

白花菜子挥发油化学成分、抗氧化活性和抑菌活性的研究

耿红梅^{1,2}, 张彦¹, 苗庆峰³, 祁金龙³, 郭春海⁴

(1. 衡水学院应用化学系, 河北衡水 053000) (2. 麦克马斯特大学化学工程系, 加拿大 L8S 4L7)

(3. 河北医科大学药理教研室, 河北石家庄 050017) (4. 河北省出入境检验检疫局技术中心 河北石家庄 050071)

摘要: 本文对白花菜子挥发油的主要化学成分、抗氧化活性和抑菌活性进行了研究。采用水蒸气蒸馏法提取白花菜子挥发油, 并用气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS), 经过 NIST05 谱库检索对比, 对白花菜子挥发油化学成分进行分析, 共鉴定出 61 个化合物, 主要成分相对百分含量为反-9-十八碳烯酸 (17.14%)、n-十六酸 (9.91%)、n-癸酸 (8.62%)、1,13-十四碳二烯 (7.89%)、亚油酸 (5.32%)、庚酸 (4.21%)。抗氧化活性实验表明, 白花菜子挥发油对 1,1-二苯基-2-苦基肼 (DPPH·) 自由基具有良好的清除效果。采用抑菌圈法测定白花菜子挥发油的抑菌活性, 白花菜子挥发油对枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌具有很强的抑制作用, 白花菜子挥发油对大肠杆菌具有较强的抑制作用。研究表明, 白花菜子挥发油具一定的抗氧化活性和抑菌活性, 可能和它的化学成分有关。

关键词: 白花菜子; 挥发油; 气相色谱-质谱; 化学成分; 抗氧化活性; 抑菌活性

文章编号: 1673-9078(2014)11-194-199

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.11.034

Chemical Composition Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil from *Cleome gynandra* L. Seeds

GENG Hong-mei^{1,2}, ZHANG Yan¹, MIAO Qing-feng³, QI Jin-long³, GUO Chun-hai⁴

(1. Chemistry Department of Hengshui University, Hengshui 053000, China) (2. Department of Chemical Engineering, McMaster University, Hamilton L8S 4L7, Canada) (3. Department of Pharmacology, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, China) (4. Hebei Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Shijiazhuang 050071, China)

Abstract: In this study, the chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil from *Cleome gynandra* L. seeds were investigated. The essential oil was extracted by hydrodistillation, and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was employed to analyze the chemical composition of the essential oil. Based on a comparison with the NIST 05 mass spectral library, 61 compounds were identified, and the main components were *trans*-9-octadecenoic acid (17.14%), *n*-hexadecanoic acid (9.91%), *n*-decanoic acid (8.62%), 1,13-tetradecadiene (7.89%), linoleic acid (5.32%), and heptanoic acid (4.21%). The essential oil from *Cleome gynandra* L. seeds had a good 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH·) radical scavenging capacity. The antimicrobial activity of the oil was tested by the zone of inhibition test method. The essential oil showed very strong antimicrobial activity against *Bacillus Megaterium*, *Bacillus subtilis*, and *Staphylococcus aureus*, as well as a relatively strong antimicrobial activity against *Escherichia coli*. The study indicated that the essential oil from *Cleome gynandra* L. seeds had certain antioxidant and antimicrobial effects, which may be attributed to the chemical composition.

Key words: *Cleome gynandra* L. seeds; essential oil; gas chromatography-mass spectrometry; chemical composition; antioxidant activity; antimicrobial activity

植物挥发油具有抗菌、抗炎和抗病毒等多种生物活性, 近些年已引起大家的广泛关注。挥发油的生物活性主要和它的化学成分以及植物的生长环境和农业

收稿日期: 2014-05-03

基金项目: 河北省自然科学基金 (B2009000966); 2012 年河北省专家出国培训项目资助

作者简介: 耿红梅 (1968-), 女, 博士, 教授, 主要从事中药分离与分析、食品分析、生物分离等方面的研究

条件等有关。

白花菜 (*Cleome gynandra* L.) 为白花菜科白花菜属一年生草本植物, 别名五梅草、羊角菜、臭花菜等, 原产于古热带, 现全球热带、亚热带都有分布。在我国也是田野路边常见的野生植物, 分布广泛, 资源丰富, 它富含对人体有益的多种微量元素和氨基酸、粗脂肪、维生素、矿物质等, 具较高的营养价值和医疗保健作用。通常以嫩茎叶供食用, 全草及种子供药用。

