在实际生活中，常规的食品储藏温度均低于80℃，并不影响汉麻叶提取物的应用。因此，整体来看汉麻叶提取物中的抑菌活性成分具有良好的热稳定性。

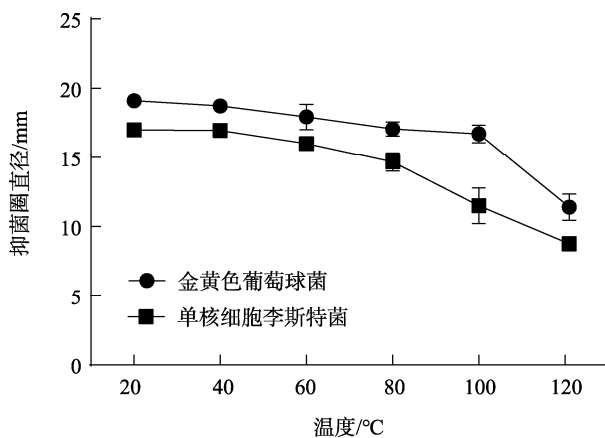


图2 温度对汉麻叶提取物抑菌效果影响($n=3$)

Fig.2 Effect of temperature on antibacterial activities of extract from hemp leaves extract($n=3$)

3.3 pH对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

pH变化对汉麻叶提取物抑菌效果影响如图3所示，pH值的变化对汉麻叶提取物的抑菌效果影响较大。在pH=1时，抑菌效果最强，随着pH值的升高，抑菌效果明显减弱。可见，酸性的环境有助于提高其抑菌活性，究其原因可能是在酸性环境下，不仅细菌本身的活性降低，还可以降低提取物中活性酚类化合物上所带的酚羟基的电离度，使其疏水性增加，易于与菌体细胞膜上的蛋白结合，从而促进其发挥抑菌作用^[21]；当pH大于7时，即碱性环境抑菌能力下降较快，可能是汉麻叶的提取物中的抑菌活性成分与碱性溶液发生反应而被破坏，从而降低了提取液的抑菌效果。因此，汉麻叶提取物更适用于酸性条件下的食品防腐保鲜。

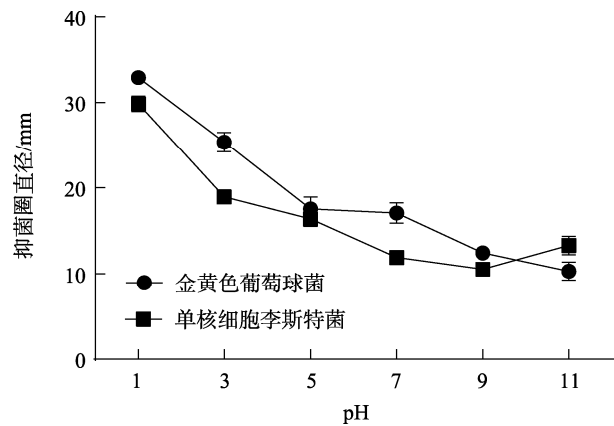


图3 pH对汉麻叶提取物抑菌效果影响($n=3$)

Fig. 3 Effect of pH on antibacterial activities of extract from hemp leaves extract($n=3$)

3.4 紫外光对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

紫外光对汉麻叶提取物抑菌活性的影响如图 4 所示, 经紫外光照射不同时间, 汉麻叶提取物对 2 种供试菌的抑菌圈直径变化不大, 说明汉麻叶提取物抑菌活性成分和结构不受紫外光的影响, 对紫外光具有很强的稳定性。

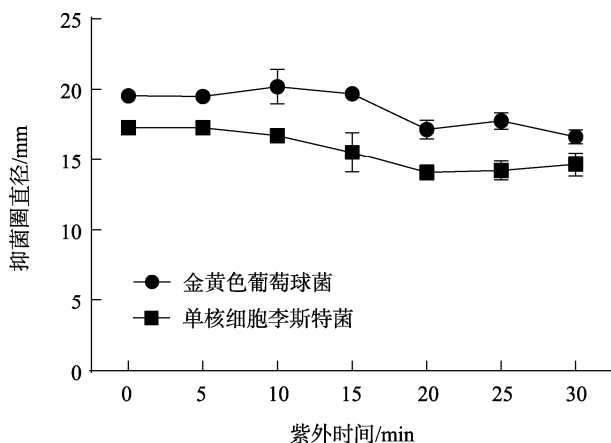


图 4 紫外光对汉麻叶提取物抑菌效果影响($n=3$)

