

茄非食部分生物碱提取液抑菌活性研究

Study on bacteriostatic activities of alkaloid extract from the inedible parts of the eggplant

刘艳芳 张德欣 丁寅寅

LIU Yan-fang ZHANG De-xin DING Yin-yin

(阜阳职业技术学院, 安徽 阜阳 236031)

(Fuyang Vocational Technical College, Fuyang, Anhui 236031, China)

摘要:通过抑菌试验和稳定性试验,研究茄非食部分生物碱提取液对食品中 9 种常见污染菌的抑制作用,并考察热处理、pH 值、紫外线照射、蔗糖浓度及 NaCl 浓度对提取液抑菌活性的影响。结果表明,该提取液对酵母菌、细菌和霉菌均具有良好的抑菌效果,且抑菌效果显著优于 0.5% 的山梨酸钾;提取液的热稳定性良好,但当加热温度升高至 121 ℃ 时,抑菌效果会大幅降低;pH 值和紫外线照射对提取液抑菌活性也有一定的影响,最适 pH 值为 7~8,紫外线照射时间低于 30 min 时抑菌活性基本稳定,超过 30 min 后抑菌活性明显降低;随着糖或盐浓度的增加,提取液的抑菌作用增强。

关键词:茄;非食部分;生物碱提取液;抑菌活性

Abstract: The alkaloid extracts of the inedible parts from the eggplant in food were investigated by the bacteriostatic experiment and stability experiment. The common ability of bacteria inhibiting nine kinds of common spoilage microorganisms, and the influences of the heat treatment, pH value, ultraviolet irradiation, the concentration of sucrose and NaCl concentration on it were also studied. The results showed that the extract had good antibacterial effect on yeast, bacteria and mould, and a significant bacteriostatic effect was better than that of 0.5% potassium sorbate; the thermal stability of the extract was good under the temperature of 121 ℃, while the bacteriostasis effect greatly reduced when the treatment temperature reached to 121 ℃. The pH and ultraviolet radiation also had a certain influence on the extract bacteriostatic activity, the optimum pH value was 7~8; the bacteriostatic activity was basically stable when ultraviolet irradiation in less than 30 min, and significantly decreased 30 min later. In addition, the antimicrobial activity of the extract

increased with the increase of concentration of sugar or salt.

Keywords: eggplant; inedible parts; alkaloid extract; bacteriostatic activity

茄(*Solanum melongena* L.),别名茄子、矮瓜、吊菜子、落苏、青茄、紫茄、白茄,是茄科茄属一年生草本植物。研究^[1]发现:茄中含有有机酸、酚类、皂苷、鞣质、生物碱等多种生物有效成分。其中,生物碱是一类来源于生物界(以植物为主)的含氮有机化合物,是植物体内的一类次生代谢产物,多数生物碱分子具有较复杂的环状结构,且氮原子在环状结构内,呈现碱性。生物碱生物活性具有多样性的特点,对人体有一定保健作用。研究^[2]发现,生物碱是茄子中最有效的成分之一,具有平喘、镇痛、抗癌、降压等多种功效。

近年来,安全、天然的功能性食品防腐剂受到越来越多人的青睐,而生物碱正是植物体内天然存在的原有抗菌物质,被称为 phytoanticipins,它对食品中常见的腐败菌具有抑制作用,是一种良好的天然抑菌剂^[3],是发展安全、高效、广谱、环保的天然食品保鲜剂、防腐剂的潜在资源。目前,对生物碱的研究及利用在国内外都引起了普遍重视。蔡亚东等^[4]研究表明,龙葵、蒲公英提取物对番茄早疫病病原菌、黄瓜黑星病原菌、辣椒丝核病原菌、黄瓜枯萎病原菌 4 种病原菌有一定抑菌作用;郭紫娟等^[5]研究了不同提取条件下无花果中活性物质的抑菌作用,结果表明,无花果干水提物对真菌具有较好的抑制作用,乙醇提取物具有良好的广谱抑菌作用;多甜甜等^[6]研究了马铃薯糖苷生物碱的抑菌活性,结果表明,马铃薯糖苷生物碱提取液对供试真菌均具有一定的抑菌活性,以对腐皮镰刀菌的抑制效果最佳。诸如此类的研究多见于茄科植物番茄、马铃薯、龙葵等,而有关茄生物碱的研究,仅仅集中于果实中生物碱的分离纯化^[7-8],未见茄非食部分生物碱抑菌作用的研究报道。为了更好地探究茄非食部分生物碱提取液抑菌作用,本研究以食品中 9 种常见污染菌作为供试菌种,进行抑菌活性及抑菌稳定性探讨,旨在为

