

不同生长环境和生长年限肉桂的出油率、挥发油成分及抑菌活性研究

张竿晦^{1,2,3}, 钱信怡³, 黄广智³, 李石兰³, 邓家刚^{2*}, 侯小涛^{1,2*}

1. 广西中医药大学 药学院, 广西 南宁 530200

2. 广西中药药效研究重点实验室, 广西 南宁 530200

3. 广西庚源香料有限责任公司, 广西 东兴 538100

摘要: **目的** 对比研究不同生长环境和生长年限肉桂出油率、挥发油成分和抑菌活性。**方法** 采用水蒸气蒸馏法提取肉桂挥发油, 经气相色谱-质谱技术分离和鉴定不同生长环境和生长年限肉桂油, 用归一化法测定其相对百分含量, 通过滤纸片法、微量稀释法分别测定抑菌圈直径及最小抑菌浓度 (MIC), 比较 7 份肉桂油对常见的 3 种致病菌的抑菌活性。**结果** 10 年生肉桂出油率最高, 为 6.41%; 20 年生肉桂出油率最低, 为 1.75%, 15 年生肉桂中疏植出油率最高, 为 4.48%; 7 份肉桂油共鉴定出 44 种化合物, 其中相对含量 $\geq 1\%$ 的共有成分为反式肉桂醛 (16.23%~73.08%)、 α -古巴烯 (7.39%~41.70%)、 β -杜松烯 (2.22%~12.30%)、 α -依兰油烯 (1.00%~9.16%)。抑菌实验显示, 不同生长环境和生长年限肉桂油对供试菌株大肠杆菌、金黄色葡萄球菌均有明显的抑制作用, 对绿脓杆菌抑制作用较弱, 其中 15 年生疏植、15 年生密植的抑菌活性较好。**结论** 肉桂出油率、肉桂挥发油成分和抑菌活性受生长环境和生长年限的影响, 肉桂油中除肉桂醛、 α -古巴烯外, 还含有其他有效抑菌成分。

关键词: 肉桂油; 肉桂醛; α -古巴烯; 生长环境; 生长年限; 抑菌活性

中图分类号: R282.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2019)12-2990-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.12.036

Oil yield, components and antimicrobial activity of volatile oils of *Cinnamomi Cortex* from different growth environments and growth years

ZHANG Zuo-hui^{1,2,3}, QIAN Xin-yi³, HUANG Guang-zhi³, LI Shi-lan³, DENG Jia-gang², HOU Xiao-tao^{1,2}

1. College of Pharmacy, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China

2. Guangxi Key Laboratory of Efficacy Study on Chinese Materia Medica, Nanning 530200, China

3. Guangxi GengYuan Flavor and Fragrance Co., Ltd., Dongxing 538100, China

Abstract: **Objective** To investigate the oil yield, components and antimicrobial activity of the essential oil of *Cinnamomi Cortex* from different growth environments and growth years. **Methods** Cinnamon oil was extracted by steam distillation, the chemical components were separated and identified by GC-MS, and the relative content of each component was determined by area normalization. The diameter of the inhibition zone and the minimum inhibitory concentration (MIC) were measured using filter paper method and micro dilution method. The antimicrobial effect of seven copies of cinnamon oil on three common pathogens of respiratory tract were evaluated. **Results** The highest oil yield was 10-year-old cinnamon (6.41%), the lowest was 20-year-old (1.75%), and sparse planting (4.48%) was the best among 15-year-old cinnamon. A total of 44 compounds were identified in the seven samples. The major common components with a relative content of more than 1% were trans-cinnamaldehyde (16.23%—73.08%), α -copaene (7.39%—41.70%), β -cadinene (2.22%—12.30%), and α -muurolene (1.00%—9.16%). The antibacterial experiments showed that essential oil of cinnamon from different growth environments and growth years had obvious inhibitory effect on the tested strains of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, but weaker inhibitory effect on *Pseudomonas aeruginosa*. Among them, volatile oil of 15-year-old sparse planting and close planting cinnamon had better antimicrobial activity. **Conclusion** Oil yield, essential oils

收稿日期: 2018-12-13

基金项目: 广西重点研发计划项目 (2017AB35155); 广西中药药效研究重点实验室 (16-380-29)

作者简介: 张竿晦 (1979—), 女, 博士, 讲师, 研究方向为天然药物的生物化工、农作物废弃物功能成分的开发与研究。

Tel: 15978195508 E-mail: zhangzuohui1979@126.com

*通信作者 邓家刚, 广西终身教授。E-mail: dengjg53@126.com

侯小涛, 教授, 博士生导师。E-mail: xthou@126.com

components and antimicrobial activity of cinnamon were affected by growth environments and growth years. Cinnamon oil contains other effective antimicrobial components besides cinnamaldehyde and α -copaene.