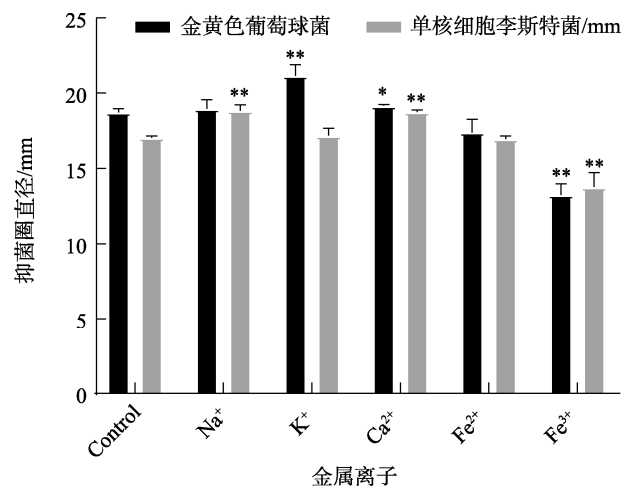
Fig.4 Effect of ultraviolet on antibacterial activities of extract from hemp leaves extract($n=3$)

3.5 金属离子对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

金属离子对汉麻叶提取物抑菌效果的影响如图 5 所示, 不同金属离子对 2 种供试菌的抑菌效果影响有差异。一方面, 金属离子可能通过与汉麻叶抑菌成分发生反应或直接破坏其抑菌成分, 降低抑菌效果; 另一方面, 金属离子本身可能具有抑菌活性, 或发生反应后的物质对供试菌有更强的抑制作用。结果显示, 添加 Na^+ 的提取液对金黄色葡萄球菌的影响不明显, 但对单核细胞李斯特菌的抑制有增效作用($P < 0.01$), 段伟丽等^[18]研究证实 NaCl 单独使用时对供试球菌几乎无抑菌作用, 但与艾蒿精油结合使用时, 可增加艾蒿精油的抑菌效果, 研究表明一定质量浓度的 NaCl 可影响细菌细胞内外的离子梯度, 改变细菌的代谢, 最终导致菌体死亡^[22]; 在 K^+ 的作用下, 汉麻叶提取物对金黄色葡萄球菌的抑制作用均有所增加($P < 0.01$), 但对单核细胞李斯特菌的抑制作用影响不明显($P > 0.05$), 可能是由于 K^+ 与抑菌成分发生螯合作用, 形成跨膜的离子通道, 促进其向菌体膜的渗透, 从而发挥其抑菌效果^[23]; Ca^{2+} 作用下对 2 种受试菌的抑制活性均有不同程度的增效作用, 尤其对单核细胞李斯特菌的抑制作用, 提取物对其抑菌圈直径由原来的 17.05 mm 增高到 18.76 mm, CaCl_2 作为一种电解质, 可破坏细菌细胞壁的主要成分肽聚糖, 使细胞壁通透性增大, 导致细菌变形、裂解而亡^[23,24]; Fe^{2+} 的添加未影响汉麻叶提取物对 2 种受试菌的抑菌活性($P > 0.05$), 但在 Fe^{3+} 作用下, 对 2 种受试菌的抑制活性均有不同程度的抑制作用($P < 0.01$), 研究发现 Fe^{3+} 促使汉麻叶中的黄酮等

抑菌成分发生变化^[25]。此外, 赵九阳等^[26]发现微量的 Fe^{3+} 会抑制 HBA/M- β -CD 包合物对阪崎肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌活性, 并且金属离子浓度增大, 包合物的抑菌活性反而减弱, 此结果与本研究一致。

因此, 在以汉麻叶提取物作为食品防腐保鲜成分的实际应用过程中应该充分考虑食品中金属离子的种类和含量。



注: **表示与对照组相比有极显著差异($P < 0.01$), *表示与对照组相比有显著差异($P > 0.05$)。

图 5 金属离子对汉麻叶提取物抑菌效果影响($n=3$)

Fig.5 Effect of metal ion on antibacterial activities of extract from hemp leaves extract($n=3$)