基金项目:安徽省高校自然科学研究重点项目(编号:KJ2016A560,皖教秘科[2016]11 号);安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目(编号:gxxyqZD2017126,皖教秘人[2017]28 号)

作者简介:刘艳芳(1980—),女,阜阳职业技术学院副教授,硕士。

E-mail: sweethec2008@126.com

收稿日期:2017-09-08

后续茄非食部分生物碱天然新型食品防腐剂的研究开发提供理论依据,并为茄废弃部分的综合开发利用、变废为宝提供思路。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

干燥的茄非食部分待测混合样品(包括茄子的根、茎、叶、蒂):丰宝紫红茄,安徽省阜阳市颍泉区继源蔬菜种植专业合作社。将收集到的茄非食部分室外自然晾干后,于60℃烘干,高速粉碎,过45目筛(孔径0.355 mm),得到茄非食部分粉末,用PVC/PE复合膜包装,4℃冰箱冷藏,备用。

75%乙醇、氯化钠、柠檬酸、蔗糖、碳酸氢钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、普通变形杆菌(*P. vulgaris*)、沙门氏菌(*salmonella*)、假丝酵母(*Candida albicans*)、啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)、青霉(*Penicillium sp*)、黑曲霉(*Aspergillus nige*):上海鲁微科技有限公司;

牛肉膏蛋白胨培养基:蛋白胨10 g、牛肉膏3 g、琼脂粉20 g、NaCl 5 g、水1 000 mL、pH 7.2~7.4,用于细菌培养;

马铃薯培养基:马铃薯200 g、琼脂粉20 g、葡萄糖10 g、水1 000 mL、自然pH,用于酵母菌、霉菌培养。

1.1.2 主要仪器与设备

高压灭菌锅:WDZX-200KC型,上海申安医疗器械厂;

超净工作台:ACB-4A1型,北京晨曦勇创科技有限公司;

超声清洗器:HD3100型,德国Bandelin公司;

旋转蒸发仪:RE5203型,上海比朗仪器制造有限公司;

生化培养箱:SPX-150型,无锡沃信仪器制造有限公司;

高速粉碎机:ST-G100型,北京旭鑫仪器设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 茄非食部分生物碱提取液的制备 取茄子非食部分干燥粉末100 g,用1 000 mL 75%乙醇溶解,35℃超声波(功率800 W)浸提40 min,抽滤,滤液用旋转蒸发仪浓缩成浸膏,用3%柠檬酸溶液调节浸膏pH值至2~3,过滤,滤液用Na₂CO₃调节pH至10.5,产生粗生物碱沉淀,20℃8 000 r/min离心40 min,弃去上清液,用氮吹仪吹干沉淀后,将其溶于10 mL无水乙醇,即得到茄非食部分生物碱提取原液,按两倍稀释法,依次得到其他浓度的悬浮液^[9-10]。

1.2.2 菌种的活化、菌悬液的制备 将各供试菌种接入相应试管斜面进行活化培养(细菌培养条件为:37℃、24 h;酵母菌、霉菌培养条件为:28℃、48 h)^[11]。分别用接种环挑取一环各活化好的供试菌体于装有少量无菌水的试管内,震荡摇匀、稀释,制成菌悬液(含菌量为 1.0×10^8 CFU/mL),备用。