Key words: cinnamon oil; cinnamaldehyde; α -copaene; growth environment; growth year; antimicrobial activity

肉桂为樟科植物肉桂 *Cinnamomum cassia* Presl 的干燥树皮,多在春、秋两季剥取,阴干,作为传统中药材使用^[1]。肉桂性辛、甘、大热,具有补火助阳、散热止痛、温通筋脉的功效。现代药理表明肉桂具有抗炎、免疫调节、抗病原微生物、改善糖脂代谢、抗肿瘤、抗氧化、抗衰老等药理作用^[2]。肉桂挥发油是典型的香辛料精油,具有良好的广谱抑菌活性^[3-4],对李斯特菌、沙门杆菌、大肠杆菌以及金黄色葡萄球菌均有很强的抑菌活性^[5],对食源性腐败具有良好的抑菌作用^[6],用于果蔬保鲜^[7-8]和食品包装材料^[9-10],可在一定程度上增加抗菌性能,减少食源性疾病,延长果蔬及肉类的保质期。

肉桂挥发油的化学成分较为复杂,其成分及含量受产地^[11]、提取方法^[12]、生长年限^[13]等因素影响存在较大差异,用途也不同。经查阅文献,关于不同生长环境和生长年限肉桂挥发油组成和抗菌活性的比较未见报道。因此,本实验采用水蒸气蒸馏法提取不同生长环境和生长年限的 7 组肉桂油,比较其出油率;利用气相色谱-质谱联用技术分析确定其化学成分,比较各成分含量的差异;采用滤纸片法及微量稀释法测定其抗菌活性,为肉桂的科学种植及采收提供依据,为开发肉桂油单离产品作为植物源抗菌剂用于食品保鲜领域提供参考。

1 材料

1.1 材料与试剂

不同生长环境和生长年限肉桂于 2018 年 9 月 20 日采自广西东兴市广西庚源香料有限责任公司林场不同片区,经广西中医药大学韦松基教授鉴定为樟科植物肉桂 *Cinnamomum cassia* Presl 的皮。庆大霉素药敏纸片(含药量 10 μ g),杭州微生物试剂有限公司;蛋白胨、琼脂、牛肉膏粉,北京奥博星生物技术有限责任公司;乙醚为分析纯试剂,国药集团化学试剂有限公司;营养肉汤(pH 7.4 $\pm$ 0.2),广东环凯微生物科技有限公司;聚山梨酯-80 为化学纯,天津市富于精细化工有限公司;氯化钠分析纯,西陇化工有限公司。

1.2 仪器

QP2010 型气相色谱-质谱联用仪(GC-MS,日

本 Shimadzu 公司);SQP 电子分析天平[赛多利斯科学(仪器)有限公司];SXXW 型数显控温电热套(上海科恒实业发展有限公司);SW-CJ-IFD 洁净工作台(苏州安泰空气技术有限公司);生化培养箱(上海跃进有限公司);YX-24LDJ 高压灭菌,江阴滨江医疗设备有限公司;JG-04 型高速万能粉碎机(上海市精益工贸有限公司)。

1.3 供试菌种

大肠杆菌 *Escherichia coli* ATCC25922、绿脓杆菌 *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853、金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* ATCC6538,购买于广东省微生物菌种保藏中心。

2 方法

2.1 肉桂油的制备

将阴干 60 d 的不同生长环境和生长年限的肉桂粉碎后过 40 目筛。分别称取肉桂粉 50.0 g 于 1 L 圆底烧瓶,加入 500 mL 纯水浸泡 1 h,水蒸气蒸馏法回流提取 5 h,直至流出液无明显油珠为止,静置分液,无水硫酸钠干燥,得到相应的肉桂油。每组肉桂样品分别做 3 份平行实验,取其平均值即为该组肉桂出油率。将每组的 3 份油样合并,用移液枪分别取合并后的 7 份肉桂油各 250 μ L,丙酮定容于 5 mL 量瓶,即得 GC-MS 待测样品。

2.2 肉桂油成分分析

2.2.1 色谱条件 色谱柱为 Rxi5Sil (30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m),载气:高纯度氦气,体积流量 1.0 mL/min;柱前压:47.0 kPa,分流比:60:1;进样口温度:250 $^{\circ}$ C;接口温度 250 $^{\circ}$ C;程序升温过程:初始温度 80 $^{\circ}$ C,保留 1 min,以 5 $^{\circ}$ C/min 升至 200 $^{\circ}$ C,保留 1 min,再以 8 $^{\circ}$ C/min 升至 250 $^{\circ}$ C;进样量 0.6 μ L。