3.6 蔗糖对汉麻叶提取物抑菌活性的影响

蔗糖对汉麻叶乙醇提取物抑菌效果的影响的实验结果如图 6 所示。可以看出, 随着蔗糖浓度的增加, 汉麻叶提取物对 2 种供试菌的抑菌能力均缓慢提高, 随着蔗糖浓度由 0 mol/L 变为 0.03 mol/L, 汉麻叶提取物对金黄色葡萄球菌和单核细胞李斯特菌的抑菌圈直径分别由原来的 19.30 mm、16.00 mm 增长至 23.20 mm、19.43 mm。究其原因或许与汉麻叶作用后细菌胞内渗透发生变化^[27], 蔗糖溶液本身又产生一定的渗透压, 协同汉麻叶中生物碱等成分抑制微生物的生长有关^[28]。本实验中汉麻叶提取物与蔗糖表现出了协同效应, 一定程度上提高了汉麻叶提取物的抑菌能力。

4 结论

食品防腐剂的实际应用效果常常受多种条件的影响, 蔗糖、氯化钠等食品调味剂, 含有铁元素的肝脏类食物, 含有钾元素的果蔬类食物等都会对防腐剂的稳定性有不同要求。此外, 食品的温度、酸碱度等也会对防腐剂的效果产生影响。本研究对比了汉麻叶乙醇粗提物不同萃取相的抑菌活性并且针对模拟食品体系的主要因素对汉麻叶提取物的抑菌活性影响进行了探讨。

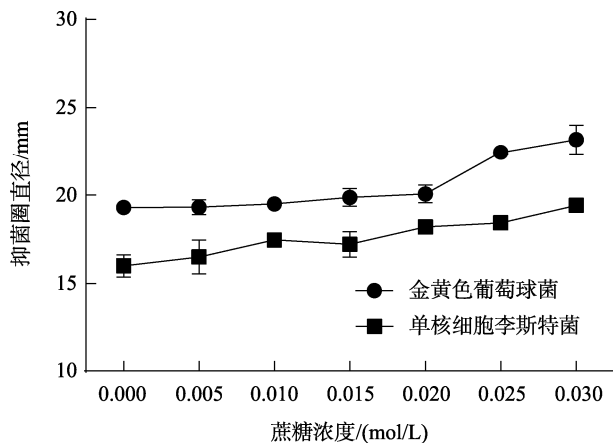


图6 蔗糖浓度对汉麻叶提取物抑菌效果影响(n=3)

Fig. 6 Effect of sucrose on antibacterial activities of extract from hemp leaves extract(n=3)

汉麻叶提取物的抑菌实验中,提取物对大肠杆菌和沙门氏菌不敏感,但极少量的提取物即可抑制金黄色葡萄球菌和单核细胞李斯特菌的生长,抑菌活性大小顺序为对金黄色葡萄球菌>单核细胞李斯特菌。进一步,选取食品生产中经常会采用的处理方式,如热处理、酸碱调节、不同金属离子和蔗糖的添加、紫外线照射,研究发现汉麻叶提取物在紫外线、蔗糖和高温条件处理下均保持了良好的抑菌能力,酸性条件及 Ca^{2+} 的添加可促进对金黄色葡萄球菌和单核细胞李斯特菌的抑菌活性, Na^+ 能够增强其对单核细胞李斯特菌的抑菌活性, K^+ 使其对金黄色葡萄球菌的抑制作用有所增加。综上,汉麻叶对金黄色葡萄球菌和单核细胞李斯特菌具有良好的抑菌活性及抑菌稳定性。

本研究对汉麻叶提取物的抑菌能力和抑菌稳定性进行了初步探讨,为汉麻叶提取物应用于食品防腐、抑菌提供理论依据,但对汉麻叶提取物中有效抑菌组分的结构鉴定、抑菌机制及毒理学评价等方面还有待进一步研究。

