

· 园艺 ·

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20240116



主持人: 朱国鹏

闽产龙眼花的挥发性成分分析及 其提取液抗氧化活性研究

林水花[#], 黄小艺, 杨彬君, 张玲玲, 李丝红, 黄幼霞

(泉州医学高等专科学校 药学院, 福建 泉州 362011 中国)

摘要: 为探究龙眼花的挥发性成分及其香气组成, 研究龙眼花提取液的抗氧化活性, 采用 GC-MS 检测技术分析龙眼花的挥发性成分, 并对成分进行香气分析。同时, 采用 DPPH 和 ABTS 自由基清除法检测龙眼花提取液的抗氧化活性。结果显示, 从龙眼花挥发油中共鉴定出 59 个成分, 约占总挥发性成分的 82.2%, 发现 4 个关键香气化合物, 3 个潜在香气化合物和 1 个修饰性香气化合物。DPPH 和 ABTS 自由基清除实验结果显示, 龙眼花不同溶剂提取液均有一定程度的抗氧化活性, 水、甲醇和乙醇提取液具显著的抗氧化活性, 正丁醇和乙酸乙酯提取液的抗氧化活性较弱。本研究显示, 龙眼花在药品、化妆品、保健品、功能性食品等领域具有很大的开发潜力。

关键词: 龙眼花; 挥发油; 抗氧化; 活性

中图分类号: S667.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-7054(2025)04-0590-08

林水花, 黄小艺, 杨彬君, 等. 闽产龙眼花的挥发性成分分析及其提取液抗氧化活性研究 [J]. 热带生物学报, 2025, 16(4): 590-597. doi: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20240116

龙眼花是无患子科植物龙眼 (*Dimocarpus longan*) 的花。龙眼花性平, 味微苦、甘; 具有清热解毒, 利水通淋, 清心化浊的功效。主治淋症、白浊、白带、糖尿病和血丝虫病等^[1-2]。龙眼是中国南部和东南部著名果树之一, 以广东最盛, 广西、福建次之, 云南、海南亦见野生或半野生于疏林中, 亚洲南部和东南部也常有栽培。古代文献如《神农本草经》和《南方草木状》都有关于龙眼的记载, 可见它的栽培历史悠久^[3-4]。福建闽南地区龙眼资源丰富, 龙眼花序较大, 多分支, 一个正常的花序小花在 500 个左右, 因此, 龙眼的开花数量巨大。在农业上, 为了提高龙眼果实的大小和质量, 疏花是一项重要的工序, 疏掉的花作为废弃品丢弃, 造成资源的浪费^[5]。现代研究表明, 龙眼花中含丰富的营养成分, 包括可溶性蛋白、可溶性糖、氨基酸、维生素、黄酮类、萜烯类、鞣质、酚酸、甾醇、挥发油等物质^[5-7]。龙眼花挥发油中含有醇类、

酯类、醛类、酮类等化合物, 具有多种生物活性^[4-5]。在福建泉州地区, 民间有用龙眼花治疗诸种淋症、睾丸炎、白带异常、遗精等疾病的记载; 在台湾地区, 龙眼花干品作为商品在超市进行销售。近年来, 花香的研究也日益受到关注^[8-9]。花香由小分子易挥发的化合物组成, 通过提取、收集或者生物合成可以被广泛地应用于日化、医疗、食品、化妆品等领域中^[10]。从植物中提取的小分子易挥发性成分做成精油广泛应用于中医芳香疗法, 辅助调节或诱导激素水平, 改善心理疾病和生理指标, 缓解或治疗相关疾病^[11]。因此, 龙眼花的开发利用价值很高, 市场潜力大。梁洁等^[12-13]对广西 4 个地区的龙眼花进行了挥发性成分的分析, 发现广西不同产地龙眼花的挥发油中不仅组成成分的差异较大, 而且同一成分的含量变化也较大。李程勋等^[4]对福建福州产龙眼花的挥发油成分进行了分析, 结果发现, 成分及含量与广西龙眼花比较均有

收稿日期: 2024-07-13

修回日期: 2024-11-30

基金项目: 泉州医学高等专科学校校级课题(XJK2104B)