2.2.2 质谱条件 选用电子轰击(EI)离子源,电离能量 70 eV,电子倍增器电压 1.5 kV,溶剂延迟 3 min,质量扫描范围 m/z 33~550,全扫描方式。

2.3 肉桂油抑菌活性评价

采用滤纸片法^[14],选择大肠杆菌、绿脓杆菌 ATCC27853、金黄色葡萄球菌 ATCC6538 为供试菌种。分别称取“2.1”项中合并得到的 7 份肉桂油各 0.50 g,乙醚稀释,配制质量浓度为 500 mg/mL

样品溶液。以溶剂乙醚做为阴性对照 (CK), 含药量为 10 μg 的庆大霉素作为阳性对照 (CK1)。于不同鉴定菌种的培养基平板中间贴双层已灭菌滤纸片 ($d=6\text{ mm}$), 用移液枪滴加 10 μL 样品溶液 (含药量为 5 mg), 置于恒温箱中 37 $^{\circ}\text{C}$ 下培养 24 h, 每个样品做 3 个平行实验, 十字交叉法测量抑菌圈直径。

2.4 肉桂油最小抑菌浓度 (MIC) 的测定^[15]

采用微量肉汤稀释法测定 7 份肉桂油对 3 种供试菌的 MIC。将肉桂油分别溶于含 1% 聚山梨酯-80 营养肉汤中, 采用二倍稀释法进行稀释。取 180 μL 的营养肉汤加入到第 1 孔, 2~11 孔分别加入 100 μL 的营养肉汤; 取肉桂油 20 μL 加入到第 1 孔, 将其混匀, 从第 1 孔中取 100 μL 于第 2 孔, 混匀, 从第 2 孔中取 100 μL 于第 3 孔, 混匀, 以此类推, 依次稀释到第 11 孔, 第 11 孔混匀后弃去 100 μL , 得终浓度为 100.00、50.00、25.00、12.50、6.25、3.12、1.56、0.78、0.39、0.20、0.10 $\mu\text{L/mL}$ 的培养液; 在第 1~11 孔中分别加入 100 μL 浓度为 $5\times 10^5\text{ CFU/mL}$ 的菌悬液, 第 12 孔加入 200 μL 菌悬液作为阴性对照, 在第 7 行 1~11 孔分别加入 100 μL 营养肉汤作为空白对照。于 37 $^{\circ}\text{C}$ 下恒温培养 24 h 后观察结果, 肉汤澄清表示无菌生长, 肉汤浑浊, 表示有细菌生长, 无菌生长的最小浓度为 MIC。

3 结果

3.1 出油率

3.1.1 不同生长环境 15 年生肉桂出油率 在广西庚源香料有限责任公司林场选择 4 个区域, 分别是南坡 (每亩种植肉桂 350~450 株, 1 $\text{km}^2=15$ 亩)、北坡 (每亩种植肉桂 350~450 株)、疏植 (每亩种植肉桂 200~300 株)、密植 (每亩种植肉桂 500~600 株), 剥取 15 年生肉桂, 以考察不同生长环境对肉桂出油率的影响, 肉桂出油率见表 1。结果显示, 北坡肉桂出油率显著高于南坡, 其原因可能是由于南坡光照充足, 导致部分挥发油在植物体中转化为其他非挥发性成分, 有研究^[16]表明适度增强光照有利于植物中苷类和总黄酮的积累。疏植与密植对肉桂出油率影响不大, 疏植出油率略高。

3.1.2 不同生长年限肉桂出油率 分别剥取生长环境大致相近的 5 年生、10 年生、15 年生、20 年生肉桂, 以考察不同生长年限对肉桂出油率的影响, 肉桂出油率见表 2。不同生长年限肉桂出油率

表 1 不同生长环境肉桂的出油率

Table 1 Oil yield of cinnamon from different growth environments

生长环境	肉桂质量/g	出油质量/g	出油率/%
南坡	50.0	1.35	2.69
北坡	50.0	2.02	4.04
疏植	50.0	2.24	4.48
密植	50.0	2.09	4.18