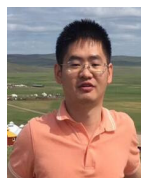
参考文献

- [1] 徐洁,施春雷,许学斌,等.上海市食源性金黄色葡萄球菌环丙沙星耐药性的形成与 *gyrA*, *grrA* 基因突变的相关性[J].中国食品学报,2015,15(11):148-153.
Xu J, Shi CL, Xu XB, et al. Correlation between quinolones-resistance and mutation of *gyrA* and *grrA* genes in food-borne *staphylococcus aureus* isolates from Shanghai [J]. J Chin Inst Food Sci Tech, 2015, 15 (11): 148-153.
- [2] Voukeng IK, Beng VP, Victor K. Antibacterial activity of six medicinal Cameroonian plants against Gram-positive and Gram-negative multidrug resistant phenotypes [J]. BMC Complem Altern M, 2016, 16(1): 388.
- [3] 张建春.汉麻综合利用技术[M].北京:长城出版社,2006.
Zhang JC. Comprehensive utilization technology of hemp [M]. Beijing: Great wall Publishers, 2006.
- [4] 张树权,王贵江,宋宪友,等.黑龙江省汉麻产业发展的优势和对策[J].黑龙江农业科学,2018,(1):125-128.
Zhang SQ, Wang GJ, Song XY, et al. Advantages and countermeasures of the development of hemp industry in Heilongjiang province [J]. Heilongjiang Agric Sci, 2018, (1):125-128.
- [5] Elsohly MA, Radwan MM, Gul W, et al. Phytochemistry of *Cannabis sativa* L [J]. Prog Chem Org Nat Prod, 2017, (103): 1-36.
- [6] 杜军强,何锦风,何聪芬,等.汉麻叶活性成分及其药理特性的研究概况[J].中国医药导报,2011,8(31):9-11.
Du JQ, He JF, He CF, et al. Review on active ingredients from *Cannabis sativa* leaves and its pharmacological characteristics [J]. Chin Med Herald, 2011, 8(31): 9-11.
- [7] 隽惠玲,史高峰,李春雷,等.低毒大麻叶茎浸膏抑菌作用的研究[J].安徽农业科学,2008,36(32):14168-14169,14196.
Juan HL, Shi GF, Li CL, et al. Study on the bacteriostasis of the extract of low toxic *Cannabis* leaves and stems [J]. J Anhui Agric Sci, 2008, 36(32): 14168-14169, 14196.
- [8] 崔广东,陈学福,史高峰,等.不同生长期的低毒大麻叶浸膏抑菌作用的研究[J].食品科技,2008,(2):192-194.
Cui GD, Chen XF, Shi GF, et al. Study on the bacteriostatic action to the extract of different grow period low poison *cannabis* leaves [J]. Food Sci Technol, 2008, (2): 192-194.
- [9] Chakraborty S, Afaq N, Singh N, et al. Antimicrobial activity of *Cannabis sativa*, *Thuja orientalis* and *Psidium guajava* leaf extracts against methicillin-resistant *staphylococcus aureus* [J]. J Integr Med, 2018, 16(5): 350-357.
- [10] Zou L, Hu YY, Chen WX. Antibacterial mechanism and activities of black pepper chloroform extract [J]. J Food Sci Technol, 2015, 52(12): 8196-8203.
- [11] Diao WR, Zhang LL, Feng SS, et al. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of the essential oil from *Amonum kravanh* [J]. J Food Prot, 2014, 77(10): 1740-1746.
- [12] 贺怡琼,于宏伟,史宝胜,等.野生酸浆根茎叶提取物的抑菌活性及其稳定性研究[J].食品科技,2016,41(4):208-212.
He YQ, Yu HW, Shi BS, et al. Antibacterial activity and stability of rhizome and leaf extract from wild *Physalis* [J]. Food Sci Technol, 2016, 41(4): 208-212.
- [13] 常曼曼,于宏伟,郭润芳,等.紫花地丁醇提取物对食源性致病微生物的抑制作用[J].食品科技,2017,42(6):215-219.
Chang MM, Yu HW, Guo RF, et al. Inhibition of extracts from *Viola yedoensis* Makino on food-borne pathogens [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(6): 215-219.
- [14] 潘旭迟,许剑锋,傅昱晟,等.3种植物挥发油抑制食源性细菌生长活性成分及机理[J].食品科学,2017,38(13):143-149.
Pan XC, Xu JF, Fu YS, et al. Antibacterial ingredients and mechanism of volatile oils from three kinds of plants against foodborne bacteria [J]. Food Sci, 2017, 38(13): 143-149.
- [15] 权美平,田呈瑞.水蒸气蒸馏法提取茜草精油抑菌活性及其机理的研究[J].食品与生物技术学报,2017,36(8):843-848.
Quan MP, Tian CR. Study on the antibacterial activity and its mechanism of essential oil from madder (*Rubia cordifolia* L.) extracted by hdrodistillation [J]. J Food Sci Biotechnol, 2017, 36(8): 843-848.
- [16] 刘海燕,张建伟.明日叶提取物抑菌活性成分稳定性的研究[J].食品研究与开发,2016,37(10):39-42.
Liu HY, Zhang JW. Study on stability of antibacterial activity

