

不同产地香茅挥发油抑菌及抗氧化活性研究

欧阳婷^{1,2}, 黄星雨¹, 袁佳敏¹, 杨琼梁¹, 颜红^{1,3*}, 刘东艳¹, 刘诗琪¹

¹湖南中医药大学药学院, 长沙 410208; ²湖南中医药大学第一附属医院, 长沙 410007;

³中药成药性与制剂制备湖南省重点实验室, 长沙 410208

摘要: 研究湖南、广东、浙江、福建、海南香茅挥发油的抑菌作用及抗氧化活性, 为香茅挥发油的进一步开发利用提供基础。采用牛津杯法和试管稀释法测定挥发油的抑菌作用, 并从总抗氧化能力、羟基自由基($\cdot\text{OH}$)清除能力和 1,1-二苯基苦基苯肼自由基(DPPH)清除能力三个方面考察挥发油的抗氧化活性。结果表明: 香茅挥发油对大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、伤寒杆菌、痢疾杆菌、白色念珠菌、桔青霉、黑曲霉均有一定的抑制作用, 且不同产地的香茅挥发油对供试菌的抑制作用有一定的差异; 5 个产地的香茅挥发油均具有总抗氧化作用及清除 $\cdot\text{OH}$ 、DPPH 自由基的能力, 且随其质量浓度的增加而增大, 不同产地的香茅挥发油抗氧化活性有一定差异。

关键词: 香茅; 挥发油; 产地; 抑菌; 抗氧化活性

中图分类号: R285.5

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.1.012

Antibacterial and Antioxidant Activities of the Volatile Oil of *Cymbopogon Citrates* from Different Gegions

OUYANG Ting^{1,2}, HUANG Xing-yu¹, YUAN Jia-min¹, YANG Qiong-liang¹,

YAN Hong^{1,3*}, LIU Dong-yan¹, LIU Shi-qi¹

¹School of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China; ²The First Hospital of Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410007, China; ³Hunan Provincial Key Laboratory of Druggability and Preparation Modification of TCM, Changsha 410208, China

Abstract: Antibacterial activities and antioxidant activities of the volatile oil of *Cymbopogon citrates* from Hunan, Guangdong, Zhejiang, Fujian and Hainan were studied in this article, it provided the basis for further development and utilization of the volatile oil from *Cymbopogon citrates*. Antibacterial activities of the volatile oil were determined through Oxford cup method and tubes serial dilution method, the antioxidant activities were also evaluated based on the total antioxidant, hydroxyl radical, and scavenging DPPH radical activities. The results revealed that the volatile oil from *Cymbopogon citrates* had inhibitory effects on *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella enteric*, *Shigella Castellanii*, *Candida albicans*, *Penicillium citrinum* and *Aspergillus niger*; and there were differences in the inhibitory abilities of volatile oil from different regions. All of the volatile oil from five different regions had the total antioxidant, scavenging OH radical and DPPH radical capacities, which increased with the increase of the concentration. There were some differences in the antioxidative activities of the volatile oil from different regions.

Key words: *Cymbopogon citrates*; volatile oil; regions; antibacterial activities; antioxidative activities

香茅 [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf] 系禾本科香茅属多年生草本植物, 又名香茅草、柠檬草, 主要分布于东半球热带与亚热带地区, 我国香茅资源十分丰富, 海南、广东、广西、福建、云南等地多有栽

培。香茅茎叶具有柠檬香气, 可提取具有柠檬香味、淡黄或橙黄色的挥发油, 挥发油为香茅的主要活性成分。香茅挥发油应用较为广泛, 目前多用于肥皂、香精、香水等日用品的香味剂^[1], 还可用于合成薄荷脑、驱蚊剂^[2]。此外, 香茅及香茅挥发油药用历史悠久, 临床可治疗感冒头身疼痛、风寒湿痹、脘腹冷痛、泄泻、跌打损伤、月经不调等症^[3-4]。现代药理研究表明, 香茅挥发油具有保护胃黏膜、抗氧化、免

收稿日期: 2017-07-12 接受日期: 2017-11-02

基金项目: 湖南省“中药学”重点学科项目(2011-76); 林业公益性行业科研专项(201404608); 湖南省科技厅平台建设项目(2016TP1017)