挥发油是白花菜的主要有效成分,文献报道^[1]采用气质联用分析法确定了白花菜含有 29 个挥发性成分,其中香芹酚相对百分含量为 29.2%,反式-植醇相对百分含量为 24.0%,芳樟醇相对百分含量为 13.3%,反式-2-甲基-环戊醇相对百分含量为 7.2%, β -丁香烯相对百分含量为 4.4%,另外还有 m-百里香素、壬醛、1- α -萜品醇、 β -环化枸橼醛、香橙醇、反式-香叶醇、甲基异硫氰酸甲酯、茴香醚、苯甲醛、2,4,5-三甲基-噻唑、苯乙醛、右旋-柠檬烯、 β -罗勒烯、苯乙腈、水杨酸甲酯、 α -紫罗兰酮、反式-牛龙牛儿丙酮、 β -紫罗兰酮、十三烷、橙花叔醇、雪松烯、顺式-3-十六醇、反式-3-十六醇和庚酮。

白花菜子是白花菜的干燥成熟种子,为河北省习用药材,具有祛风除湿、消炎止痛的功效^[1,2]。在我国北方地区,民间一直用白花菜子治疗类风湿性关节炎,效果非常明显。国内关于白花菜子化学成分的研究较少,其挥发性成分的研究报道更少。我们采用水蒸气蒸馏法获得了其挥发油,并运用动物模型,证明白花菜子挥发油具有一定的抗炎镇痛作用^[3]。本文对白花菜子挥发油化学成分进行气相色谱-质谱(GC-MS)联用分析,并进行抗氧化活性和抑菌活性研究^[4]。从而为进一步探讨白花菜子挥发油的构效关系以及开发利用其为食品和化妆品功能因子提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

白花菜子购于河北省安国药材市场,经衡水市药品检验所蔡咏梅主任中药师鉴定为 *Cleome gynandra* L.的成熟种子。

DPPH自由基,购于Sigma-Aldrich公司;抗坏血酸(Vc)对照品,中国药品生物制品检定所,批号021225;其他化学试剂均为国产分析纯或生化试剂。

供试菌种:大肠杆菌(*Escherichia coli*),金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*),巨大芽孢杆菌(*Bacillus. Megaterium*),枯草芽孢杆菌(*Bacillus. subtilis*),以上菌种均由衡水市疾病控制预防中心提供。

培养基:牛肉膏蛋白胨培养基。

仪器:HP6890-5973气质联用仪原惠普公司,现安捷伦公司,配电子轰击源(EI);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;FZ102微型植物试样粉碎机,北京永光明仪器有限公司;手提式压力蒸汽灭菌锅YXQ-SG41-280B,中国上海华线设备公司;超净工作台SW-CY-2F,中国上海博

讯实业有限公司医疗设备厂;生化培养箱HP400S,中国武汉瑞华仪器设备有限公司;光学显微镜YS100,日本尼康公司。

1.2 方法

1.2.1 挥发油提取

采用水蒸气蒸馏法提取白花菜子挥发油,实验前经微型植物试样粉碎机粉碎成粉末, $m_{\text{白花菜子}}:m_{\text{蒸馏水}}=1:25$,浸泡 1 h,蒸馏 4 h,盐析,4 °C冷藏静置过夜,收集油层,无水硫酸钠脱水 12 h,过滤即得。白花菜子中挥发油的含量约为 6.2 mL/100g。

1.2.2 GC-MS 分析

色谱条件:色谱柱为 HP-5MS 石英毛细管柱(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m);进样量 1 μ L;进样不分流;载气为氦气;进样口温度为 280 °C;流速为 1 mL/min;柱温程序:70 °C下保持 1 min 以升温速率 10 °C/min 升至 240 °C,保持 5 min,再以 5 °C/min 速率升至 270 °C,保持 3 min。

质谱条件:EI源,电离电压 70 eV,离子源温度 230 °C,接口温度 280 °C,扫描范围 50~80。

1.2.3 白花菜子挥发油对 DPPH·自由基清除能力的测定^[5]

制备 DPPH·自由基溶液:精确称取 0.0108 g DPPH·自由基样品,无水乙醇溶解并定容至 250 mL 容量瓶中,即得到浓度为 0.043 mg/mL 的 DPPH·自由基溶液。