表 2 不同生长年限肉桂的出油率

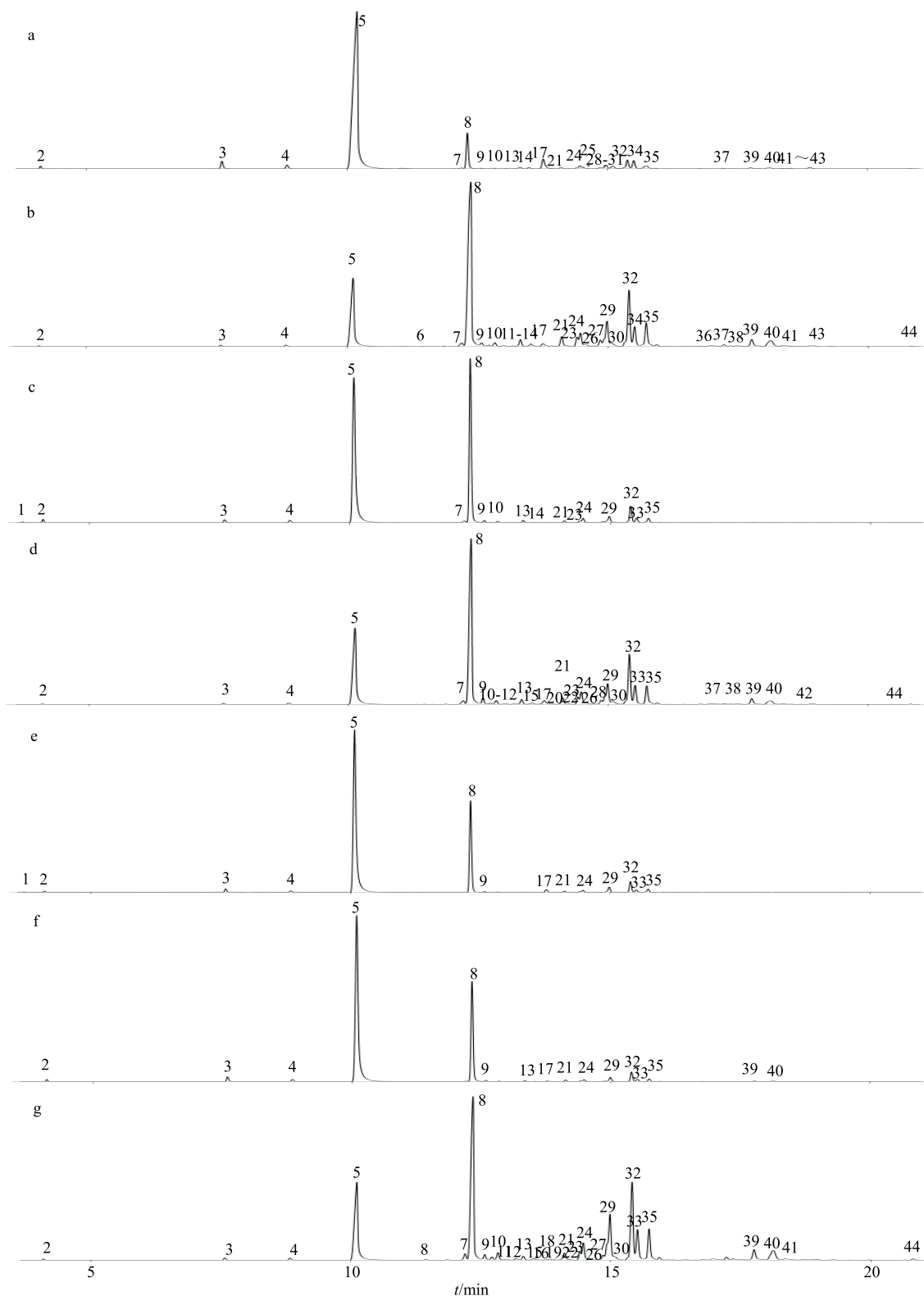
Table 2 Oil yield of cinnamon from different growth years

生长年限	质量/g	出油质量/g	出油率/%
5 年生	50.0	1.03	2.06
10 年生	50.0	3.21	6.41
15 年生	50.0	1.93	3.85
20 年生	50.0	0.88	1.75

差异较大, 出油率随着肉桂生长年限的增加先呈上升趋势, 在 10 年达到最高, 为 6.41%; 之后呈下降趋势, 20 年生肉桂出油率最低, 为 1.75%, 与陈佳菁等^[17]报道的肉桂挥发油含量随着生长年限的增加而逐渐升高的结论不完全一致。这可能与各肉桂样品采收、贮存时间及产地不同有关。目前广西传统肉桂采收对象为 8~12 年生肉桂, 从出油率上看较为吻合。