[#]第一作者: 林水花(1988—), 女, 副教授。研究方向: 天然产物与中药资源。E-mail: 280204099@qq.com

差异。通过查阅国内外相关文献发现, 龙眼花的活性及物质基础研究很少, 本研究主要对福建闽南地区产的龙眼花挥发油的化学成分进行分析, 解析龙眼花的香气构成, 同时, 对龙眼花提取液的抗氧化活性进行研究, 旨在为龙眼花优良品种的选育及开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 供试的龙眼花于2022年4月采自福建省泉州市洛江区, 经泉州医学高等专科学校黄秀珍教授鉴定为无患子科植物龙眼(*Dimocarpus longan*)的花。

1.2 主要仪器及试剂 DXF-20D 摇摆式粉碎机(广州市大祥电子机械设备有限公司); UV-1800PC DS2 型紫外可见分光光度计(上海美普达仪器有限公司); KQ5200DE 型数控超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司); ME104/02 电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); 电热恒温鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司)。

1,1-二苯基-2-苦基肼/DPPH(上海源叶生物科技有限公司); 无水乙醇、无水甲醇、乙酸乙酯、正丁醇(分析纯 西陇化工股份有限公司); L(+)-抗坏血酸(西陇科学股份有限公司); 总抗氧化能力(T-AOC)试剂盒(ABTS法)(上海酶联生物科技有限公司)。

1.3 龙眼花挥发油样品制备 取龙眼花干品1000 g, 粉碎, 过4号筛, 置于挥发油提取器的圆底烧瓶中, 按照1:5的料液比加入蒸馏水, 用电热套缓慢加热至沸腾, 提取8 h, 得到金黄色油状物即为龙眼花挥发油样品。

1.4 GC-MS 分析条件 色谱柱 HP-5MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm); 载气为氦气(99.99%); 流速为1.0 mL·min⁻¹; 进样量为0.4 μL; 分流比为10:1; 进样口温度为250 ℃, 程序升温: 70 ℃以10 ℃·min⁻¹升温至100 ℃, 以2 ℃·min⁻¹升温至120 ℃, 保持3 min, 以2 ℃·min⁻¹升温至140 ℃, 保持3 min, 再以10 ℃·min⁻¹升温至终止温度230 ℃, 保持3 min。

MS 条件: 接口温度为280 ℃, 电离方式为EI源, 电子能量为70 eV, 离子源温度为230 ℃, 四级杆温度为150 ℃, 倍增器电压为1741 V, 扫描质量范围45~550 m·z⁻¹, 扫描间歇每秒2.94次, 溶剂

延迟3 min。

1.5 龙眼花挥发性成分鉴定 采用质谱(MS)比对和保留指数比对(RI)相结合的方法对GC-MS检测到的挥发性成分进行鉴定。将GC-MS分析所得到的各种成分的质谱图与NIST14和NIST11质谱库进行比对, 结合相关文献确定龙眼花挥发性物质的各化学成分。通过峰面积归一化法计算出各化学成分的相对百分含量。

1.6 龙眼花气味活度值及其评价方法 参考《化合物嗅觉阈值汇编》^[14], 检索各化合物的嗅觉阈值, 嗅觉阈值包括觉察阈值和识别阈值, 觉察阈值指能觉察但不必鉴定或识别出刺激物的最低浓度, 识别阈值指能鉴定出或识别出刺激物的最低浓度, 本研究采用的均为觉察阈值^[14]。按照以下公式求出各个化合物的气味活度值(OAV):

$$OAV=C/T, \quad (1)$$

式中, C 为挥发性化合物的相对百分含量, T 为化合物嗅觉阈值。

香气化合物的OAV值越大, 说明该化合物对龙眼花香气轮廓的贡献越大。当 $OAV \geq 1$, 说明该化合物可能对香气轮廓有直接影响, 定义为关键香气化合物; 当 $0.1 < OAV < 1$, 说明该化合物可能对香气轮廓有修饰作用, 定义为修饰性香气化合物; 当 $OAV \leq 0.1$, 说明该物质对香气轮廓无显著影响, 定义为潜在香气化合物^[15]。

1.7 龙眼花样品制备 龙眼花干品, 粉碎过4号筛。分别称取1 g置于5个不同锥形瓶中, 以1:20的料液比分别加入超纯水、甲醇、乙醇、乙酸乙酯和正丁醇, 浸泡1 h, 超声提取20 min(超声功率200 W, 超声温度40 ℃)。待液体冷却后分别用相应的溶剂补足挥发的液体, 过滤, 得到5种样品溶液分别为水提液(DF-WE)、甲醇提取液(DF-ME)、乙醇提取液(DF-EA)、乙酸乙酯提取液(DF-EAC)和正丁醇提取液(DF-BE)。

