

火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌活性及稳定性研究

Antibacterial activity and stability of *Polygonum chinense* Linn extracts on the *Staphylococcus aureus*

杨艾华 宋姗姗 王微微

YANG Ai-hua SONG Shan-shan WANG Wei-wei

(遵义医科大学基础医学院, 贵州 遵义 563000)

(College of Basic Medical Sciences, Zunyi Medical University, Zunyi, Guizhou 563000, China)

摘要:目的:研究火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌活性及稳定性。方法:用牛津杯法和微量肉汤稀释法来测定火炭母提取物的体外抑菌活性,并以金黄色葡萄球菌的 $OD_{600\text{ nm}}$ 值为指标,进一步探讨温度、pH、紫外线及 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等金属离子对其抑菌稳定性的影响。结果:火炭母提取物对金黄色葡萄球菌具有一定抑菌活性,最小抑菌浓度为 8 mg/mL;火炭母提取物在热处理、不同 pH、紫外线照射等情况下抑菌活性较为稳定;当添加不同金属离子时其抑菌活性具有明显差异,0.1 mol/L Na^+ 、 K^+ 处理时其抑菌活性有所下降,而在 0.1 mol/L Ca^{2+} 处理时其抑菌活性丧失。结论:火炭母提取物对金黄色葡萄球菌具有稳定的体外抑菌活性。

关键词:火炭母;提取物;金黄色葡萄球菌;抑菌活性;稳定性

Abstract: Objective: To study the antibacterial activity and stability of *Polygonum chinense* Linn extracts against standard strains of *Staphylococcus aureus* in vitro. **Methods:** The antibacterial activity of *Polygonum chinense* Linn extracts on the *Staphylococcus aureus* were determined by oxford cup test and microdilution broth method. The $OD_{600\text{ nm}}$ value of *S. aureus* was used as an index, and the influence of pH, temperature, ultraviolet radiation and metal ions on its stability was explored. **Results:** The results showed that *Polygonum chinense* Linn extracts had

certain inhibitory activity on *Staphylococcus aureus*, and the minimum inhibitory concentration was 8 mg/mL. In addition, *Polygonum chinense* Linn extracts had good antibacterial stability in the presence of heat treatment, acidic and basic condition, ultraviolet irradiation, but it was sensitive to metal ions. The antibacterial effect of metal ions on the *Polygonum chinense* Linn extracts was different, 0.1 mol/L Na^+ and K^+ could reduce its antibacterial effect, but under the treatment of 0.1 mol/L Ca^{2+} , the antibacterial activity was lost. **Conclusion:** *Polygonum chinense* Linn extracts had stable inhibitory activity against *S. aureus* in vitro.

Keywords: *Polygonum chinense* Linn; extracts; *Staphylococcus aureus*; antibacterial activity; stability

金黄色葡萄球菌是一种常见的食源性致病菌,广泛分布于空气、水、灰尘及人和动物的排泄物等自然环境中^[1-2]。据报道,中国 20%~25% 的细菌性食物中毒事件是由金黄色葡萄球菌所引起^[3],其存活能力强,能以生鲜肉、蛋、奶制品及速冻产品等食品为介质生长繁殖,并产生肠毒素、杀白细胞素和表皮脱落素等外毒素,对人体健康造成严重威胁^[4-5]。此外,金黄色葡萄球菌还能附着在物体表面形成生物被膜,增加了细菌本身对抑菌剂耐受性,以生物被膜状态存在的金黄色葡萄球菌能够抵抗多种不利的生存条件,在食品生产及加工环境中常规的清洗与消毒手段难以完全去除,为食品安全带来巨大隐患^[6-7]。

在食品中添加防腐剂是防止其变质、腐败的重要手段之一。但苯甲酸盐、亚硝酸盐、丙酸盐等食品领域常用的化学防腐剂,长时间或过量使用时有较多副作用^[8]。所以,具有安全无毒、作用高效及来源广泛等优点的天然防腐剂已越来越受到研究学者的关注与重视。研究^[9]发现,植物提取物含有的多糖、多酚、生物碱、挥发油等多种