3.2 肉桂油成分及相对含量

以 GC-MS 分析不同生长环境和生长年限的 7 份肉桂油的挥发性成分, 鉴定出成分的总离子流图见图 1。用 NIST02 标准质谱图库检索, 以峰面积归一化法计算肉桂油成分的相对含量, 结果见表 3。从 7 份肉桂油样品中共鉴定出 44 个化合物, 其中, 5 年生、10 年生、15 年生南坡、北坡、疏植、密植及 20 年生肉桂油分别鉴定出 27、33、18、32、14、16、34 种组分, 总量分别为 97.08%、96.48%、92.48%、96.44%、97.00%、95.35%、95.10%。7 份肉桂油中共有组分有 11 种, 分别为苯甲醛、苯丙醛、顺式肉桂醛、反式肉桂醛、 α -古巴烯、 β -榄香烯、 α -石竹烯、(1 α ,4 α ,8 α)-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢-7-甲基-4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-萘、 α -依兰油烯、 β -杜松烯、1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)-萘, 其中相对含量在 1% 以上的成分为反式肉桂醛 (16.23%~73.08%)、 α -古巴烯 (7.39%~41.70%)、 β -杜松烯 (2.22%~12.30%)、 α -依兰油烯 (1.00%~9.16%)。



a-5 年生肉桂油 b-10 年生肉桂油 c-15 年生南坡肉桂油 d-15 年生北坡肉桂油 e-15 年生疏植肉桂油 f-15 年生密植肉桂油 g-20 年生肉桂油
a-volatile oil of 5-year-old cinnamon b-volatile oil of 10-year-old cinnamon c-volatile oil of 15-year-old south slope cinnamon d-volatile oil of 15-year-old north slope cinnamon e-volatile oil of 15-year-old sparse planting cinnamon f-volatile oil of 15-year-old close planting cinnamon g-volatile oil of 20-year-old cinnamon

图 1 不同生长环境和生长年限的肉桂油总离子流图

Fig. 1 Total ion flow diagram of cinnamon oil from different growth environments and growth years

表 3 GC-MS 分析不同生长环境和生长年限的肉桂油的挥发性成分

Table 3 Volatile compounds identified in cinnamon oil from different growth environments and growth years by GC-MS