1.8 DPPH 自由基清除活性试验 分别量取5个不同体积的样品溶液于10 mL容量瓶中, 挥干溶剂, 再分别加入2 mL DPPH溶液, 无水乙醇定容。避光反应1 h, 在517 nm波长处测定吸光值, 计算DPPH自由基清除率和 IC_{50} 。阳性对照组用4 g·L⁻¹的抗坏血酸溶液, DPPH用无水乙醇配制成质量浓度为0.418 g·L⁻¹。

$$\text{DPPH清除率(\%)} = 1 - [(A_1 - A_2)/A_0] \times 100, \quad (2)$$

式中, A_0 无水乙醇替代样品的吸光度, A_1 为样品溶液的吸光度, A_2 为无水乙醇代替 DPPH 的吸光度^[16]。

1.9 ABTS 自由基清除试验 分别取不同浓度的样品溶液 10 μ L, 按试剂盒说明书操作处理样品, 在 734 nm 处测定吸光值, 计算 ABTS 清除率和 IC_{50} , 阳性对照用 Trolox。

$$\text{ABTS清除率}(\%) = [A_0 - (A_1 - A_2)]/A_0 \times 100 \quad (3)$$

式中, A_0 为空白对照组的吸光度, A_1 为测定组的吸光度, A_2 为对照组的吸光度。

1.10 数据处理 图表绘制和数据处理采用 Microsoft Excel 软件, 方差分析及 IC_{50} 采用 SPSS Statistics 22.0 软件处理, 结果以均值 $\pm$ 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 闽产龙眼花挥发性成分分析 采用 GC-MS 方法分析, 得到龙眼花挥发性成分的总离子流图, 共鉴定出 59 个化合物, 占总挥发性成分含量的 82.20%。其中, 鉴定出烯烃类化合物 40 个占相对百分含量 64.95%, 萜类化合物 5 个占相对百分含量 11.12%, 烷烃类化合物 5 个占相对百分含量 3.06%, 脂肪酸 4 个占相对百分含量 1.17%, 同时分别含有醚、醛、醇、酮和酯类各 1 个。说明龙眼花挥发油中的主要成分是烯烃类化合物, 其次是萜和烷烃类化合物(表 1)。

表 1 龙眼花挥发性成分的保留时间和相对百分含量

Tab. 1 The retention time and relative percentage content of volatile components in longan flowers

编号 No.	保留 时间 /min Retention time/min	相对百 分含量/% Relative percentage/%	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对 分子质量 Relative molecular weight	分子量 实测值 Measured value
1	27.10	0.27	橙花醚 Neroloxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	170.12
2	30.16	0.13	萜品烯 g-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136	136.13
3	30.44	0.05	藏红花醛 1,3-Cyclohexadiene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-trimethyl-	C ₁₀ H ₁₄ O	150	150.10
4	33.75	0.08	3-萜烯 3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	136	136.13
5	36.30	0.48	茴香脑 Anethole	C ₁₀ H ₁₂ O	148	148.09
6	39.56	0.17	4-乙基-4-甲基-3-(1-甲基乙基)-1-(1-甲基乙基)环己烯Cyclohexene, 4-ethenyl-4-methyl-3-(1-methylethenyl)-1-(1-methylethyl)-, (3R-trans)-	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
7	41.57	0.05	正癸酸 n-Decanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	172.15
8	41.84	0.21	(+)-环苜蓿烯(+)-Cyclosativene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
9	42.32	3.27	(-)- α -萜荜澄茄油烯(-)-Alpha-Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
10	42.81	0.05	β -波旁烯(-)-beta-Bourbonene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
11	43.15	1.55	β -榄香烯 beta-elemene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
12	44.16	0.03	(-)-异丁香烯 isocaryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
13	44.31	0.03	莎草烯 Cypereene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
14	44.73	0.09	α -佛手甘油烯(E)-alpha-bergamotene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
15	45.35	16.51	石竹烯Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
16	45.69	2.11	1-乙基-1-甲基-2-(1-甲基乙基)-4-(1-甲基亚乙基)-, (1R,2R)-g-Elementene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
17	46.04	0.09	β -桉叶烯 beta-selinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
18	46.32	0.73	香橙烯 Aromandendrene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
19	46.77	0.05	长叶烯 Longifolene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
20	46.97	0.31	1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)萜 alpha-murolene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
21	47.10	0.58	β -马来烯 beta-maaliene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
22	47.49	5.65	蛇麻烯Humulene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
23	47.68	0.41	香树烯 Alloaromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19