* 通信作者 Tel: 86-731-88458231; E-mail: yh8632@126.com

疫调节及抑菌等多种药理活性^[5-8]。已有研究报道,香茅挥发油对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、白色念珠菌、黄曲霉、红色毛癣菌等菌株具有一定的抑制作用^[6],且有良好的抗氧化活性^[4],但不同产地香茅挥发油抑菌抗氧化活性的比较研究目前未见报道。本文在前期研究的基础上,分别考察了湖南长沙、广东广州、浙江温州、福建福清、海南万宁五个产地的香茅挥发油抑菌及抗氧化活性,以期对香茅挥发油的进一步开发利用提供参考。

1 仪器与材料

1.1 仪器

LDZX-30 KBS 立式压力蒸汽灭菌器(上海申安医疗器械厂);GSP-9160 MBE 隔水式恒温培养箱(上海博远实业有限公司医疗设备厂);SK2200H 超声波清洗器(海科超导超声仪有限公司);CP114 型电子天平(奥豪斯国际贸易有限公司);挥发油测定器(上海玻璃仪器厂);TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);DK-98-II A 电热恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司);ME2002E 型电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司);GHP-9160 隔水式培养箱(金坛市国旺实验仪器厂);10~20 μL 、20~200 μL 、200~1000 μL 可调式移液器(大龙/DRAGONLAB);60 mm 培养皿(NEST)。

1.2 药品与试剂

香茅挥发油(湖南长沙、广东广州、浙江温州、福建福清、海南万宁,系人工栽培,2015年8月采摘,新鲜香茅剪碎至约0.7 cm,经水蒸气蒸馏法提取,无水硫酸钠脱水后,4 $^{\circ}\text{C}$ 储存于棕色密封玻璃瓶备用,储藏时间为20 d);大肠埃希菌(*Escherichia coli*, CMCC 44138)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, CMCC 26003)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*, CMCC 63501)、伤寒杆菌(*Salmonella enterica*, CMCC 50115)、痢疾杆菌(*Shigella Castellani*, CMCC 51212)、白色念珠菌(*Candida albicans*, CMCC 98001)、桔青霉(*Penicillium citrinum*, CMCC 08017)、黑曲霉(*Aspergillus niger*, CMCC 98003),由湖南中医药大学病原免疫学实验室提供;柠檬醛(97%, aladdin);制霉菌素药敏纸片、复方新诺明药敏纸片、营养琼脂培养基、沙氏琼脂培养基和营养肉汤均购自杭州天和微生物试剂有限公司;无水乙醇(湖南汇虹试剂有限公司),蒸馏水(自制),三吡啶三吡嗪

(TPTZ)、七水合硫酸亚铁、无水乙酸钠、无水乙醇、盐酸、六水合三氯化铁、冰醋酸、三羟甲基氨基甲烷(Tris)、焦性没食子酸、没食子酸丙酯(PG)等均为分析纯。

2 方法

2.1 香茅挥发油抑菌活性试验

2.1.1 8种菌悬液及含菌平板的制备

大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、伤寒杆菌、痢疾杆菌、白色念珠菌、桔青霉、黑曲霉8种菌种活化培养后,分别用营养肉汤溶液将各菌液的浓度调至 1×10^5 CFU/mL,备用。将已灭菌的培养基倒入水平放置的无菌平板,每平板8 mL,使培养基平铺,待每个平板中培养基冷却凝固后,分别用无菌移液枪吸取上述8种菌悬液100 μL 注入平板,再用无菌涂布棒迅速将菌液涂抹均匀,即得含菌平板^[9]。

2.1.2 香茅挥发油抑菌圈的测定-牛津杯法

将牛津杯置于含菌平板上,在牛津杯中分别加入100 μL 香茅挥发油溶液(以50%乙醇为溶剂,浓度为0.03 mL/mL),大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、伤寒杆菌和痢疾杆菌置37 $^{\circ}\text{C}$ 培养,白色念珠菌、桔青霉和黑曲霉置28 $^{\circ}\text{C}$ 培养。香茅挥发油溶液自牛津小杯处向平板周围扩散,溶液所达的范围内供试菌的生长受到抑制而出现抑菌圈,并用游标卡尺测量抑菌圈直径。根据抑菌圈直径的大小可判断香茅挥发油对不同供试菌的抑制效果^[9]。同时设立阳性对照(白色念珠菌及桔青霉、黑霉菌采用制霉菌素,其他供试菌采用复方新诺明)和溶剂对照。