1.2.3 茄非食部分生物碱提取液抑菌试验 采用滤纸片法^[12],分别移取200 μL 1.2.2中各菌悬液于平板上,用涂布

棒涂布均匀。将制备好的直径7 mm的无菌滤纸片浸入茄非食部分100%生物碱提取原液中30 min后,取出贴于平板表面,每种供试菌种做3次平行试验。因考虑到山梨酸钾具有良好的防霉性能,能对霉菌、酵母菌和好气性细菌的生长发育起抑制作用,是大多数国家使用最多的防腐剂,且食品防腐剂大多水溶性较差,但在乙醇中有良好的溶解性,乙醇组分单一、价格低廉,在科研和生产中要使食品防腐剂在介质中均匀扩散,大多情况下以乙醇作为溶媒使用。鉴于上述原因,本试验研究以浸入0.5%山梨酸钾溶液的滤纸片作阳性对照,以无水乙醇作阴性对照(以上均为无菌操作)。在适宜条件下培养后,测定并计算供试菌及对照组的平均抑菌直径。

1.2.4 最低抑菌浓度(MIC)的确定 采用两倍稀释法。以无水乙醇作为溶剂,将茄非食部分生物碱提取液按照一定浓度梯度配制成系列溶液,加入已融化的培养基中,均匀混合,使培养液中提取液浓度分别为0.391%,0.782%,1.563%,3.125%,6.250%,12.500%,25.000%,50.000%。待培养基凝固后,接种各供试菌种,适宜条件下培养并观察菌体生长情况^[13]。以无水乙醇作为空白对照。判断标准:肉眼观察无菌生长的培养基中提取液浓度最低者,即为茄非食部分生物碱提取液的最低抑菌浓度。

1.2.5 茄非食部分生物碱提取液的抑菌稳定性试验 各种抑菌物质抑菌效果均受介质状态、加热程度(热敏性)、pH值(耐酸碱性)、紫外光照射(光敏性)、糖盐浓度等因素的影响。

(1) 热处理对生物碱提取液抑菌稳定性的影响:将茄非食部分生物碱提取液分别置于40,60,80,100℃水浴及121℃湿热条件下处理30 min,用未经热处理的茄非食部分生物碱提取液作为对照,以金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、啤酒酵母、黑曲霉作为指示菌,采用滤纸片法,测定热处理后各样品的抑菌能力^[14]。

(2) 介质pH值对生物碱提取液抑菌稳定性的影响:用10%的NaHCO₃和10%的柠檬酸分别将茄非食部分生物碱提取液配制8个pH值梯度的溶液:3.0,4.0,5.0,6.0,7.0,8.0,9.0,10.0。以金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、啤酒酵母、黑曲霉作为指示菌,采用滤纸片法^[15],测定不同pH值条件下茄非食部分生物碱提取液抑菌能力。

(3) 不同紫外线照射对生物碱提取液抑菌稳定性的影响:将茄非食部分生物碱提取液在20 W 254 nm紫外灯光下,相距30 cm处分别照射5,10,20,30,40,60 min。用未经紫外线照射的茄非食部分生物碱提取液作为对照,以金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、啤酒酵母、黑曲霉作为指示菌,采用滤纸片法,测定不同时间紫外线处理后茄非食部分生物碱提取液抑菌能力的变化。

(4) 糖浓度对生物碱提取液抑菌稳定性的影响:配制蔗糖浓度分别为0.02,0.04,0.06,0.08,0.10 g/mL的牛肉膏蛋白胨培养基和马铃薯培养基(细菌培养使用牛肉膏蛋白胨培养基;酵母菌、霉菌培养使用马铃薯培养基),以不加蔗糖的牛肉膏蛋白胨培养基和马铃薯培养基为对照,将金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、啤酒酵母、黑曲霉作为指示菌,采用滤纸片

法,测定不同蔗糖浓度条件下,茄非食部分生物碱提取液抑菌能力的变化^[16]。

(5) 盐浓度对生物碱提取液抑菌稳定性的影响:配制 NaCl 浓度分别为 0.006,0.008,0.010,0.012,0.014 g/mL 的牛肉膏蛋白胨培养基和马铃薯培养基,以不加 NaCl 的牛肉膏蛋白胨培养基和马铃薯培养基为对照,将金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、啤酒酵母、黑曲霉作为指示菌,采用滤纸片法,测定不同蔗糖浓度条件下,茄非食部分生物碱提取液抑菌能力的变化。