基金项目:贵州省教育厅青年科技人才成长项目(编号:黔教合 KY 字[2017]189 号);遵义市科技局联合资金项目(编号:遵市科合 HZ 字[2020]82 号);遵义医科大学博士科研启动资金项目(编号:F-794);遵义医科大学大学生创新创业训练计划(编号:ZYDC2020109)

作者简介:杨艾华,女,遵义医科大学助理实验师,硕士。

通信作者:王微微(1984—),女,遵义医科大学副教授,博士。

E-mail: wangww1114@163.com

收稿日期:2021-07-14

活性成分,均具有不同程度的抑菌及抗氧化作用,可作为天然来源的食品防腐剂,防止食品污染并延长其保质期,在食品行业具有广阔的应用前景。

火炭母为蓼科蓼属植物(*Polygonum chinese* L.),其味酸甘,性微凉,具有清热除湿、凉血解毒、利肝明目、活血舒筋等功效^[10]。火炭母作为民间常见的中草药在中国分布广泛,作为凉茶等保健品的主要原料之一,在广东、广西等地区得到普遍使用^[11-12]。目前,关于火炭母的研究大多集中在成分提取、临床治疗等方面^[13-15]。研究拟以火炭母提取物为对象,评价其对金黄色葡萄球菌的抑菌活性,并对影响其抑菌活性的因素进行初步探讨,以期以火炭母作为天然防腐剂原料在食品防腐领域的开发及应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

火炭母:采集于遵义医科大学校园内,经上海中医药大学中药研究所吴立宏研究员鉴定为蓼科植物火炭母植株;

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, CMCC26003):遵义医科大学微生物学与免疫学实验室;

氯化钠、氯化钙、氯化钾、氢氧化钠、浓盐酸:分析纯,成都化学试剂厂;

营养琼脂培养基、LB 液体培养基:北京奥博星生物技术有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

旋转蒸发仪:RE-2000A 型,上海亚荣生化仪器厂;

超净工作台:BCM-1000A 型,苏州安泰空气技术有限公司;

离心机:TD5M-WS 型,上海卢湘仪离心机仪器有限公司;

立式压力蒸汽灭菌器:YXQ-LS 型,上海博迅医疗生物仪器股份有限公司;

酶标仪:ELx800 型,美国博腾仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 原料预处理 选取健康的火炭母植株茎叶洗净,置于 50℃ 烘干,粉碎得火炭母粉末,密封保存备用。

1.2.2 火炭母提取物制备 参照文献^[16]。准确称取一定量火炭母粉末,按照 $m_{\text{火炭母}}:V_{\text{水}}=1:10$ (g/mL) 加入蒸馏水,室温浸泡过夜。加热煮沸 1 h,纱布过滤,再加入蒸馏水煮沸。重复 2~3 次,合并滤液后用真空泵抽滤,滤液再经 40℃ 旋转蒸发仪减压浓缩得提取物浸膏,置于冰箱 4℃ 冷藏备用。使用前,取适量提取物浸膏配制 100 mg/mL 溶液,0.22 μm 微孔滤膜过滤除菌后使用。

1.2.3 菌悬液制备 从营养琼脂平板上挑取金黄色葡萄

球菌单菌落,接种于 LB 液体培养基中,37℃ 振荡培养至对数生长期,调整细菌浓度为 1.5×10^6 CFU/mL。

1.2.4 抑菌圈测定 采用牛津杯法^[17]。将 100 μL 菌液均匀涂布于平板上,取无菌牛津杯轻置于平板表面,再将 100 μL 火炭母提取物加入牛津杯,阳性对照组为 0.5% 山梨酸钾溶液,阴性对照组为无菌水,每组试验重复 3 次,37℃ 过夜培养后观察结果,测量抑菌圈直径。

1.2.5 最小抑菌浓度 MIC 测定 采用二倍稀释法^[17]。将火炭母提取物用无菌肉汤培养基稀释为 1~64 mg/mL 等不同浓度,取 96 孔板每孔中加入 100 μL 同上制备的 1.5×10^6 CFU/mL 金黄色葡萄球菌悬液,然后各孔加入 100 μL 不同浓度的火炭母提取物,以不添加菌液和火炭母提取物的肉汤培养基作为对照,每组设 3 个重复,37℃ 过夜培养后,肉眼观察各孔中细菌生长情况,再以酶标仪测定 OD_{600 nm} 值^[18]。