2.1.3 香茅挥发油最低抑菌浓度(MIC)和最低杀菌浓度(MBC)的测定

每种菌种分别取11支无菌小试管,第1管加入营养肉汤1.9 mL,2~10管各加1 mL。于第1管加入香茅挥发油溶液(100 $\mu\text{L}/\text{mL}$,以50%乙醇为溶剂)0.1 mL,混匀后取1 mL加入第2管,依次对倍稀释,至第9管吸出1 mL弃去,第10、11管分为空白对照、溶剂对照。1~9管香茅挥发油溶液的浓度分别为5.00、2.50、1.25、0.63、0.32、0.16、0.08、0.04、0.02 $\mu\text{L}/\text{mL}$,再分别加入已校正浓度的菌液(1×10^5 CFU/mL)0.05 mL,每个浓度梯度设置3个重复,同“2.1.2”项下恒温培养箱培养。培养结束后无菌生长的试管所含的药物浓度即为最小抑菌浓度^[10,11]。

取上述最低抑菌浓度以上未见菌生长的各管培养物于琼脂平板上进行划线,细菌于 37 °C 下培养,观察有无菌生长;白色念珠菌及桔青霉、黑霉菌于沙氏琼脂培养平板上划线,置 28 °C 下培养,观察有无菌生长,计数少于 5 个菌落者即为该药的最低杀菌浓度^[12]。

2.2 香茅挥发油抗氧化活性试验

2.2.1 香茅挥发油总抗氧化能力测定-FRAP 法

FeSO₄-TPTZ 工作液光谱扫描:取一定体积 1 mmol/L FeSO₄ 溶液,蒸馏水补至 2 mL,再加入 TPTZ 工作液(0.3 mol/L 醋酸盐缓冲液(pH 3.6)、10 mmol/L TPTZ、20 mmol/L FeCl₃,三者比例为 10:1:1)3 mL,混匀,37 °C 反应 10 min,光谱扫描确定最大吸收波长。

总抗氧化能力标准曲线的绘制:分别取不同体积的 1 mmol/L FeSO₄ 溶液,按上述步骤于最大吸收波长处测定吸光度,以 FeSO₄ 溶液浓度 x 为横坐标,吸光度 y 为纵坐标,绘制总抗氧化能力标准曲线。

香茅挥发油总抗氧化活性测定:分别加入一定质量浓度的香茅挥发油乙醇溶液 2 mL 于试管中,再加入 TPTZ 工作液 3 mL,混匀,37 °C 反应 10 min,最大吸收波长处测定吸光度,平行测定 3 次,取平均值。抗氧化能力以相同吸光度值的 FeSO₄ 当量浓度表示,记为 FRAP 值,同时以没食子酸丙酯(PG)作为阳性对照^[13]。

2.2.2 清除羟基自由基的能力测定-Fenton 反应

参照 Fenton 反应的方法建立反应体系^[13,14]。反应体系所需溶液及试剂为:磷酸盐缓冲液(PBS, pH7.4)、0.75 mmol/L 邻菲啰啉无水乙醇、0.75 mmol/L FeSO₄ 溶液、不同质量浓度香茅挥发油乙醇溶液、0.01% 双氧水(最后加入)。具体操作为:反应体系置于 37 °C 恒温水浴中反应 1 h 后立即取出并迅速测定其在 536 nm 处的吸光度,平行测定 3 次,取平均值。同时以蒸馏水为空白对照,PG 为阳性对照。反应体系如表 1 所示,计算公式为清除率 = $[1 - (A_s - A_x) / (A - A_t)] \times 100\%$

表 1 各溶液加入反应体系体积(mL)

Table 1 The volume of the reaction system was added to each solution (mL)

分组 Groups	PBS	邻菲啰啉 Phenanthroline	FeSO ₄ 溶液 FeSO ₄ solution	蒸馏水 Distilled water	香茅挥发油 Volatile oil of <i>Cymbopogon citrates</i>	H ₂ O ₂
A	2.0	2.0	2.0	4.0	0	0
A _s	2.0	2.0	2.0	3.0	1.0	0
A _t	2.0	2.0	2.0	3.0	0	1.0
A _x	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0