- compositions extracted from ashitaba [J]. Food Res Dev, 2016, 37(10): 39–42.
- [17] 赵磊, 林文轩, 迟茜, 等. 甜叶菊废渣提取物抑菌活性及抑菌稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(24): 168–172.
Zhao L, Lin WX, Chi Q, *et al.* Antibacterial activity and stability of *stevia rebaudiana* waste extract [J]. Sci Technol Food Ind, 2016, 37(24): 168–172.
- [18] 段伟丽, 刘艳秋, 包怡红. 艾蒿精油的抑菌活性和稳定性[J]. 食品与生物技术学报, 2015, 34(12): 1332–1337.
Duan WL, Liu YQ, Bao YH. Study on antimicrobial activities and stability of essential oil from *Artemisia argyi* [J]. J Food Sci Biotechnol, 2015, 34(12): 1332–1337.
- [19] 张媛媛, 冯亚净, 李书国. 五味子乙醇提取物的抑菌稳定性及抑菌机理研究[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(1): 55–60.
Zhang YY, Feng YJ, Li SG. Study on the antimicrobial stability and antibacterial mechanism of ethanol extracts from fructus *Schisandrae chinensis* [J]. Sci Technol Cereal Oil Food, 2016, 24(1): 55–60.
- [20] 林树花, 王伟, 张菊华, 等. 10种植物精油对蓝莓病原菌的体外抑菌活性初筛[J]. 湖南农业科学, 2018, (2): 73–75.
Lin SH, Wang W, Zhang JH, *et al.* The initial screening of ten plant essential oils *in vitro* antibacterial activity of blueberry pathogens [J]. Hunan Agric Sci, 2018, (2): 73–75.
- [21] Oussalah M, Caillet S, Saucier L, *et al.* Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat [J]. Meat Sci, 2006, (73): 236–224.
- [22] Jallali I, Zaouali Y, Missaoui I, *et al.* Variability of antioxidant and antibacterial effects of essential oils and acetonetic extracts of two edible halophytes: *Crithmum maritimum* L. and *Inula crithmoides* L. [J]. Food Chem, 2014, (145): 1031–1038.
- [23] 王子怀, 胡晓, 李来好, 等. 罗非鱼水解蛋白金属离子螯合物的抑菌活性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8): 79–82, 87.
Wang ZH, H X, Li LH, *et al.* Antibacterial activity of tilapia protein hydrolysates chelated with metal ions [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(8): 79–82, 87.
- [24] Mohammad J, Farideh TY, Seyed AM, *et al.* Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties [J]. Food Hydrocolloid, 2014, (36): 9–19.
- [25] 程晓强. 东北山核桃壳黄酮的抑菌作用及产品开发[D]. 延吉: 延边大学, 2018.
Cheng XQ. Antibacterial activity and products development of flavonoids from juglans mandshurica shell seed [D]. Yanji: Yanbian University, 2018.
- [26] 赵九阳, 赵冠宇, 刘玉梅. 六氢- β -酸/甲基- β -环糊精包合物的抑菌活性[J]. 精细化工, DOI: 10.13550/j.jxhg.20180495
Zhao JY, Zhao GY, Liu YM. Antimicrobial Activities of Hexahydro- β -Acids/Methyl- β -Cyclodextrin Inclusion Complex [J]. Fine Chemicals, DOI: 10.13550/j.jxhg.20180495
- [27] 胡唐玲, 云云, 徐志庆, 等. 白头翁汤正丁醇提取物抑制白念珠菌细胞膜[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(16): 3185–3190.
Hu TL, Yun Y, Xu ZQ, *et al.* Butyl alcohol extract of Baitouweng decoction inhibits *Candida albicans* cell membrane [J]. China J Chin Mater Medic, 2017, 42(16): 3185–3190.
- [28] 刘艳芳, 张德欣, 丁寅寅. 茄非食部分生物碱提取液抑菌活性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 67–71.
Liu YF, Zhang DX, Ding YY. Study on bacteriostatic activities of alkaloid extract from the inedible parts of the eggplant [J]. Food Mach, 2018, 34(1): 67–71.

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介



张正海, 助理研究员, 主要研究方向为食品科学。

E-mail: 343099556@qq.com



李振伟, 高级农艺师, 主要研究方向为麻类育种与良种繁育。

E-mail: 95513801@qq.com