2 结果与分析

2.1 茄非食部分生物碱提取液的抑菌效果

由表 1 可知,茄非食部分生物碱提取液对各种供试酵母菌、霉菌、细菌都有良好的抑制作用,对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌、假丝酵母、啤酒酵母、黑曲霉、沙门氏菌均有明显的抑菌作用,其中假丝酵母、啤酒酵母的抑菌圈直径最大,分别高达(28.63±0.42),(34.83±0.48) mm。另外,茄非食部分生物碱提取液的抑菌作用与 0.5%山梨酸钾溶液抑菌作用相比较,前者有显著性优势。陶永霞等^[17]研究了番茄生物碱粗提物对食品中常见腐败菌的抑菌效力,发现它对细菌和酵母菌具有较强的抑制作用,但对霉菌的抑菌作用较弱;尚天翠^[18]采用 MIC 和纸片法考查了曼陀罗提取物对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和酵母菌的抑菌性能,结果表明,曼陀罗对 4 种受试菌株都有抑菌活性,pH 值为 8

时,曼陀罗水提取物对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和酵母菌的抑菌性最好。以上研究结果与本试验基本一致。

2.2 茄非食部分生物碱提取液对各种供试菌的最低抑菌浓度(MIC)

茄非食部分生物碱提取液对各种供试菌的 MIC,采用两倍稀释法进行测定。由表 2 可知,茄非食部分生物碱提取液对假丝酵母、啤酒酵母的最小抑菌浓度最低,MIC 为 6.250%;对枯草芽孢杆菌、黄色葡萄球菌、沙门氏菌、黑曲霉的最小抑菌浓度其次,MIC 为 12.50%;而对大肠杆菌、普通变形杆菌、青霉的最小抑菌浓度最高,MIC 为 25.00%。最小抑菌浓度的大小进一步反映出茄非食部分生物碱提取液对各种供试菌的抑菌效力,MIC 越低,抑菌效力就越强,即该生物碱提取液对酵母菌的抑菌效果最显著,与滤纸片法测定出的抑菌效果一致。

2.3 茄非食部分生物碱提取液的抑菌稳定性

2.3.1 热处理对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响 由图 1 可知,茄非食部分生物碱提取液经不同温度处理 30 min 后,对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、啤酒酵母、黑曲霉 4 种指示菌的抑菌效果产生了一定的影响,且抑菌效果的变化趋势基本相同:当提取液的加热温度低于 100 ℃时,抑菌效果稳定性良好,其中当加热温度低于 60 ℃时,抑菌效果稳定性显著,抑菌圈基本无变化;当加热温度在 60~80 ℃时,

表 1 茄非食部分生物碱提取液对食品中常见污染微生物的抑菌效果

Table 1 Antimicrobial activities of alkaloid extract from inedible parts of the eggplant against common spoilage microorganisms in food (n=3) mm

试验组	大肠杆菌	枯草芽孢杆菌	金黄色葡萄球菌	普通变形杆菌	沙门氏菌	假丝酵母	啤酒酵母	青霉	黑曲霉
生物碱提取液	14.27±0.24	17.05±0.29	17.25±0.32	14.76±0.25	16.75±0.20	28.63±0.42	34.83±0.48	15.25±0.26	21.25±0.37
乙醇对照	7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00	7.00±0.00
山梨酸钾对照	10.20±0.08	9.37±0.18	9.52±0.10	9.21±0.20	9.72±0.18	8.15±0.14	8.67±0.26	7.86±0.22	8.05±0.15

表 2 不同浓度的茄非食部分生物碱提取液对食品中常见污染微生物的最低抑菌浓度[†]

Table 2 MICS of alkaloid extract from inedible parts of the eggplant with different concentrations against common spoilage microorganisms in food