2.2.3 清除 1,1-二苯基苦基苯肼(DPPH)自由基的能力测定

在以无水乙醇为溶剂的 2.0 mL DPPH 溶液(浓度 60 μmol/L)中分别加入 3 mL 不同质量浓度的香茅挥发油溶液,摇匀后在室温下放置 30 min,于 517 nm 处测定其吸光度,记为 A_s;以 3 mL 水代替样品作为空白对照,测定吸光度,记为 A₀;以 3 mL 样品与 2 mL 无水乙醇的混合液作为样品对照,其吸光度记为 A_x,消除试验中样品本身的颜色对吸光度测定的影响;用 3 mL 水与 2 mL 无水乙醇的混合液调整仪器的零点^[13,15]。每个样品每个质量浓度试验平行测定 3 次,取平均值,同时以 PG 为阳性对照。样品中 DPPH· 的清除率按以下公式计算:清除率 = $[A_0 - (A_s - A_x)] / A_0 \times 100\%$ (A_s:2 mL DPPH 溶液 + 3 mL 待测液;A_x:2 mL 无水乙醇 + 3 mL 待测

液;A₀:2 mL DPPH 溶液 + 3 mL 蒸馏水)。

3 结果

3.1 不同产地香茅挥发油抑菌作用

八月份 5 个产地香茅挥发油(浓度为 0.03 mL/mL)对供试菌的抑菌效果如表 2 所示。分别以对供试菌抑菌圈直径最大的某产地香茅挥发油为对照,通过 SPSS 17.0 软件进行多重比较分析,结果显示,溶剂对香茅挥发油的抑菌活性没有影响,不同产地香茅挥发油对所有供试菌均有抑制作用,产地不同,抑菌活性存在一定差异。浙江香茅挥发油对大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌的抑菌圈直径最大,与其他产地香茅挥发油对上述三种菌的抑菌活性差异有显著性($P < 0.05$);对桔青霉的抑菌圈亦最大,对该菌的抑菌活性相比于广东、福建有显著

性差异($P < 0.05$), 相比于湖南、海南差异无显著性($P > 0.05$)。广东香茅挥发油对痢疾杆菌、黑曲霉的抑菌圈最大, 与其他产地对这两种菌的抑菌活性差异有显著性($P < 0.05$); 海南香茅挥发油对伤寒

杆菌的抑菌圈最大, 与其他产地对该菌的抑菌活性差异有显著性($P < 0.05$); 湖南香茅挥发油对白色念珠菌的抑菌圈最大, 与其他产地对该菌的抑菌活性差异有显著性($P < 0.05$)。

表2 不同产地香茅挥发油对供试菌的抑菌圈直径($n = 4$)

Table 2 The diameters of inhibition zone of volatile oil from *Cymbopogon citrates* on several test organisms for different regions($n = 4$)