续表1 Tab. 1 Continued

编号 No.	保留 时间/min Retention time/min	相对百 分含量/% Relative percentage/%	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对 分子质量 Relative molecular weight	分子量 实测值 Measured value
24	48.42	11.98	γ -桉叶烯 gamma-selinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
25	48.52	1.27	γ -依兰烯 gamma-Murolene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
26	48.79	0.34	α -紫穗槐烯 alpha-amorphene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
27	49.10	0.10	(-)-马兜铃烯(-)-Aristolene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
28	49.28	0.32	(+)- δ -桉叶烯(+)-delta-selinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
29	49.64	0.41	(-)- α -依兰烯 alpha-Murolene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
30	49.93	3.72	α -桉叶烯 alpha-selinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
31	50.24	1.62	4,7-二甲基-1-丙烷-2-基-1,2,3,5,6,8-六氢萘 1-Isopropyl-4,7-dimethyl-1,2,3,5,6,8a-hexahydronaphthalene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
32	50.50	0.33	(S)-1-甲基-4-(6-甲基庚-1,5-二烯-2-基)环己-1-烯 beta-Bisabolene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
33	50.90	1.27	(+)- γ -杜松烯(+)-gamma-Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
34	51.24	5.43	β -杜松烯 beta-Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
35	51.65	0.24	(+)- β -桉叶烯(+)-beta-selinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
36	52.15	1.97	1,2,4a,5,8,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)-, (1R,4aS,8aR)-rel-萘Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1R,4aS,8aR)-rel-(4aR,8aR)-2-异亚丙基-4a,8-二甲基-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢萘 Selina-3,7(11)-diene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
37	52.80	6.60	(-)- α -古芸烯(-)-alpha-gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
38	53.79	3.55	1,1,7,7a-四甲基-1a,2,6,7,7a,7b-六氢-1H-环丙并萘 1,1,7,7a-Tetramethyl-1a,2,6,7,7a,7b-hexahydro-1H-cyclopropa[a]naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
39	54.70	0.62	缬草-4,7(11)-二烯 Valerena-7(11)-diene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
40	55.25	0.81	γ -雪松烯 gamma-himachalene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
41	55.63	0.09	γ -古芸烯 gamma-gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
42	55.85	0.23	α -愈创木烯 alpha-Guaiene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
43	56.33	0.14	β -愈创木烯 beta-Guaiene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
44	56.45	0.25	雪松烯 Cedrene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
45	56.62	0.33	Δ -杜松烯(+)-delta-cadinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
46	57.97	0.58	T-杜松醇 tau-Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	222	222.20
47	58.54	1.13	正二十烷 Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	282	282.33
48	59.25	2.53	δ -桉叶烯delta-Selinene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
49	60.01	1.00	香树烯aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	204	204.19
50	61.78	0.07	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮 2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	C ₁₈ H ₃₆ O	268	268.28
51	68.97	0.32	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	278.15
52	74.55	0.40	棕榈酸 n-Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	256.24
53	75.15	1.00	二十六烷 Hexacosane	C ₂₆ H ₅₄	366	366.42
54	81.49	0.14	亚麻酸 Linoelaidic acid	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	280.24
55	82.77	0.08	油酸 Oleic Acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	282.26
56	83.24	0.04	正二十一烷 Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	296	296.34
57	90.21	0.04	二十四烷 Pentacosane	C ₂₅ H ₅₂	352	352.41
58	97.41	0.11	二十七烷 Heptacosane	C ₂₇ H ₅₆	380	380.44
59	101.78	0.24				

2.2 闽产龙眼花香气成分分析 通过查阅《化合物嗅觉阈值汇编》^[14]检索这 59 个化合物的嗅觉阈值,共检索到 9 个香气化合物(表 2)。通过计算香气化合物的 *OVA* 值,发现了 4 个关键香气化合物,3 个潜在香气化合物和 1 个修饰性香气化合物。关键香气化合物分别为石竹烯、茴香脑、邻苯二甲

酸二丁酯和正癸酸,其中,石竹烯的 *OAV* 值最大,且其香气类型为甜木质香味、丁香味,茴香脑的 *OVA* 值次之且具有八角茴香的气味,说明龙眼花的主要香气成分是石竹烯和茴香脑。潜在香气化合物为萜品烯、3-萜烯和棕榈酸,修饰性香气化合物为二十四烷。