1.2.6 不同理化因素对火炭母提取物抑菌活性的影响

采用质量浓度为 8 mg/mL 的火炭母提取物进行该部分试验,具体方法如下:

(1) 温度对火炭母提取物抑菌活性的影响:将火炭母提取物分别在 20, 40, 60, 80, 100℃ 的水浴中处理 30 min,以未处理组作为阳性对照,不加样组作为阴性对照,以金黄色葡萄球菌为指示菌,每组试验设 3 个重复,采用 96 孔法分别检测不同温度对火炭母提取物抑菌活性的影响^[19]。

(2) 紫外线对火炭母提取物抑菌活性的影响:将火炭母提取物敞开放置在 20 W 紫外灯光下,分别照射 10, 20, 30, 40, 50, 60 min,以未处理组作为阳性对照,不加样组作为阴性对照,以金黄色葡萄球菌为指示菌,每组试验设 3 个重复,采用 96 孔法分别检测紫外线对火炭母提取物抑菌活性的影响^[19]。

(3) pH 对火炭母提取物抑菌活性的影响:分别用 1 mol/L 的盐酸和 1 mol/L 氢氧化钠溶液将火炭母提取物的 pH 调为 4.0, 6.0, 8.0, 10.0,以未处理组作为阳性对照,不加样组作为阴性对照,以金黄色葡萄球菌为指示菌,每组试验设 3 个重复,采用 96 孔法分别检测 pH 对火炭母提取物抑菌活性的影响^[19]。

(4) 金属离子对火炭母提取物抑菌活性的影响:将火炭母提取物分别与 0.1 mol/L 氯化钠、氯化钾和氯化钙溶液按 $V_{\text{提取物}}:V_{\text{盐溶液}}=1:1$ 混合,使火炭母提取物终质量浓度为 8 mg/mL,以未处理组作为阳性对照,不加样组作为阴性对照,以金黄色葡萄球菌为指示菌,每组试验设 3 个重复,采用 96 孔法分别检测各金属离子对火炭母提取物抑菌活性的影响^[19]。

1.2.7 数据处理 使用 Graphpad Prism 8.0 及 Excel 软件进行作图和单因素方差分析,* 表示具有显著性差异 ($P<0.05$); * * 表示具有极显著性差异 ($P<0.01$)。

2 结果与分析

2.1 火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌作用

2.1.1 抑菌圈直径 按照药敏试验以抑菌圈直径进行敏感性判断^[20]。结果显示,与阳性对照相比,100 mg/mL 的火炭母提取物对金黄色葡萄球菌具有更好的抑菌效果,抑菌圈直径为 (18.30 ± 0.12) mm,表现为高度敏感,与欧阳蒲月等^[21]的研究结果一致。

表 1 火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径

Table 1 The inhibition zone diameters of *Polygonum chinense* Linn extracts *S. aureus*

组别	抑菌圈直径/mm
火炭母提取物	18.30 ± 0.12
阳性对照	12.81 ± 0.10
阴性对照	—

2.1.2 最小抑菌浓度 如图 1 所示,37 °C 培养后,除空白组无细菌生长,其余试验组均有细菌生长,其中 1, 2, 4 mg/mL 质量浓度下有细菌生长,且与阳性对照组相比无明显差异。采用单因素方差分析,与未加样的阴性对照相比,在 8~64 mg/mL 质量浓度范围内的火炭母提取物对金黄色葡萄球菌生长具有极显著差异($P < 0.01$),其中 8 mg/mL 质量浓度下细菌生长受到抑制,即最低抑菌浓度为 8 mg/mL,且火炭母提取物的浓度越高,抑菌效果越强。