菌种 Strains	产地 Regions	抑菌圈直径 Diameter (mm)	
		$\bar{x} \pm s$	95% 置信区间 95% confidence interval
大肠埃希菌 <i>Escherichia coli</i>	湖南 Hunan	15.68 ± 0.63 **	14.68 ~ 16.68
	广东 Guangdong	10.83 ± 0.65 **	9.80 ~ 11.86
	浙江 Zhejiang	19.92 ± 0.49	19.14 ~ 20.69
	福建 Fujian	14.81 ± 0.31 **	14.31 ~ 15.32
	海南 Hainan	10.99 ± 0.69 **	9.89 ~ 12.10
金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	湖南 Hunan	11.03 ± 0.47 **	10.28 ~ 11.78
	广东 Guangdong	20.74 ± 0.28 *	20.31 ~ 21.18
	浙江 Zhejiang	21.77 ± 0.48	21.00 ~ 22.55
	福建 Fujian	11.65 ± 0.54 **	10.79 ~ 12.51
	海南 Hainan	12.31 ± 0.70 **	11.20 ~ 13.42
枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	湖南 Hunan	12.65 ± 0.23 **	12.29 ~ 13.02
	广东 Guangdong	11.61 ± 0.39 **	10.98 ~ 12.24
	浙江 Zhejiang	20.93 ± 0.68	19.85 ~ 22.01
	福建 Fujian	10.98 ± 0.61 **	10.02 ~ 11.95
	海南 Hainan	12.35 ± 0.55 **	11.46 ~ 13.23
痢疾杆菌 <i>Shigella Castellani</i>	湖南 Hunan	12.71 ± 0.26 **	12.30 ~ 13.12
	广东 Guangdong	24.65 ± 0.26	24.23 ~ 25.07
	浙江 Zhejiang	12.25 ± 0.43 **	11.56 ~ 12.94
	福建 Fujian	13.11 ± 0.23 **	12.74 ~ 13.49
	海南 Hainan	14.14 ± 0.42 **	13.47 ~ 14.81
伤寒杆菌 <i>Salmonella enterica</i>	湖南 Hunan	14.98 ± 0.22 **	14.62 ~ 15.33
	广东 Guangdong	15.00 ± 0.52 **	14.18 ~ 15.83
	浙江 Zhejiang	19.65 ± 0.48 **	18.88 ~ 20.41
	福建 Fujian	13.68 ± 0.31 **	13.18 ~ 14.18
	海南 Hainan	24.00 ± 0.42	23.33 ~ 24.68
白色念珠菌 <i>Candida albicans</i>	湖南 Hunan	28.55 ± 0.39	27.93 ~ 29.17
	广东 Guangdong	19.17 ± 0.59 **	18.23 ~ 20.11
	浙江 Zhejiang	20.75 ± 0.31 **	20.25 ~ 21.24
	福建 Fujian	12.22 ± 0.62 **	11.25 ~ 13.20
	海南 Hainan	22.55 ± 0.32 **	22.03 ~ 23.06
桔青霉 <i>Penicillium citrinum</i>	湖南 Hunan	23.50 ± 0.34	22.96 ~ 24.04
	广东 Guangdong	21.28 ± 0.68 **	20.20 ~ 22.36
	浙江 Zhejiang	24.15 ± 0.56	23.26 ~ 25.05

续表 2 (Continued Tab. 2)

菌种 Strains	产地 Regions	抑菌圈直径 Diameter (mm)	
		$\bar{x} \pm s$	95% 置信区间 95% confidence interval
黑曲霉 <i>Aspergillus niger</i>	福建 Fujian	16.60 ± 0.93 **	15.12 ~ 18.09
	海南 Hainan	23.90 ± 0.21	23.56 ~ 24.23
	湖南 Hunan	17.15 ± 0.60 **	16.19 ~ 18.10
	广东 Guangdong	27.93 ± 0.42	27.27 ~ 28.59
	浙江 Zhejiang	19.42 ± 0.35 **	18.86 ~ 19.98
	福建 Fujian	15.24 ± 0.48 **	14.47 ~ 16.00
	海南 Hainan	13.26 ± 0.72 **	12.11 ~ 14.41

注: * 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$ 。

Note: * indicates $P < 0.05$, ** indicates $P < 0.01$.

3.2 不同产地香茅挥发油 MIC 和 MBC

八月份湖南、广东、浙江、福建、海南香茅挥发油 MIC 和 MBC 结果见表 3, 结果可知, 不同产地香茅挥发油对供试菌的 MIC、MBC 范围均为 0.63 ~ 1.25 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。5 个产地中, 以浙江香茅挥发油对大肠埃希菌、枯草芽孢杆菌的抑菌效果最好, 其 MIC 和 MBC 值均为 0.63 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。广东、浙江香茅挥发油对金黄色葡萄球菌抑菌效果为佳, 两个产地的 MIC 和 MBC 值均为 0.63 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。此外, 广东香茅挥发

油亦对痢疾杆菌、黑曲霉的抑菌效果最好, 其 MIC 值均为 0.63 $\mu\text{L}/\text{mL}$, MBC 值分为 0.63、1.25 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。海南香茅挥发油对伤寒杆菌抑菌效果最好, 其 MIC 和 MBC 值均为 0.63 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。湖南香茅挥发油对白色念珠菌抑菌效果最好, 其 MIC 和 MBC 值均为 0.63 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。对桔青霉的抑菌效果, 湖南、广东、浙江、海南 4 产地无差异, 均优于福建香茅挥发油。福建香茅挥发油对所有供试菌的 MIC 值和 MBC 值均为 1.25 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 抑菌效果最差。

表 3 不同产地香茅挥发油的最低抑菌浓度 (MIC) 和最低杀菌浓度 (MBC)