生物碱提取液浓度/%	大肠杆菌	枯草芽孢杆菌	金黄色葡萄球菌	普通变形杆菌	沙门氏菌	假丝酵母	啤酒酵母	青霉	黑曲霉
50.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.50	+	—	—	+	—	—	—	+	—
6.250	++	+	+	++	+	—	—	++	+
3.125	+++	++	++	+++	++	+	+	+++	++
1.563	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++
0.782 0	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0.391 0	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
乙醇对照	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

[†] +++表示微生物大量生长;+表示微生物生长;—表示无微生物生长。

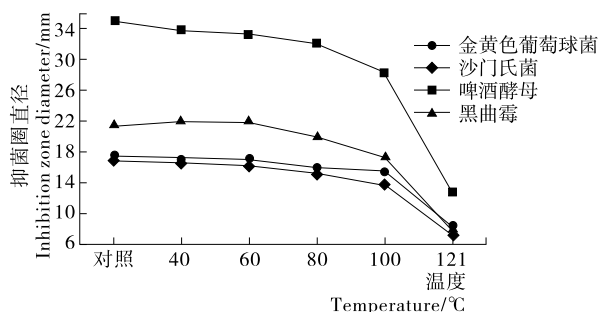


图1 热处理对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响

Figure 1 Effect of heat treatment on antimicrobial activity of alkaloid extract from inedible parts of the eggplant

4种指示菌的抑菌圈略有缩小,但不显著;随着加热温度继续升高至121℃时,茄非食部分生物碱提取液对4种指示菌的抑菌效果显著降低,表现为抑菌圈直径大幅度降低,但仍能表现出一定的抑菌作用。这可能是高温加热处理使该生物碱提取液中的抑菌成分产生了化学变化,从而导致其抑菌活性降低;亦或是高温使部分活性成分挥发,导致其抑菌活性降低^[19-20]。

2.3.2 介质pH值对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响 由图2可知,pH值对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响存在差异:当pH值为7.0时,对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、黑曲霉的抑菌作用最强,表现为抑菌圈直径最大;当pH值为8.0时,对啤酒酵母的抑菌作用最强,抑菌圈直径最大。且茄非食部分生物碱提取液抑菌效果随着pH值的变化,呈现抛物线形态,酸性或碱性越强,抑菌效能越差,抑菌圈直径越小。其原因可能是有效生物碱抑菌成分处于强酸、强碱条件时,质构发生了变化,从而使其抑菌能力降低^[21]。

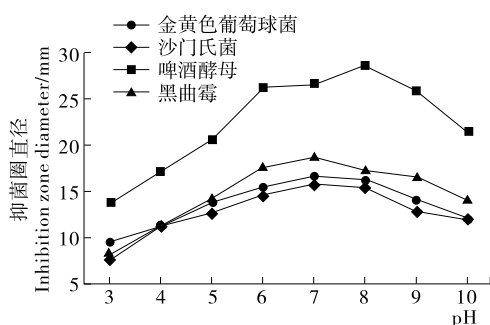


图2 pH对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响

Figure 2 Effect of pH value on antimicrobial activity of alkaloid extract from inedible parts of the eggplant

2.3.3 紫外线照射时间对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响 由图3可知,当紫外线照射处理时间在30min以内时,金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、啤酒酵母、黑曲霉4种指示菌的抑菌圈直径无显著变化,抑菌活性基本无改变;超过30min后,抑菌圈直径大幅减少,抑菌效果显著降低,但仍能表现出一定的抑菌作用。这可能是紫外线照射使部分

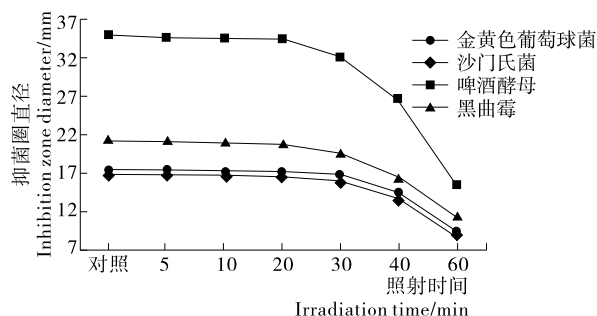


图3 紫外线照射时间对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响

Figure 3 Effect of UV irradiation on antimicrobial activity of alkaloid extract from inedible parts of the eggplant