2.2 理化因素对火炭母提取物抑菌活性的影响

2.2.1 温度对火炭母提取物抑菌活性的影响 以金黄色葡萄球菌的 $OD_{600\text{ nm}}$ 值为指标探讨火炭母提取物的抑菌活性^[22]。如图 2 所示,与阳性对照组相比,20~80 °C 处理过的火炭母提取物抑菌活性较为稳定;而经过 100 °C 处理后的火炭母提取物抑菌活性有所下降,但仍具有一定抑菌效果,可能是因高温造成提取物中的抑菌有效成分发生变化^[23]。与阴性对照组相比,所有试验组均有极显著的抑菌活性($P < 0.01$),表现出良好的热稳定性,但保存及使用时不宜长时间处于高温环境,避免抑菌效果减弱。

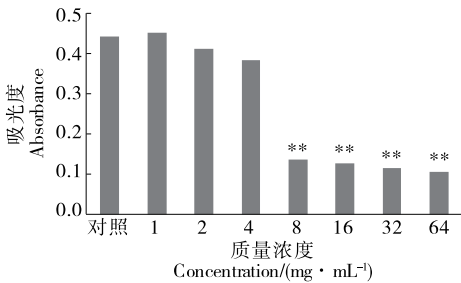


图 1 火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度
Figure 1 MIC of *Polygonum chinense* Linn extracts on *S. aureus*

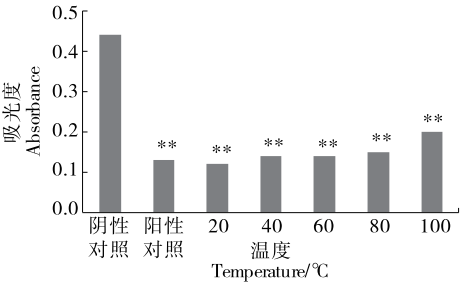


图 2 温度对火炭母提取物抑菌活性的影响
Figure 2 Effect of different temperature on the antibacterial activity of *Polygonum chinense* Linn extracts

2.2.2 紫外线对火炭母提取物抑菌活性的影响 如图 3 所示,随着紫外线照射时间延长,火炭母提取物的抑菌活性相对稳定,与未处理组相比无显著变化。而与未加药的阴性对照组比较,所有试验组均有极显著的抑菌活性($P < 0.01$)。说明火炭母提取物中的活性物质能够对抗紫外线的破坏,对紫外线处理表现出良好的稳定性,实际应用中可使用紫外线对提取物进行灭菌处理,同时亦不会影响其本身的抑菌能力。因此,火炭母提取物运用在食品加工及防腐过程中可结合紫外线共同进行杀菌处理。

2.2.3 pH 对火炭母提取物抑菌活性的影响 如图 4 所示,随着环境 pH 的升高或降低,火炭母提取物的抑菌活性都出现下降,可能因为酸性或碱性条件破坏了提取物中抑菌活性物质的结构或者活性^[24];而与未加药的阴性

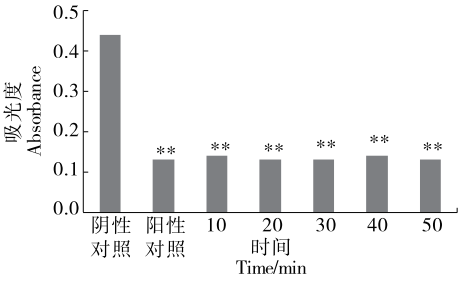


图 3 紫外线对火炭母提取物抑菌活性的影响
Figure 3 Effect of ultraviolet ray on the antibacterial activity of *Polygonum chinense* Linn extracts

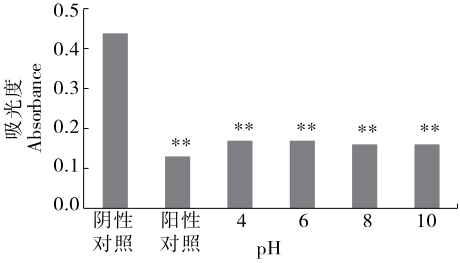


图 4 pH 对火炭母提取物抑菌活性的影响
Figure 4 Effect of different pH on the antibacterial activity of *Polygonum chinense* Linn extracts