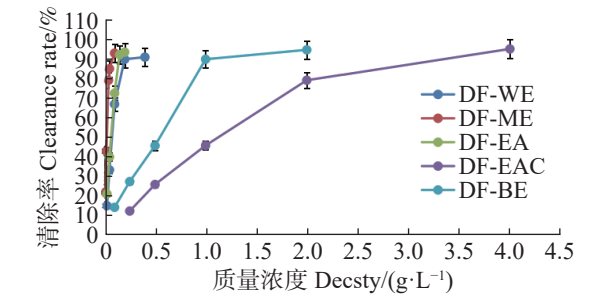
表 2 龙眼花香气成分嗅觉阈值、相对香气活度值和香气类型

Tab. 2 Olfactory threshold, relative aroma activity value and aroma type of longan flower aroma components

编号 No.	化合物 Compound	嗅觉阈值/(mg·m ⁻³) Olfactory threshold/(mg·m ⁻³)	相对香气活度值 <i>OAV</i>	香气类型 Aroma type
1	萜品烯 g-Terpinene	1.4 ~ 1.6	0.08 ~ 0.09	潜在香气化合物 Potential aroma compound
2	3-萜烯 3-Carene	9.3	0.01	潜在香气化合物 Potential aroma compound
3	茴香脑 Anethole	0.14	3.43	关键香气化合物 Key aroma compound
4	正癸酸 n-Decanoic acid	0.05	1.00	关键香气化合物 Key aroma compound
5	石竹烯Caryophyllene	1.5	11.01	关键香气化合物 Key aroma compound
6	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	0.26	1.54	关键香气化合物 Key aroma compound
7	棕榈酸 n-Hexadecanoic acid	>10	< 0.1	潜在香气化合物 Potential aroma compound
8	油酸 Oleic Acid	44	—	—
9	二十四烷 Heptacosane	1.0	0.11	修饰性香气化合物 Modifying aroma compound

2.3 龙眼花 DPPH 自由基清除能力 DPPH 自由基清除试验结果显示,龙眼花不同溶剂提取液均有一定程度的抗氧化活性,尤其是在样品浓度较高时,抗氧化活性显著(图 1、图 2)。其中,甲醇提取液的 DPPH 自由基清除能力最强, *IC*₅₀ 为 0.021 g·L⁻¹,其次是乙醇提取液和水提液, *IC*₅₀ 分别

为 0.056 g·L⁻¹ 和 0.07 g·L⁻¹,正丁醇和乙酸乙酯提取液的抗氧化活性较弱, *IC*₅₀ 分别为 0.415 g·L⁻¹ 和 0.947 g·L⁻¹(表 3)。



DF-WE, 水提液; DF-ME, 甲醇提取液; DF-EA, 乙醇提取液; DF-EAC, 乙酸乙酯提取液; DF-BE, 正丁醇提取液。下同。
DF-WE, Water Extract; DF-ME, Methanol Extract; DF-EA, Ethanol Extract; DF-EAC, Ethyl Acetate Extract; DF-BE, n-Butanol Extract.same below.

图 1 DPPH 自由基清除能力
Fig. 1 DPPH free radical scavenging capacity

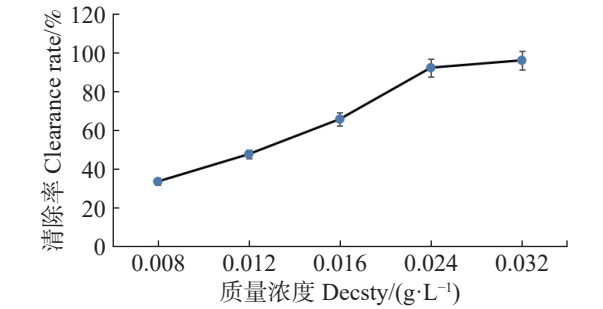


图 2 阳性对照组 DPPH 自由基清除能力
Fig. 2 DPPH free radical scavenging capability of the positive group

2.4 龙眼花 ABTS 自由基清除能力 从图 3 和图 4 可知,龙眼花不同溶剂提取液对 ABTS 自由基均有一定程度的清除能力,尤其是水、甲醇和乙醇提取液的抗氧化效果显著。其中,水提取液的 ABTS 自由基清除能力最好, *IC*₅₀ 为 0.13 g·L⁻¹,优于阳性对照组的 *IC*₅₀ 值 0.15 g·L⁻¹,其次是甲醇和

表 3 不同溶剂提取液对 DPPH 自由基清除率的 IC_{50} ($n=3$)

Tab. 3 IC_{50} of DPPH free radical scavenging rate of different solvent extracts($n=3$)