峰号	t_R/min	化合物	相对分子质量	分子式	相对含量/%							
					5 年生	10 年生	15 年生				20 年生	
							南坡	北坡	疏植	密植		
1	3.720	水芹烯	136	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	—	—	0.03	—	0.09	—	—	—
2	4.107	苯甲醛	106	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$	0.38	0.09	0.51	0.08	0.27	0.41	0.12	—
3	7.594	苯丙醛	134	$\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$	1.55	0.19	0.56	0.19	0.92	1.18	0.29	—
4	8.846	顺式肉桂醛	132	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}$	0.84	0.22	0.51	0.25	0.53	0.59	0.29	—
5	10.191	反式肉桂醛	132	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}$	73.08	16.23	44.75	20.81	62.33	59.64	16.63	—
6	11.444	依兰烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.03	—	—	—	—	0.09	—
7	12.205	(+)-环苜蓿烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.19	0.71	0.45	0.86	—	—	0.91	—
8	12.315	α -古巴烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	7.39	41.70	35.30	36.91	24.57	26.33	29.74	—
9	12.582	β -榄香烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.09	0.35	0.48	1.25	0.16	0.32	0.82	—
10	12.837	(+)-苜蓿烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.07	0.58	0.24	0.76	—	—	1.15	—
11	13.008	(-)- α -古芸烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.18	—	0.20	—	—	0.17	—
12	13.176	(-)-异洒剔烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.10	—	0.13	—	—	0.25	—
13	13.329	石竹烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.38	1.14	0.41	0.95	—	0.23	0.05	—
14	13.495	2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基) 双环 [3.1.1] 庚-2-烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.25	—	0.01	—	—	—	—	—
15	13.519	β -葑烯茄油萜	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.43	—	0.41	—	—	0.27	—
16	13.747	香树烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	—	—	—	—	0.10	—
17	13.772	乙酸肉桂酯	176	$\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_2$	2.64	0.64	—	1.02	0.90	0.23	—	—
18	13.830	3,4,4a,5,6,8a-六氢-2,5,5,8a-叔乙基 (2 α ,4 α ,8 α)-2H-1-苯并吡喃	194	$\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}$	—	—	—	—	—	—	0.17	—
19	13.925	(-)-异喇叭烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	—	—	—	—	0.06	—
20	13.928	(-)- α -古芸烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	—	—	0.07	—	—	—	—
21	14.116	α -石竹烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.30	1.64	0.37	1.29	0.33	0.37	1.20	—
22	14.200	香树烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.11	—	0.05	—	—	0.08	—
23	14.406	(+)-表-双环倍半水芹烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.14	1.45	0.35	1.29	—	—	1.03	—
24	14.476	(1 α ,4 α ,8 α)-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢-7-甲基-4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-萜	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.68	2.04	0.93	2.29	0.60	0.50	2.54	—
25	14.540	α -姜黄烯	202	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}$	0.25	—	—	—	—	—	—	—
26	14.571	α -愈创木烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.35	—	0.36	—	—	0.41	—
27	14.850	β -律草烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.55	—	—	—	—	0.71	—
28	14.860	(+)-喇叭烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.25	—	—	0.75	—	—	—	—
29	14.980	α -依兰油烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	1.00	5.06	1.72	5.00	1.68	1.23	9.16	—
30	15.065	α -雪松烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	0.78	—	0.76	—	—	0.07	—
31	15.105	β -没药烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	0.80	—	—	—	—	—	—	—
32	15.390	β -杜松烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	2.22	9.94	3.72	9.83	2.97	2.53	12.30	—
33	15.507	δ -杜松烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	—	3.44	1.09	3.84	0.69	0.65	4.64	—
34	15.514	α -广藿香烯	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	1.95	—	—	—	—	—	—	—
35	15.730	1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)-萜	204	$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$	1.23	4.52	1.05	3.94	0.96	0.74	5.04	—
36	16.957	蓝桉醇	222	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	—	0.15	—	—	—	—	0.44	—
37	17.221	肉豆蔻醛	212	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}$	0.08	0.25	—	0.14	—	—	0.55	—
38	17.343	1,5,5,8-四甲基-1,7-环戊二烯-1-醇	222	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	—	0.07	—	0.04	—	—	0.26	—
39	17.759	库贝醇	222	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.26	1.24	—	1.23	—	0.17	2.05	—
40	18.121	(-)- α -杜松醇	222	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.41	1.98	—	1.45	—	0.23	2.96	—
41	18.345	α -杜松醇	222	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.13	0.14	—	0.13	—	—	0.33	—
42	18.525	4-甲基-2-(1,5-二甲基-4-己烯基)-3-环己烯-1-醇	222	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.11	—	—	—	—	—	—	—
43	18.897	α -红没药醇	222	$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$	0.41	0.11	—	0.09	—	—	—	—
44	20.809	(Z)-9-十六碳烯醛	238	$\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}$	—	0.07	—	0.07	—	—	0.22	—
合计					97.08	96.48	92.48	96.44	97.00	95.35	95.10	—

共有成分中反式肉桂醛的相对含量差异最为显著,依次为 5 年生(73.08%)>15 年生疏植(62.33%)>15 年生密植(59.64%)>15 年生南坡(44.75%)>15 年生北坡(20.81%)>20 年生(16.63%)>10 年生(16.23%)。α-古巴烯的相对含量差异也较大,依次为 10 年生(41.70%)>15 年生北坡(36.91%)>15 年生南坡(35.30%)>20 年生(29.74%)>15 年生密植(26.33%)>15 年生疏植(24.57%)>5 年生(7.39%)。反式肉桂醛和 α-古巴烯的相对含量与文献报道^[18-20]的市售肉桂皮挥发油中相应含量差异较大,而与梁忠云等^[21]报道的广西 8~10 年生,贮存 5 个月的肉桂皮中反式肉桂醛和 α-古巴烯的含量相近。市售

肉桂贮存时间较长且难以考证,由此推测肉桂采收后的贮存时间是引起肉桂油中反式肉桂醛和 α-古巴烯含量差异的重要因素。

3.3 抑菌活性比较

采用滤纸片法对 7 份肉桂油进行抑菌活性比较。抑菌活性结果见表 4。

由表 4 可知,不同生长环境和生长年限的 7 份肉桂油对大肠杆菌的抑制效果最好,这与李萍等^[22]报道的一致;对金黄色葡萄球菌的抑制作用次之,而对绿脓杆菌的抑制作用最弱。其中 15 年生密植肉桂油对大肠杆菌的抑制作用最强,15 年生疏植肉桂油对金黄色葡萄球菌的抑制作用最强,5 年生肉桂油对绿脓杆菌抑制作用最强。

表 4 不同生长环境和生长年限肉桂油的抑菌作用

Table 4 Antimicrobial activity of cinnamon oil from different growth environments and growth years