对照组比较,所有试验组均有极显著的抑菌活性($P < 0.01$),说明火炭母提取物表现出良好的酸碱稳定性。

2.2.4 金属离子对火炭母提取物抑菌活性的影响 如图 5 所示,与阳性对照组相比,火炭母提取物在 0.1 mol/L NaCl 和 0.1 mol/L KCl 条件下,抑菌活性有所下降,但与阴性对照组相比仍具有极显著($P < 0.01$)抑菌活性。而在 0.1 mol/L CaCl_2 条件下,火炭母提取物丧失抑菌活性,原因可能是某些金属离子本身可与抑菌成分螯合,从而降低其抑菌能力^[25]。不同金属离子与火炭母提取物中的活性物质结合形成的络合物在结构和稳定性上存在一定差异,导致对其抑菌活性产生不同的影响^[26-27]。因此,火炭母提取物在应用于食品保鲜或防腐过程中,应考虑到食品本身或包装中涉及到的金属离子种类和数量等问题。

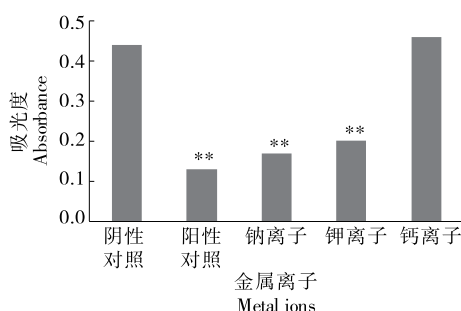


图 5 金属离子对火炭母提取物抑菌活性的影响

Figure 5 Effect of metal ions on the antibacterial activity of *Polygomon chinense* Linn extracts

3 结论

火炭母提取物对金黄色葡萄球菌具有显著的抑菌活性,其最小抑菌浓度为 8 mg/mL。经过不同温度加热处理后,火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌活性略有减弱,但仍然保持一定的敏感性;而随着紫外线照射时间的延长,火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌活性相对稳定,说明火炭母提取物对紫外线不敏感,在食品加工及防腐过程中可结合紫外线共同进行杀菌处理;在不同 pH 条件下,火炭母提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌活性略有下降,但仍具有一定的抑菌活性; Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 等不同金属离子对火炭母提取物抑菌活性的影响具有明显差异,其中 Na^{+} 、 K^{+} 能够降低其抑菌活性,而 Ca^{2+} 的加入导致其活性丧失。总体上,火炭母提取物表现出了良好的体外抑菌活性和稳定性。

由于火炭母提取物中成分较为复杂,后续将继续对火炭母提取物的安全性、抑菌机制及活性成分组成等进行研究,以期对火炭母资源的开发和利用打下基础。

参考文献

[1] 黄欣悦,陈娟,马欣玥. 食品中金黄色葡萄球菌定量风险评估的研究进展[J/OL]. 食品工业科技. [2021-06-07]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020080234>.

HUANG Xin-yue, CHEN Juan, MA Xin-yue. Research progress of quantitative risk assessment of *Staphylococcus aureus* in food[J/OL]. Science and Technology of Food Industry. [2021-06-07]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020080234>.

[2] MAHROS M M, ABD-ELGHANY S M, SALLAM K I. Multidrug-, methicillin-, and vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from ready-to-eat meat sandwiches: An ongoing food and public health concern [J]. International Journal of Food Microbiology, 2021, 346(1/2): 109165.

[3] 付萍,王连森,陈江,等. 2015 年中国大陆食源性疾病暴发事件监测资料分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2019, 31(1): 64-70.

FU Ping, WANG Lian-sen, CHEN Jiang, et al. Analysis of foodborne disease outbreaks in China mainland in 2015[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2019, 31(1): 64-70.

[4] 李红娜,袁飞,罗云敬,等. 金黄色葡萄球菌的检测方法及抑制剂研究现状[J]. 食品工业, 2016, 37(12): 248-251.

LI Hong-na, YUAN Fei, LUO Yun-jing, et al. The research status of detecting methods and inhibitors for *Staphylococcus aureus*[J]. The Food Industry, 2016, 37(12): 248-251.