组别 Group	DF-WE	DF-ME	DF-EA	DF-EAC	DF-BE	阳性组 Positive
$IC_{50}/(g \cdot L^{-1})$	0.070±0.009	0.021±0.003	0.056±0.002	0.947±0.067	0.415±0.019	0.011±0.001

注: DF-WE, 水提液; DF-ME, 甲醇提取液; DF-EA, 乙醇提取液; DF-EAC, 乙酸乙酯提取液; DF-BE, 正丁醇提取液。下同。
Notes: DF-WE, Water Extract; DF-ME, Methanol Extract; DF-EA, Ethanol Extract; DF-EAC, Ethyl Acetate Extract; DF-BE, n-Butanol Extract.same below.

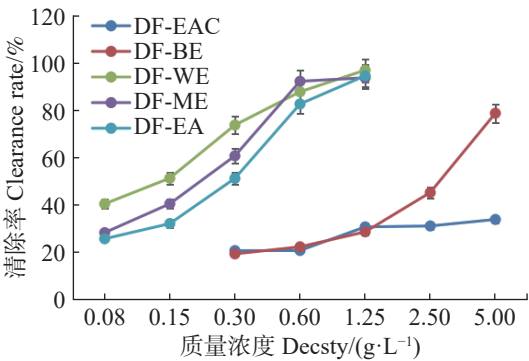


图 3 ABTS 自由基清除能力

Fig. 3 ABTS free radical scavenging capacity

乙醇提取液 IC_{50} 分别为 $0.17 g \cdot L^{-1}$ 和 $0.21 g \cdot L^{-1}$, 正丁醇提取液的 ABTS 自由基清除能力也较明

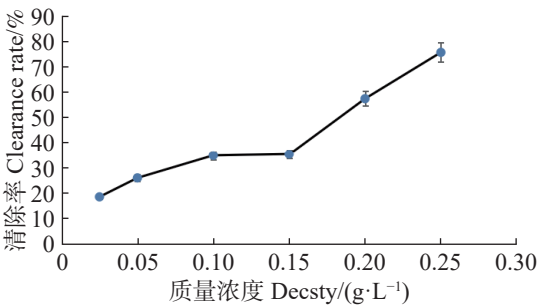


图 4 阳性对照组 ABTS 自由基清除能力

Fig. 4 ABTS free radical scavenging ability of the positive group

显, IC_{50} 为 $2.09 g \cdot L^{-1}$, 乙酸乙酯提取液的 ABTS 自由基清除能力不明显(表 4)。

表 4 不同溶剂提取液对 ABTS 自由基清除率的 IC_{50} ($n=3$)

Tab. 4 IC_{50} of ABTS free radical scavenging rate of different solvent extracts($n=3$)

组别 Group	DF-WE	DF-ME	DF-EA	DF-EAC	DF-BE	阳性组 Positive
$IC_{50}/(g \cdot L^{-1})$	0.13±0.005	0.17±0.003	0.21±0.002	48.83±0.005	2.09±0.001	0.15±0.001

3 讨 论

3.1 龙眼花挥发油的应用价值 本试验通过水蒸气蒸馏法提取闽产龙眼花的挥发油, 并通过 GC-MS 鉴定出 59 个化合物, 其中, 石竹烯的相对百分含量最大(16.51%), 且其 *OVI* 值也最大(11.01), 是龙眼花的关键香气化学成分。石竹烯是双环倍半萜型化合物, 其具有广泛的药理活性如局部麻醉、消炎、抗癌、抗高血压、镇咳、治疗结肠炎及帕金森病等, 同时还可净化空气^[17-18]。相对百分含量占比第 2 大的是 γ -桉叶烯(11.98%), 桉叶烯能升高 HDL-C(高密度脂蛋白), 抗动脉粥样硬化等药理作用^[19]。蛇麻烯(5.65%)是一种单环倍半萜, 是许多芳香植物的活性成分, 具有抗过敏、抗炎、抗肿瘤、保护胃黏膜等作用^[20]。 β -杜松烯(5.43%)也是倍半萜类化合物, 现代研究显示, 其对植物病原菌具有显著活性^[21], 具有抗氧化活性和体外细胞毒