生长环境及生长年限	抑菌圈/mm		
	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	绿脓杆菌
5 年生	32.37±0.71 ^{bcB}	28.54±0.74 ^{cB}	20.16±0.12 ^{fE}
10 年生	27.79±0.45 ^{aA}	12.38±0.82 ^{aA}	12.52±0.10 ^{aA}
15 年生(南坡)	32.22±0.72 ^{bB}	30.81±1.01 ^{dB}	17.71±0.18 ^{dC}
15 年生(北坡)	33.33±1.53 ^{bcBC}	26.78±1.35 ^{bB}	12.92±0.12 ^{bB}
15 年生(疏植)	33.79±1.71 ^{cBC}	34.23±1.91 ^{eD}	18.07±0.46 ^{eD}
15 年生(密植)	40.67±1.28 ^{dD}	33.49±0.94 ^{cD}	16.46±0.66 ^{cC}
20 年生	34.34±0.56 ^{cC}	29.93±1.61 ^{cdBC}	19.91±0.37 ^{fE}
对照(CK)	—	—	—
对照(CK1)	27.59±0.17	19.96±0.99	20.88±0.30

“—”表示无抑菌圈;小写字母表示差异显著性($P<0.05$);大写字母表示差异显著性($P<0.01$)

“—”: indicates no bacteriostatic circle; lower-case letters indicate significant differences ($P<0.05$); capital letters indicate significant differences ($P<0.01$)

3.4 最小抑菌浓度(MIC)

从表 5 可知,7 份肉桂油对大肠杆菌的抑菌效果最好,除绿脓杆菌外,MIC 测定结果与各挥发油抑菌圈测定结果基本一致。其中 15 年生疏植肉桂油和密植肉桂油对大肠杆菌、绿脓杆菌的抑制作用最强,MIC 均为 0.78 μL/mL。对金黄色葡萄球菌抑制作用最好的是 5 年生、15 年生疏植和 15 年生密植肉桂油,MIC 均为 1.56 μL/mL。与贾佳等^[23]报道的结果相近。

4 讨论

本研究对比了不同生长环境和生长年限肉桂的出油率、肉桂油主要成分含量,并对不同的肉桂油进行了抑菌活性研究。结果表明,5 年生肉桂油中反式肉桂醛含量最高,对绿脓杆菌的抑制作用相对最强;10 年生肉桂出油率最高,但其中肉桂醛含量最低,抑菌活性也最低;抑菌作用较强的 15 年

表 5 不同生长环境和生长年限肉桂油的 MIC

Table 5 Different growth environments and growth years of cinnamon oil

肉桂油	MIC/(μL·mL ⁻¹)		
	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	绿脓杆菌
5 年生	1.56	1.56	1.56
10 年生	3.12	12.50	6.25
15 年生(南坡)	1.56	3.12	3.12
15 年生(北坡)	1.56	3.12	1.56
15 年生(疏植)	0.78	1.56	0.78
15 年生(密植)	0.78	1.56	0.78
20 年生	3.12	12.50	6.25

生疏植、密植肉桂油中反式肉桂醛的含量也较高,可见肉桂醛是肉桂油抑菌活性的主要成分,这与文献报道^[24-25]的一致。其次,5 年生肉桂油对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑制作用不及肉桂醛含量略

低的 15 年生疏植、密植肉桂，甚至低于反式肉桂醛含量仅为 16.63% 的 20 年生肉桂，这可能与各肉桂油中 α -古巴烯的含量有关，Huang 等^[26]报道 α -古巴烯具有显著的抗菌活性。此外，10 年生肉桂油中反式肉桂醛含量与 20 年生肉桂油接近，且 α -古巴烯含量高于 20 年生肉桂油，但对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌抑制作用均低于 20 年生肉桂油。说明肉桂油中还有其他有效抑菌成分，后续研究将对 20 年生肉桂油中含量高于 10 年生肉桂油的成分进行抑菌活性筛选。