[5] ZARDETTO S, BASAGLIA M. Growth of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin production in fresh egg pasta[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 42(9): e13753.

[6] 张钰皎,栗丽萍,曹晓娟,等. 食源性混合菌生物被膜的形成和相互作用机制[J]. 食品工业科技, 2019, 40(4): 312-316.

ZHANG Yu-jiao, LI Li-ping, CAO Xiao-juan, et al. Formation and interaction of multi-species biofilm formed by foodborne bacteria[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(4): 312-316.

[7] 吴嫚,李森,吴淑燕,等. 食源性致病菌菌膜形成影响因素研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(5): 239-243.

WU Man, LI Sen, WU Shu-yan, et al. A review of factor affecting biofilm formation by food-borne pathogenic bacteria[J]. Food Science, 2015, 36(5): 239-243.

[8] 范超,张梅,张晶. 天然防腐剂的研究进展[J]. 食品工业, 2017, 38(10): 200-203.

FAN Chao, ZHANG Mei, ZHANG Jing. The research progress of natural preservatives[J]. The Food Industry, 2017, 38(10): 200-203.

[9] 庆九, KHAING zar Myint, 俞新南,等. 植物源抑菌剂的抗氧化性及其在食品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(3): 113-117.

QING Jiu, KHAING zar Myint, YU Xin-nan, et al. Antioxidant properties of plant-based antimicrobial and its application in foods[J]. China Food Additives, 2021, 32(3): 113-117.

[10] 国家中医药管理局. 中华本草: 第 2 册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 648.

National Administration of Traditional Chinese Medicine. Chinese materia medica: 2 copies [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1999: 648.

[11] 任恒春. 火炭母和血三七化学成分及火炭母质量标准研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2009: 6.