Table 3 MIC and MBC of volatile oil from *Cymbopogon citrates* for different regions

菌种 Strains	产地 Regions	MIC ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	MBC ($\mu\text{L}/\text{mL}$)
大肠埃希菌 <i>Escherichia coli</i>	湖南 Hunan	1.25	1.25
	广东 Guangdong	1.25	1.25
	浙江 Zhejiang	0.63	0.63
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	1.25	1.25
	湖南 Hunan	1.25	1.25
金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	广东 Guangdong	0.63	0.63
	浙江 Zhejiang	0.63	0.63
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	1.25	1.25
	湖南 Hunan	1.25	1.25
	广东 Guangdong	0.63	1.25
枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	浙江 Zhejiang	0.63	0.63
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	1.25	1.25
	湖南 Hunan	1.25	1.25
	湖南 Hunan	1.25	1.25

续表 3 (Continued Tab. 3)

菌种 Strains	产地 Regions	MIC ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	MBC ($\mu\text{L}/\text{mL}$)
痢疾杆菌 <i>Shigella Castellani</i>	广东 Guangdong	0.63	0.63
	浙江 Zhejiang	1.25	1.25
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	0.63	1.25
	湖南 Hunan	0.63	1.25
伤寒杆菌 <i>Salmonella enterica</i>	广东 Guangdong	1.25	1.25
	浙江 Zhejiang	0.63	1.25
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	0.63	0.63
	湖南 Hunan	0.63	0.63
白色念珠菌 <i>Candida albicans</i>	广东 Guangdong	0.63	1.25
	浙江 Zhejiang	0.63	1.25
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	0.63	1.25
	湖南 Hunan	0.63	0.63
桔青霉 <i>Penicillium citrinum</i>	广东 Guangdong	0.63	0.63
	浙江 Zhejiang	0.63	0.63
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	0.63	0.63
	湖南 Hunan	1.25	1.25
黑曲霉 <i>Aspergillus niger</i>	广东 Guangdong	0.63	1.25
	浙江 Zhejiang	1.25	1.25
	福建 Fujian	1.25	1.25
	海南 Hainan	1.25	1.25

3.3 不同产地香茅挥发油抗氧化作用

3.3.1 不同产地香茅挥发油总抗氧化能力

计算 FeSO_4 标准曲线,结果表明, FeSO_4 浓度在 $0 \sim 0.20 \text{ mmol/L}$ 时,其吸光度与浓度呈良好线性关系,其线性方程为: $y = 8.7787x - 0.0274$ (y 表示吸光度, x 表示浓度), R^2 为 0.9990。因此,选用 593 nm 处的吸光度换算成样品的 FeSO_4 当量浓度是可行的。

结果表明,PG 浓度为 0.001 mg/mL 时,FRAP 值已达 0.0254,而湖南、广东、浙江、福建、海南的香茅挥发油均具有总抗氧化作用,且总抗氧化活性随其质量浓度的增大而增强,质量浓度 $\geq 8 \text{ mg/mL}$ 时,湖南产香茅挥发油抗氧化效果最佳,但其抗氧化性大大弱于 PG,不同产地香茅挥发油总抗氧化活性结果见图 1。

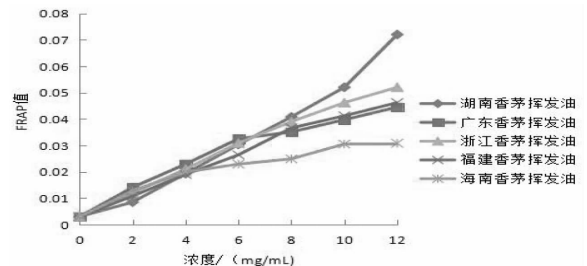


图 1 不同产地香茅挥发油总抗氧化能力

Fig. 1 Total antioxidant capacity of volatile oil from *Cymbopogon citrates* in different regions

3.3.2 不同产地香茅挥发油清除羟基自由基的能力

以浓度为横坐标,清除率为纵坐标,通过 DPS 软件进行曲线方程拟合,计算出 IC_{50} ,不同产地香茅挥发油对 $\cdot\text{OH}$ 的影响结果如表 4 所示。结果表