将 6 个不同浓度白花菜子挥发油乙醇溶液与 DPPH·自由基等体积混合,摇匀,放置于黑暗中 30 min 后,于 518 nm 下测定吸光度值(A_i)。将白花菜子挥发油乙醇溶液与无水乙醇进行等体积混合于试管中,摇匀,放置于黑暗处 30 min 后于 518 nm 下测定吸光度值为(A_j)。取蒸馏水与 DPPH·自由基溶液等体积相混合于试管中测定其吸光度值(A₀)。以 Vc 作阳性对照,按下列公式进行计算,得到 DPPH·自由基清除率,求出 IC₅₀

$$W = \frac{A_0 - A_i + A_j}{A_0} \times 100\%$$

式中:W为 DPPH·自由基清除率;A₀为 DPPH·自由基吸光度值;A_i为不同浓度白花菜子挥发油与 DPPH·自由基作用后吸光度值;A_j为不同浓度白花菜子挥发油的吸光度值。

1.2.4 白花菜子挥发油抑菌实验^[6-8]

1.2.4.1 供试菌液的制备

供试菌种用牛肉膏蛋白胨斜面培养基接种和培养后,用血球计数板法与比浊法制得浓度为 10⁴~10⁶ CFU/mL 的菌悬液。

1.2.4.2 抑菌活性测定

用滤纸片法测定抑菌效果，将灭菌的直径为6 mm 的滤纸片，浸入白花菜子挥发油乙醚溶液中，使充分吸收。从稀释好的各供试菌液中分别取出0.3 mL的菌悬液，均匀涂布在牛肉膏蛋白胨平板培养基表面，制成含菌平板。每皿放三片，其中一片为只浸有乙醚的滤纸片做为对照，另外两片为浸泡过300.00 μL/mL待测液的滤纸片，每种菌做两个平皿，然后置于培养箱中37 °C 下培养24 h后测定抑菌圈直径，实验结果取平均值。

1.2.4.3 最低抑菌浓度（MIC）的测定

能够完全抑制某真菌或细菌生长的最低浓度为该菌种的最低抑菌浓度。根据滤纸片法所得的结果，采用2倍连续梯度稀释，以乙醚为溶剂将样品液稀释成不同的浓度，将灭菌后的滤纸片分别浸泡在不同浓度的挥发油试样液中30 min。将待测菌悬液各取0.3 mL在相应的固体培养基上均匀涂布，制成含菌平板。每皿贴三片，其中一片为乙醚对照，每种浓度每种菌做两个平皿，然后倒置于培养箱中于37 °C培养24 h后观察，不长菌的稀释液最低浓度即为最小抑菌浓度（MIC）。

2 结果与讨论

2.1 白花菜子挥发油 GC-MS 化学成分鉴定

对白花菜子挥发油进行GC-MS分析，经总离子流图面积归一化法求出各成分相对质量分数，见图1、2。通过对逐个色谱峰的质谱分析和质谱数据库检索，按照各色谱峰图与文献进行核对，结合有关图谱进行解

析^[9-10]，并参考相应峰的保留时间，鉴定出白花菜子挥发油中的61个化学成分。并采用面积归一化法测得各组分的相对百分含量，分析鉴定结果见表1。

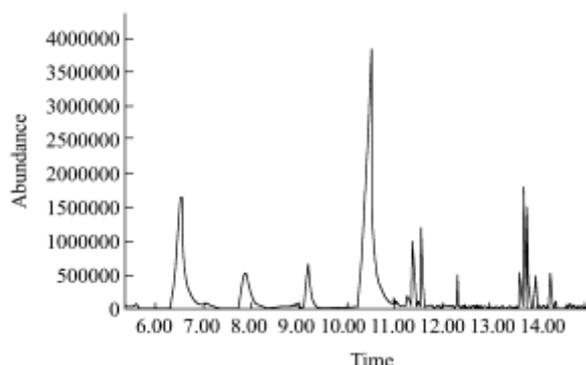


图1 白花菜子挥发油总离子流图

Fig.1 GC/MS total ion current chromatogram of essential oil from *Cleome gynandra* L. seeds