- REN Heng-chun. studies on chemical constituents of *Polygonum chinense* Linn and *Polygonum amplexicaule* var. *sinense* and quality control of *Polygonum chinense* Linn[D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2009: 6.
- [12] 韦安达, 朱华, 谢凤凤, 等. 民族药材火炭母的研究进展[J]. 中国现代中药, 2020, 22(9): 1 580-1 586.
- WEI An-da, ZHU Hua, XIE Feng-feng, et al. Research progress of ethnic medicine *Polygonum chinense*[J]. Mod Chin Med, 2020, 22(9): 1 580-1 586.
- [13] 万红霞, 杨绍艳, 欧爱芬, 等. 20 种凉茶原料水提物的抗氧化和抗 MC-38 细胞增殖活性评价[J]. 食品科技, 2020, 45(6): 290-296.
- WAN Hong-xia, YANG Shao-yan, OU Ai-fen, et al. Evaluation of antioxidant and antiproliferation activity on MC-38 Cell of 20 kinds of herbal tea extracts[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(6): 290-296.
- [14] 萧栋, 陈瑜珍, 莫小路. 4 种广东常用清热解毒类中草药抑菌作用的研究[J]. 今日药学, 2019, 29(3): 166-169.
- XIAO Dong, CHEN Yu-zhen, MO Xiao-lu. Study on antibacterial activities of four Chinese herbal medicine commonly used in Guangdong[J]. Pharmacy Today, 2019, 29(3): 166-169.
- [15] 蔡家驹, 曾聪彦, 梅全喜. 火炭母水提物抗炎、镇痛作用的实验研究[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(1): 100-102.
- CAI Jia-ju, CENG Cong-yan, MEI Quan-xi. Effects of aqueous extract from *Polygonum chinense* L. on anti-pyrexia, anti-inflammation and abirritation[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2017, 28(1): 100-102.
- [16] 徐悦, 张卫明, 马世宏, 等. 芫荽水提物的体外抗氧化活性和抑制 α -葡萄糖苷酶作用的研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(3): 46-50.
- XU Rui, ZHANG Wei-ming, MA Shi-hong, et al. The antioxidation and inhibitory activity on α -glucosidase of coriander water extracts[J]. China Condiment, 2018, 43(3): 46-50.
- [17] 罗晓东, 吴志明, 李海秀, 等. 毛排钱草的体外抑菌活性及稳定性评价[J]. 中国现代中药, 2020, 22(10): 1 655-1 660.
- LUO Xiao-dong, WU Zhi-ming, LI Hai-xiu, et al. Evaluation of in vitro antibacterial activity and stability of *Phyllodium elegans*[J]. Mod Chin Med, 2020, 22(10): 1 655-1 660.
- [18] 石瑀, 张雨佳, 任怡琳, 等. 牛樟树提取物对食源性致病菌的抑制效果[J]. 食品科技, 2021, 46(4): 168-172, 179.
- SHI Yu, ZHANG Yu-jia, REN Yi-lin, et al. Antibacterial effect of *Cinnamomum Kanehirae* hay extract on food-borne pathogens[J]. Food Science and Technology, 2021, 46(4): 168-172, 179.
- [19] 刘鹏, 刘瑜倩, 兰太进, 等. 合浦珍珠提取物对金黄色葡萄球菌的体外抑菌活性及稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(14): 108-113.
- LIU Peng, LIU Yu-qian, LAN Tai-jin, et al. Antibacterial activity and stability of hepu pearl extracts on the *Staphylococcus aureus* in Vitro[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(14): 108-113.
- [20] 刘思玉, 葛武鹏, 赵丽丽, 等. 辣木籽提取物提取工艺优化及其对乳中蜡样芽孢杆菌的抑制作用[J/OL]. 食品工业科技. [2021-06-02]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020110107>.
- LIU Si-yu, GE Wu-peng, ZHAO Li-li, et al. Extraction process optimization of *Moringa* seed extract and its inhibition on *Bacillus cereus* in milk[J/OL]. Science and Technology of Food Industry. [2021-06-02]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020110107>.
- [21] 欧阳蒲月, 朱翠霞, 陈功锡, 等. 火炭母提取物抑菌活性的初步研究[J]. 化学与生物工程, 2012, 29(4): 37-40.
- OUYANG Pu-yue, ZHU Cui-xia, CHEN Gong-xi, et al. Preliminary research of antimicrobial activity of the extracts from *Polygonum chinense* Linn[J]. Chemistry & Bioengineering, 2012, 29(4): 37-40.
- [22] 张孟, 王艳婷, 汪立平, 等. 海洋抑菌放线菌 Y15 的筛选、鉴定及其代谢产物理化性质[J]. 微生物学通报, 2017, 44(3): 513-524.
- ZHANG Meng, WANG Yan-ting, WANG Li-ping, et al. Screening, identification and characterization of marine antimicrobial actinomycetes Y15[J]. Microbiology China, 2017, 44(3): 513-524.
- [23] 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 Yan-fang, ZHANG De-xin, DING Yin-yin. Study on bacteriostatic activities of alkaloid extract from the inedible parts of the eggplant[J]. Food & Machinery, 2018, 34(1): 67-71.
- [24] 马欣, 马蓉丽, 成妍, 等. 黄柏枝皮抑菌活性成分提取工艺及其稳定性研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2020, 51(4): 587-592.
- MA Xin, MA Rong-li, CHENG Yan, et al. Research on extraction process and stability of antifungal active components from *Phellodendron chinense* branch bark[J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2020, 51(4): 587-592.
- [25] 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 Hai-yan, ZHANG Jian-wei. Study on stability of antibacterial activity compositions extracted from *ashitaba*[J]. Food Research and Development, 2016, 37(10): 39-42.
- [26] 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.
- ZHANG Chuan-jun, LIU Chao, JIANG Xiao-kun. Antibacterial effect of ethanol extract from *Allium macrostemon bunge* bulbs[J]. Food Science, 2011, 32(5): 119-122.
- [27] 王旭捷, 陈春风, 杨慧, 等. 茶多酚金属络合物的制备及其抑菌活性[J]. 食品工业科技, 2020, 41(24): 113-117.
- WANG Xu-jie, CHEN Chun-feng, YANG Hui, et al. Preparation and bacteriostatic activity of tea polyphenol-metal complexes[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(24): 113-117.