明,PG 浓度为 5 mg/mL 时,清除率达 90.12%,基本能完全清除羟基自由基;湖南、广东、浙江、福建、海南的香茅挥发油均具有清除·OH 的能力,且对·OH 清除率随浓度增加而升高,湖南产香茅挥发油清除·OH 能力最强,广东产香茅挥发油清除·OH 能力最弱。

3.3.3 不同产地香茅挥发油清除 DPPH 自由基的能力

由“2.2.3”中公式计算不同质量浓度香茅挥发

油对 DPPH 自由基的清除能力,以浓度为横坐标,清除率为纵坐标,通过 DPS 软件进行曲线方程拟合,计算出 IC_{50} ,结果如表 5 所示。结果显示,PG 浓度为 0.00002 mg/mL 时,清除率达 91.89%;湖南、广东、浙江、福建、海南的香茅挥发油均对 DPPH 有一定的清除能力,且随其质量浓度的增加而增大,湖南产香茅挥发油清除 DPPH 能力最好,广东产香茅挥发油清除 DPPH 能力最弱。

表 4 不同产地香茅挥发油对·OH 清除率

Table 4 ·OH clearance rate of volatile oil from *Cymbopogon citrates* in different regions

浓度 Concentration (mg/mL)	清除率 Clearance rate (%)				
	湖南 Hunan	广东 Guangdong	浙江 Zhejiang	福建 Fujian	海南 Hainan
10	26.19	13.45	11.11	13.79	18.26
12	30.00	18.10	22.98	23.12	23.4
14	37.82	20.16	30.41	28.12	31.03
16	43.69	24.41	35.89	34.15	37.32
18	57.26	33.06	40.91	44.72	46.15
20	67.69	46.82	52.85	51.29	54.68
IC_{50}	16.48	22.78	19.61	19.73	19.05

表 5 不同产地香茅挥发油清除 DPPH 的能力

Table 5 The ability to clear DPPH of volatile oil from *Cymbopogon citrates* in different regions

浓度 Concentration (mg/mL)	清除率 Clearance rate (%)				
	湖南 Hunan	广东 Guangdong	浙江 Zhejiang	福建 Fujian	海南 Hainan
2	24.26	14.47	21.7	23.83	19.15
4	31.06	17.02	25.11	28.51	23.83
6	36.17	20	31.49	30.64	27.66
8	41.7	23.83	37.02	35.74	32.77
10	48.09	27.23	38.3	37.87	35.32
12	55.32	34.47	46.38	40.85	45.53
IC_{50}	10.49	21.14	13.92	17.12	14.87

4 讨论与结论

八月份湖南、广东、浙江、福建、海南产的香茅挥发油对所有供试菌均有抑制作用,不同产地的香茅挥发油对同一供试菌的抑制能力存在一定差异。浙江香茅挥发油对大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、桔青霉的抑菌圈直径最大,广东香茅挥发

油对痢疾杆菌、黑曲霉的抑菌圈最大,海南香茅挥发油对伤寒杆菌的抑菌圈最大,湖南香茅挥发油对白色念珠菌的抑菌圈最大。不同产地香茅挥发油对供试菌的 MIC 和 MBC 影响不大, MIC 和 MBC 范围为 0.63 ~ 1.25 μ L/mL,福建香茅挥发油对所有供试菌的 MIC 值和 MBC 值均为 1.25 μ L/mL,抑菌效果最差。综上,香茅挥发油因产地不同抑菌活性存在一

定差异。

湖南、广东、浙江、福建、海南的香茅挥发油均具有总抗氧化作用,且总抗氧化活性随其质量浓度的增大而增强,质量浓度 $\geq 8\text{mg/mL}$ 时,湖南产香茅挥发油抗氧化效果最佳,但其总抗氧化性大大弱于PG;5个产地茅挥发油均具有清除 $\cdot\text{OH}$ 、DPPH的能力,且对 $\cdot\text{OH}$ 清除率随浓度增加而升高,湖南产香茅挥发油清除 $\cdot\text{OH}$ 、DPPH能力最强。

综上,不同产地的香茅挥发油具有一定的抑菌和抗氧化能力,作为天然抑菌剂和抗氧化剂具有良好的开发前景。香茅种质、生长环境、采收时期、保存条件等均可能对挥发油的含量和成分有影响,从而导致其生物活性有所差异^[16,17]。因此,实际应用中可通过控制这些影响条件,有针对性地对香茅挥发油的生物活性进行开发利用。