提取液抑菌活性物质的结构发生了变化,导致抑菌活性降低^[22]。

2.3.4 糖浓度对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响 由图4可知,随着培养液蔗糖浓度的增高,茄非食部分生物碱提取液抑菌作用总体呈现上升趋势。当培养液中蔗糖浓度在0.02~0.04 g/mL时,4种指示菌的抑菌圈直径无显著变化,说明低浓度的蔗糖对提取液抑菌活性的影响不显著;0.04~0.08 g/mL时,抑菌圈直径明显增大,抑菌效果显著增强;0.08~0.10 g/mL时,抑菌圈直径无明显变化,稳定在高抑菌状态。这可能是蔗糖浓度达到一定程度,其本身会产生一定的渗透压,能协同抑制微生物的生长^[23]。

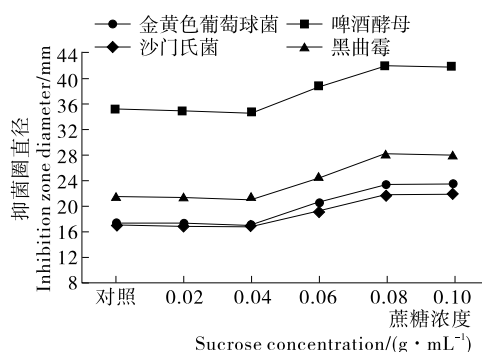


图4 糖浓度对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响

Figure 4 Effect of saccharose on antimicrobial activity of alkaloid extract from inedible parts of the eggplant

2.3.5 NaCl浓度对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响 由图5可知,随着培养液中NaCl浓度的增高,茄非食部分生物碱提取液抑菌效果有所增强。当培养液中NaCl浓度在0.006~0.008 g/mL时,4种指示菌的抑菌圈直径无明显变化,即对抑菌活性影响不显著;0.008~0.012 g/mL时,抑菌圈直径显著增大,抑菌效果显著增强;0.012~0.014 g/mL时,抑菌圈直径基本保持不变,抑菌效果稳定在较高水平。这可能是NaCl也会产生一定的渗透压,其浓度增加会增强提取液的抑菌效果^[24-25]。

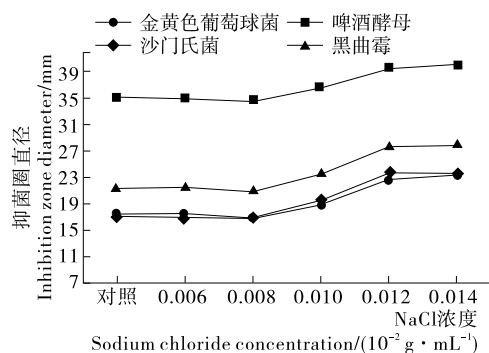


图 5 NaCl 浓度对茄非食部分生物碱提取液抑菌稳定性的影响

Figure 5 Effect of sodium chloride on antimicrobial activity of alkaloid extract from inedible parts of the eggplant

3 结论

本试验以食品中 9 种常见污染菌作为供试菌种,研究了茄非食部分生物碱提取液的抑菌活性,同时研究了不同条件下该生物碱提取液的抑菌稳定性^[26]。结果表明,茄非食部分生物碱提取液对 9 种供试菌均具有良好的抑菌效能,抑菌效果优于传统化学防腐剂山梨酸钠;条件不同,提取液抑菌能力具有差异性,当温度低于 100 ℃,pH 值 6~8,紫外照射处理时间小于 30 min,糖浓度在 0.08~0.10 g/mL,NaCl 浓度在 0.012~0.014 g/mL 时,抑菌稳定性较好。

茄子在中国各地均有大量种植,而茄非食部分作为废弃物,未得到科学合理的运用。本试验的研究证实,茄非食部分生物碱活性成分具有高效广谱抑菌作用,是一种良好的天然抑菌剂。这为后续茄非食部分生物碱天然食品防腐剂的开发研究提供依据,继而开辟茄非食部分综合开发利用的新途径。