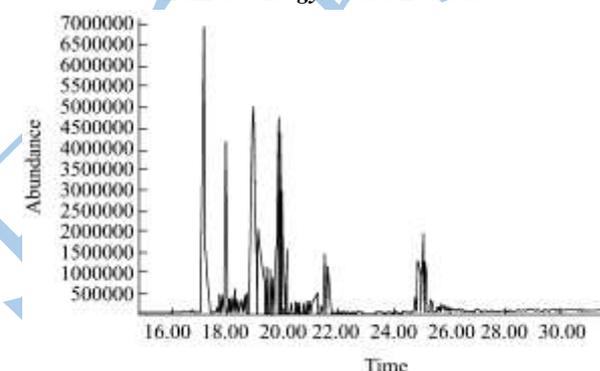


图2 白花菜子挥发油总离子流图

Fig.2 GC/MS total ion current chromatogram of essential oil from *Cleome gynandra* L. seeds

表 1 白花菜子挥发油的化学成分鉴定

Table 1 Identification of the components of essential oil from *Cleome gynandra* L. seeds

序号	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对质量分数%	保留时间/min
1	丁基苯	C ₁₀ H ₁₄	134	0.05	5.59
2	庚酸	C ₇ H ₁₄ O ₂	130	4.21	6.53
3	戊基苯	C ₁₁ H ₁₆	148	0.20	7.04
4	辛酸	C ₈ H ₁₆ O ₂	144	1.42	7.87
5	己基苯	C ₁₂ H ₁₈	162	0.06	8.52
6	1-癸烯	C ₁₀ H ₂₀	140	0.05	8.77
7	1-辛烯	C ₈ H ₁₆	112	0.03	8.82
8	二十七烷	C ₂₇ H ₅₆	381	0.06	8.93
9	壬酸	C ₉ H ₁₈ O ₂	158	0.94	9.19
10	1-十四(碳)烯	C ₁₄ H ₂₈	196	0.09	10.19
11	n-癸酸	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	8.62	10.52
12	丙基环戊烷	C ₈ H ₁₆	112	0.11	10.99
13	1,9-癸二烯	C ₁₀ H ₁₈	138	0.14	11.28
14	(6反)-1,6-十一碳二烯	C ₁₁ H ₂₀	152	0.77	11.39

转下页

接上页

15	1-十五烷烯	C ₁₇ H ₃₄	238	0.07	11.48
16	十五烷	C ₁₅ H ₃₂	212	0.52	11.57
17	十一(烷)酸	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	186	0.05	11.83
18	顺-1,4-二甲基-2-甲叉环己烷	C ₉ H ₁₆	124	0.09	11.98
19	1-甲基乙基环己烷	C ₉ H ₁₈	126	0.22	12.32
20	1, 11-十二碳二烯	C ₁₂ H ₂₂	166	0.48	12.55
21	(3反)-十六碳烯	C ₁₆ H ₃₂	224	0.33	12.61
22	2-甲基-1-十五烷烯	C ₁₆ H ₃₂	224	1.06	12.72
23	1-碘代-2-甲基十一烷	C ₁₂ H ₂₅ I	297	0.04	12.79
24	环癸烯	C ₁₀ H ₁₈	138	0.26	13.63
25	1-十五(烷)基烯	C ₁₅ H ₃₀	210	0.99	13.71
26	8-十七碳烯	C ₁₇ H ₃₄	238	0.84	13.77
27	十五烷	C ₁₉ H ₄₀	268	0.19	13.95
28	1,1,2-三甲基环癸烷	C ₁₃ H ₂₆	182	0.28	14.25
29	(顺, 顺) 2-(9,12-碳十八二烯氧基) 乙醇	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308	0.11	14.66
30	(反)-1,9-十二碳二烯	C ₁₂ H ₁₂	166	0.07	14.81
31	(反, 反)-3,13-十八碳二烯基乙醇	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308	0.07	15.92
32	4-异丙烯基环己酮	C ₉ H ₁₄ O	138	0.07	15.99
33	2-十六烷氧基乙醇	C ₁₈ H ₃₈ O ₂	286	0.03	16.11
34	2-十七烷酮	C ₁₇ H ₃₄ O	254	0.05	16.20
35	十六烷基氟	C ₁₆ H ₃₁ N	237	0.09	16.25
36	十六酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	0.07	16.40
37	1,8-二甲基壬二烯醇	C ₁₁ H ₁₇	149	0.05	16.84
38	1-氯-8-十七碳烯	C ₁₇ H ₃₃ CL	272.5	0.08	17.01
39	n-十六酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	9.91	17.15
40	十三(烷)酸	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	214	0.62	17.56
41	10-二十一烷烯	C ₂₁ H ₄₂	294	3.92	17.95
42	十八碳烯	C ₁₈ H ₃₆	252	0.54	18.04
43	8-十八碳烯酸甲酯	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0.53	18.07
44	十七(烷)酸	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	0.22	18.61
45	9,15-十八碳二烯酸甲酯	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294	0.41	18.68
46	反-9-十八碳烯酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	17.14	18.94
47	亚油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	5.32	19.11
48	顺-9,17-十八碳二烯酮	C ₁₈ H ₃₁ O	263	0.73	19.38
49	1,13-十四碳二烯	C ₁₄ H ₂₆	194	7.89	19.88
50	(R)-(-)-14-甲基-8-炔-十六烷醇	C ₁₇ H ₃₁ O	251	0.90	20.47
51	亚油酸氯乙基酯	C ₂₀ H ₃₅ O ₂ CL	342.5	0.79	20.61
52	9-甲基-二环[3.3.1]壬烷	C ₁₁ H ₁₈	150	1.39	21.18
53	1, 9-十四碳癸二烯	C ₁₄ H ₂₅	193	0.56	21.30
54	1-碳二十二烯	C ₂₂ H ₄₄	308	1.52	21.51
55	1-十九烷基烯	C ₁₉ H ₃₈	266	1.38	21.61
56	(顺)-9-油酸-2-羟基-1-羟甲基乙酯	C ₂₀ H ₃₈ O ₄	342	0.10	22.61
57	(反)-11-十六碳烯醇	C ₁₆ H ₃₀ O	238	2.37	24.88