参考文献

- Zhang XM(张雪梅), Hu ZY(胡志宇). Research progress of *Cymbopogon* plants in China[J]. *Chin J Ethnomed Ethnoph*(中国民族民间医药), 2009, 18: 14-15.
- Liu J(刘军). Preparation of mosquito repellent fabric with microencapsulated Citronella oil and research on controlled release[D]. Hebei: Yanshan University(燕山大学), 2014.
- State Administration of traditional Chinese medicine《Chinese Materia Medica》editorial committee. Chinese Materia Medica(中华本草): The eighth volumes[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1999: 335.
- 《National Compendium of Herbal Medicines》editing group. National Compendium of Herbal Medicines, 2nd(全国中草药汇编)[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1996: 635.
- Dou YQ(窦玉琴), Zhang WD(张卫东), Li DS(李德山). Protective effect of citronella oil secondary components on gastric mucosa in rats[C]. The annual conference proceedings of Chinese Pharmaceutical Association(中国药学会学术年会论文集), 2004.
- Zhao JF(赵建芬), Li Y(李妍), Zhang SB(张素斌), et al. Study on citronella essential oil extraction with supercritical carbon dioxide and its antioxidant activity[J]. *Chin Food Additives*(中国食品添加剂), 2015, (12): 98-103.
- Lian XH(廉晓红), Li DS(李德山), Dou YQ(窦玉琴), et al. Effects of immunoregulation and inhibition on tumor of the extract from *Cymbopogon tirtus*(DC.) Stapf[J]. *J Shenyang Pharm Unive*(沈阳药科大学学报), 2005, 22(4): 295-297.
- Tang H(唐欢), Zhou LK(周理坤), Wang C(王春), et al. Study on antifungal activity of essential oils against *Aspergillus oryzae* separated from surface of cultural relics[J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*(香料香精化妆品), 2015, (05): 36-39.
- Dai XY(戴小阳), Xie M(谢勉), Li X(李霞), et al. The Screening of the bacteriostatic activities of artemisia rubripes Nakai Extractives[J]. *J Anhui Agri Sci*(安徽农业科学), 2012, 40: 5886-5890.
- Wu GJ(邬国军), Dai G(戴橄), Tan YR(谭宇蓉). Experimental Medical Microbiology, 1st[M]. Hunan: Central South University Press, 2006: 60-61.
- Yang YY(杨英铎), Lu DH(陆大洪), Yang DM(杨冬梅), et al. Antibacterial activity and mechanism of essential oil from *Cinamomum camphora* on *Staphylococcus aureus*[J]. *Mod Chin Med*(中国现代中药), 2017, 19: 372-376.
- Yang J(杨杰), Li ZH(李忠海), Huang L(黄凌), et al. Antimicrobial activity of the volatile oil from *Valeriana officinalis* L[J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*(时珍国医国药), 2009, 20: 1651-1652.
- Xu C(徐超), Wang HF(王鸿飞), Shao XF(邵兴锋), et al. Study on antioxidant activity and reducing blood fat function of Kaga Oil[J]. *J Chin Cereals and Oils Association*(中国粮油学报), 2012, 27(8): 43-47.
- Deng H(邓红), Tian ZQ(田子卿), Fan XC(范雪层), et al. Antioxidation activity in vitro of cold pressed *Xanthoceras sorbifolia* Bunge kernel oil[J]. *China Oils and Fats*(中国油脂), 2012, 37(1): 28-32.
- Peng Y(彭燕), Cai WN(蔡文凝), Xiao SH(肖生鸿), et al. Study on chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of *Vetiveria zizanioides* oil[J]. *Food Industry*(食品工业), 2017, 38: 167-170.
- Yu ST(喻世涛), Xiao LE(肖龙恩), Wang P(王萍), et al. Analysis of volatile components of *Cymbopogon citratus* from different habitats by GC-MS[J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*(香料香精化妆品), 2016, (06): 5-8.
- Huan SQ(郇树乾), Li Y(李岩), Wang J(王坚), et al. Effects of different fertilization levels on the biomass and Citronella oil output of lemongrass[J]. *Chin J Tropical Agric*(热带农业科学), 2014, (10): 33-35.