活性等^[22-23]。由此可见, 龙眼花挥发油中的主要香气成分具有丰富的药理活性, 这些活性物质可以通过呼吸、透皮吸收等方法用于预防和治疗疾病, 说明龙眼花挥发油有望开发成芳香疗愈功能产品, 在药品和保健品的开发领域具有巨大的潜力。
3.2 龙眼花挥发油的成分差异 对龙眼花挥发性成分研究的报道不多^[4, 12-13], 广西各地、福州产的龙眼花以及本研究泉州产的龙眼花挥发油中含有共同的化学成分是石竹烯、榄香烯和愈创木烯, 这 3 种化学成分中石竹烯相对百分含量最高。广西玉林和大新产的龙眼花挥发油中相对百分含量最高的是 1-甲基-1-乙基-2-[1-甲基乙基]-4-[1-甲基亚乙基]环己烷, 广西龙州产的龙眼花挥发油中相对百分含量最高的是香橙烯, 广西岑溪产的龙眼花挥发油中相对百分含量最高的是 α -古香油烯^[12-13], 而福建福州和泉州产的龙眼花挥发油中相对百分含量最高的是石竹烯, 分别占

18.35% 和 16.51%^[4]。广西各地的龙眼花挥发油中石竹烯的含量在 8.77%~15.23% 之间^[12-13]。广西各地和福州产的龙眼花挥发油中均检测到大根香叶烯,但是本实验未检测到该成分。由此可见,不同的产地、生长环境、品种、栽培方法等因素可能导致龙眼花挥发油中的成分及含量差异较大。龙眼的品种,花的采收期及雌花和雄花的不同,也有可能导致挥发油中成分的差异,需对其进行进一步探究。对不同地区龙眼花挥发性成分的分析为品种选育及栽培方法改良提供一定的科学依据。

3.3 龙眼花提取物的应用价值 抗氧化试验显示,龙眼花提取液具很好的抗氧化活性,尤其是水、甲醇和乙醇提取液的抗氧化活性显著,正丁醇的和乙酸乙酯提取液的抗氧化活性较弱,说明龙眼花的抗氧化活性成分主要为大极性分子。谢梦潔^[24]和沈宜蓁^[25]对中国台湾产龙眼花不同提取物中多酚类化合物的含量和抗氧化活性进行了测定,发现其抗氧化活性与多酚类化合物的含量成正相关,且从中纯化出 2 个多酚类化合物表儿茶素和原花青素 A2,推测龙眼花的抗氧化活性可能主要归因于其含有丰富的多酚类化合物。

现代研究发现,龙眼花中含有丰富的多酚类、黄酮类、多糖等物质,且具有较强的抗氧化、抗肥胖、降血脂、降血糖和抗肿瘤等活性^[9, 26-27]。因此,龙眼花在药品、保健品、化妆品、功能性食品等领域具有很大的开发利用价值。

参考文献:

- [1] 泉州市泉港区中医药学会. 泉港本草 (第二辑)[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2016: 5-30.
- [2] 政协泉州市委员会. 新编泉州本草[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2020: 7-25.
- [3] 李培源, 彭炳华, 莫媛媛, 等. DPPH 法测定龙眼叶丙酮提取物的自由基清除能力[J]. 山东化工, 2018, 47(21): 69-70.
- [4] 李程勋, 胡文舜, 李爱萍, 等. 福建产龙眼花精油成分 GC-MS 分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(19): 203-206.
- [5] 黄石连, 冯建平, 韩冬梅, 等. 不同品种龙眼花营养成分分析[J]. 广东农业科学, 2022, 49(6): 28-35.
- [6] 周钰通, 吴昊旻, 戚进. 龙眼花的化学成分研究[J]. 海峡药学, 2018, 30(11): 49-52.
- [7] 梁洁, 甄汉深, 韦志英, 等. 广西产龙眼花化学成分预试研究[J]. 广西中医学院学报, 2009, 12(3): 52-53.
- [8] HSU C P, LIN Y H, ZHOU S P, et al. Longan flower extract inhibits the growth of colorectal carcinoma[J]. *Nutrition and Cancer*, 2010, 62(2): 229-236.
- [9] 罗清, 池昭锦, 邓有展, 等. 2 个石斛品种不同花器官香气成分分析[J]. 南方农业学报, 2023, 54(5): 1499-1509.
- [10] 郝瑞杰. 植物花香研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014: 1-5.
- [11] 周格羽, 王琪, 柏林宇, 等. 常用中药精油的成分分析[J]. 广东化工, 2022, 49(18): 190-192.
- [12] 梁洁, 王雯慧, 李耀华, 等. 广西产龙眼花挥发油成分 GC-MS 分析[J]. 中药材, 2010, 33(8): 1270-1273.
- [13] 梁洁, 王雯慧, 甄汉深, 等. 广西产龙眼叶及花挥发油成分气质联用分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(9): 52-55.
- [14] (荷)里奥·范海默特. 化合物嗅觉阈值汇编[M]. 李智宇, 王凯, 冒德寿, 等译. 北京: 科学出版社, 2018: 15-70.
- [15] 杨宇涵, 谢雯婷, 赵杰, 等. 本斯石斛花的香气成分及抗氧化活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(8): 1292-1300.
- [16] 费晓云, 韦柳明, 黎明慧, 等. 大花序桉树皮化学成分分析及其抗氧化活性研究[J]. 热带农业科学, 2024, 44(2): 56-63.
- [17] 何睿樵. 基于网络药理学探讨 β -石竹烯对心肌缺血再灌注损伤的作用机制[D]. 广州: 南方医科大学, 2023. doi:10.27003/d.cnki.gojyu.2023.000261.
- [18] 牟飞燕, 何夷敏, 夏博宇, 等. β -石竹烯产生菌的筛选和提取工艺优化[J]. 中国酿造, 2024, 43(4): 91-97.
- [19] CHENG M C, KER Y B, YU T H, et al. Chemical synthesis of 9(Z)-octadecenamide and its hypolipidemic effect: a bioactive agent found in the essential oil of mountain celery seeds[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(3): 1502-1508.
- [20] YEO D, HWANG S J, SONG Y S, et al. Humulene inhibits acute gastric mucosal injury by enhancing mucosal integrity[J]. *Antioxidants*, 2021, 10(5): 761.
- [21] KUNDU A, SAHA S, WALIA S, et al. Cadinene sesquiterpenes from *Eupatorium adenophorum* and their antifungal activity[J]. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 2013, 48(6): 516-522.
- [22] KUNDU A, SAHA S, WALIA S, et al. Antioxidant potential of essential oil and cadinene sesquiterpenes of *Eupatorium adenophorum*[J]. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 2013, 95(1): 127-137.
- [23] DUH C Y, CHIEN S C, SONG P Y, et al. New cadinene sesquiterpenoids from the soft coral *Xenia puertogalerae*[J]. *Journal of Natural Products*, 2002, 65(12): 1853-1856.
- [24] 谢梦潔. 龙眼花抗氧化成分之研究[D]. 台北: 台湾大学食品科技研究所, 2006.
- [25] 沈宜蓁. 龙眼花萃取物抗氧化性之探讨[D]. 台北: 台湾大学食品科技研究所, 2005.
- [26] HSIEH C C, HSU S M, HWANG L S, et al. Protective effects of the extract from Longan flower against hepat-

ic ischemia/reperfusion injury in rats[J]. [Journal of Functional Foods](#), 2015, 15: 570 – 579.

[27] LIN C C, CHUNG Y C, HSU C P. Potential roles of

Longan flower and seed extracts for anti-cancer[J]. [World Journal of Experimental Medicine](#), 2012, 2(4): 78 – 85.

Volatile components and antioxidant activity of the extract of longan flowers from Fujian

LIN Shuihua[#], HUANG Xiaoyi, YANG Binjun, ZHANG Lingling, LI Sihong, HUANG Youxia
(Department of Pharmacy, Quanzhou Medical College, Quanzhou, Fujian 362011, China)

Abstract: To explore the volatile components and aroma composition of the flowers of longan (*Dimocarpus longan*), and to investigate the antioxidant activity of their extracts, the flowers of longan were collected from Fujian and extracted with different solvents, and their volatile components and the aroma of the components were analyzed by using the GC-MS technology. Meanwhile, DPPH and ABTS free radical scavenging assays were used to detect the antioxidant activity of the longan flower extracts. The results showed that 59 components were identified from the essential oil extracted from the longan flowers, accounting for approximately 82.2% of the total volatile components. In the essential oil 4 key aroma compounds, 3 potential aroma compounds and 1 modified aroma compound were found. The DPPH and ABTS free radical scavenging assay showed that different solvent extracts of longan flowers had a certain degree of antioxidant activity. Water extract, methanol extract and ethanol extract had significant antioxidant activity, while n-butyl alcohol extract and ethyl acetate extract had low antioxidant activity. All the results show that longan flowers have a great development potential in the fields of medicine, cosmetics, health products, functional foods and so on, which provides a scientific basis for the development and utilization of longan flowers.

Keywords: longan flower; essential oil; antioxidant; activity

(责任编辑: 潘学峰)