综上所述，肉桂出油率、肉桂油主要成分含量及抑菌活性受肉桂生长环境和生长年限影响较大，肉桂油中除了肉桂醛、 α -古巴烯，还含有其他有效抑菌成分。本研究为肉桂的科学种植及选择最佳采收期提供参考，并为进一步开发肉桂抑菌新产品提供依据。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 侯小涛, 郝二伟, 秦健峰, 等. 肉桂的化学成分、药理作用及质量标志物 (Q-marker) 的预测分析 [J]. 中草药, 2018, 49(1): 20-34.
- [3] 郑 锋. 外界因素对肉桂精油抑菌活性的影响研究 [D]. 上海: 上海应用科技大学, 2016.
- [4] 王小慧, 魏法山, 李苗云. 几种香辛料精油对产气荚膜梭菌的体外抑菌效果 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(23): 10-13.
- [5] Oussalah M, Caillet S, Saucier L, et al. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157: H7, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* [J]. *Food Control*, 2007, 18(5): 414-420.
- [6] Zhang Y, Liu X, Wang Y, et al. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus* [J]. *Food Control*, 2016, 59: 282-289.
- [7] Xing Y, Li X, Xu Q, et al. Antifungal activities of cinnamon oil against *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum* *in vitro* and *in vivo* fruit test [J]. *Int J Food Sci Tech*, 2010, 45(9): 1837-1842.
- [8] Gordana D, Suncica K T, Ljiljana M, et al. Antifungal activity of lemon essential oil, coriander and cinnamon extracts on foodborne molds in direct contact and the vapor phase [J]. *J Food Process Reservat*, 2014, 38(1): 1-10.
- [9] Becerril R, Gomez-Lus R, Goni P, et al. Combination of analytical and microbiological techniques to study the antimicrobial activity of a new active food packaging containing cinnamon of oregano against *E. coli* and *S. aureus* [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2007, 388(5/6): 1003-1011.
- [10] 胡云峰, 贾亦森, 李宇宁, 等. 肉桂精油对气调小包装大鲵分割肉保鲜效果的研究 [J]. 保鲜与加工, 2016, 16(6): 16-19.
- [11] 郭胜男, 卢金清, 蔡君龙, 等. HS-SPME-GC-MS 联用分析不同产地肉桂挥发性成分 [J]. 中国调味品, 2014, 39(12): 113-117.
- [12] 张文焕, 罗 思, 赵谋明, 等. 肉桂挥发油不同提取工艺的比较研究 [J]. 食品科技, 2008(8): 158-160.
- [13] 黄亚非, 黄 际, 陶 玲, 等. 不同树龄肉桂挥发油的成分比较 [J]. 中山大学学报, 2005, 44(1): 82-85.
- [14] 刘志雄, 刘祝祥, 田启建. 七叶一枝花挥发油成分及其抑菌活性分析 [J]. 中药材, 2014, 37(4): 612-616.
- [15] 朱梅芳, 唐 宇, 郑 琴, 等. 不同提取方式对连翘、荆芥、薄荷挥发油成分及抗菌活性的影响 [J]. 中草药, 2018, 49(12): 2845-2854.
- [16] 刘蓬蓬, 王 晶, 雷天莉, 等. 不同生长环境朝鲜淫羊藿结实及有效成分差异分析 [J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(6): 488-492.
- [17] 陈佳菁, 张 永, 刘 畅, 等. 不同树龄肉桂树皮挥发油及桂皮醛含量比较 [J]. 广西林业科学, 2018, 47(3): 358-361.
- [18] 张桂芝, 张石楠, 孟庆华, 等. GC-MS 分析肉桂与桂皮挥发油的化学成分 [J]. 药物分析杂志, 2009, 29(8): 1256-1259.
- [19] 黄际薇. 气相色谱-质谱法分析不同树龄肉桂挥发油成分 [J]. 药物分析杂志, 2005, 25(3): 288-291.
- [20] 董 岩, 魏兴国, 刘明成. 肉桂挥发油化学成分的 GC/MS 分析 [J]. 齐鲁药事, 2004, 23(3): 34-35.
- [21] 梁忠云, 刘 虹, 文彩琳, 等. 肉桂皮挥发油的化学成分研究 [J]. 香料香精化妆品, 2008(1): 7-11.
- [22] 李 萍, 石春韬, 舒 婷, 等. 三种不同方法提取肉桂油的抗菌活性比较 [J]. 保鲜与加工, 2018, 18(2): 31-38.
- [23] 贾 佳, 吴 艳, 苏莉芬, 等. 迷迭香精油和肉桂精油抗菌活性研究 [J]. 黑龙江医药, 2015, 8(1): 8-11.
- [24] Muthuswamy S, Rupasinghe H P V, Stratton G W. Antibacterial effect of cinnamon bark extract on *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria innocua* and fresh-cut apple slices [J]. *J Food Safety*, 2008, 28(4): 534-549.
- [25] Siddiqua S, Anusha B A, Ashwini L S, et al. Antibacterial activity of cinnamaldehyde and clove oil: Effect on selected foodborne pathogens in model food systems and watermelon juice [J]. *J Food Sci Tech*, 2015, 52(9): 5834-5841.
- [26] Huang D F, Xu J G, Liu J X, et al. Chemical constituents, antibacterial activity and mechanism of action of the essential oil from *Cinnamomum cassia* bark against four food related bacterial [J]. *Microbiology*, 2014, 83(4): 357-365.