参考文献

- [1] 李志文. 茄子体内糖苷生物碱的含量分布特征及其化学生态学功能研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2009: 35-39.
- [2] 汪璩植, 叶红. 茄子根总生物碱活血止痛作用的实验研究[J]. 中国中医药科技, 1999(6): 381-382.
- [3] 周金凤. 具有抑菌作用的中药提取物筛选及应用研究[D]. 昆明: 云南中医学院, 2015: 7-8.
- [4] 蔡亚东. 蒲公英、龙葵的抑菌活性及其加工制剂的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2003: 29-31.
- [5] 郭紫娟, 张凤英, 董开发, 等. 无花果干提取液抑菌活性的研究[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(5): 999-1 005.
- [6] 多甜甜, 何静, 陈伟, 等. 马铃薯糖苷生物碱的抑菌活性及其对菌体细胞膜透性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52(5): 50-54.
- [7] 李志文, 周宝利, 刘翔, 等. 茄子果实中 α -茄碱的高效液相色谱法检测[J]. 沈阳农业大学学报, 2008(4): 479-482.
- [8] 李妍, 李锋, 曹珂珂, 等. 茄子中生物碱提取及分离纯化研究[J]. 枣庄学院学报, 2016, 33(2): 97-102.
- [9] 高晓婷, 杨大伟, 蒋晨凤. 基于多级错流提取槟榔生物碱的工艺

- 优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 182-185, 258.
- [10] 董丽花, 闫超. 茄子皮色素的最佳提取工艺和稳定性研究[J]. 中国调味品, 2008, 33(12): 80-83.
- [11] 杜银香, 胡泽华. 地枇杷抑菌物质提取及抑菌活性研究[J]. 北方园艺, 2017(14): 150-155.
- [12] 刘铁秋, 卢发瑞, 杨晓红, 等. 石菖蒲醇提物对番茄灰霉抑菌稳定性及防效研究[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(9): 1 368-1 374, 1 420.
- [13] 李钟美, 黄和. 高良姜提取物抑菌活性及稳定性研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 55-59.
- [14] 陈佳佳, 刘凡, 廖森泰, 等. 桑叶提取物抑菌活性及抑菌稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 88-91.
- [15] 李群英, 廖红梅, 方正, 等. 牛至精油-白藜芦醇乳液的制备及抑菌活性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 110-114, 120.
- [16] 姜太玲, 吴红洋, 申光辉, 等. 花椒籽蛋白抗菌肽的抑菌作用及其稳定性研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(8): 129-135.
- [17] 陶永霞, 刘洪海, 王忠民, 等. 番茄生物碱粗提物抑菌作用的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2006(3): 438-440.
- [18] 尚天翠. 曼陀罗总生物碱抑菌活性的初步研究[J]. 辽宁化工, 2017, 46(9): 852-854.
- [19] 徐亚超, 盛杰, 刘安军. 白酒发酵副产物黄酒抑菌特性及稳定性研究[J]. 食品科学, 2017, 38(15): 122-126.
- [20] 胡静丽. 杨梅叶提取物抑菌作用的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2002: 29-30.
- [21] 王英臣. 酸浆宿萼中酸浆苦素抑菌稳定性的研究[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 68-71.
- [22] 游玉明, 黄琳琳. 山胡椒提取物的抑菌活性及其稳定性[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(5): 116-119.
- [23] 汪洪涛, 陈成, 余芳, 等. 紫叶李果实中总多酚的抑菌性及稳定性研究[J]. 食品工业, 2014, 35(8): 195-198.
- [24] 陈佳佳, 刘凡, 廖森泰, 等. 桑叶提取物抑菌活性及抑菌稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 88-91.
- [25] 黄筱娟, 纪明慧, 舒火明, 等. 菠萝叶乙醇提取物的抑菌活性及其稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(11): 166-169, 173.
- [26] 汪洪涛. 桔皮色素的抑菌性及稳定性研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 163-165, 185.