转下页

接上页

58	11-碳二十六烷	C ₂₆ H ₅₀	362	4.19	25.05
59	1-碳二十六烯	C ₂₆ H ₅₂	364	0.78	25.37
60	2-碳十二烷基十四脱氢菲	C ₂₆ H ₄₈	410	0.35	25.78
61	13, 17, 21-三甲基三十五烷	C ₃₈ H ₇₈	534	0.50	29.85

由表 1 可以看出, 通过用 GC-MS 技术对所提取的白花菜子挥发油进行成分鉴定, 共分离鉴定出 61 种化学成分, 占提取总量的 84.86%。主要成分为链状饱和或不饱和脂肪酸, 含量超过 45%, 其他成分为各种不同链长的饱和或不饱和烷烃、烯烃和醇等, 另外还有极少量的环状化合物。其中不饱和脂肪酸反-9-十八碳烯酸相对百分含量为 17.14%, n-十六酸相对含量为 9.91%, n-癸酸相对含量为 8.62%, 1,13-十四碳二烯相对含量为 7.89%, 亚油酸相对含量为 5.32%, 庚酸相对含量为 4.21%。近年来的研究表明, 不饱和脂肪酸对人体有降低胆固醇、血压和血脂, 抗动脉硬化、血栓, 预防心血管疾病, 预防老年痴呆症, 增强记忆力, 防癌等多种作用。提示白花菜子挥发油的药用价值有待进一步开发研究。

2.2 对 DPPH· 自由基的清除作用

DPPH· 自由基清除法是测定抗氧化活性最常用的一种方法。DPPH· 自由基是一种稳定性较好的自由基, 一般呈紫色, 含有 3 个苯环, 在 518 nm 处有最大吸收,

当加入抗氧化剂时, DPPH· 自由基中的单电子配对而使其颜色变淡, 在该波长下吸收减弱, 吸光度值变小, 可借此来评价物质的抗氧化活性。如果被测物能较好的清除它, 表明该物质能够降低氧自由基、烷基自由基等的有效浓度, 阻断脂质的过氧化, 因此, 对 DPPH· 自由基清除率的高低是天然抗氧化剂筛选的指标之一。通常用 IC₅₀ 值表示对自由基的清除能力, IC₅₀ 值越小, 表明抗氧化活性越高。从表 1 可以看出, 在试验浓度范围内, Vc 溶液和白花菜子挥发油对 DPPH· 自由基都具有比较强的清除效果, 并且随着浓度的增加, 其抗氧化能力也相应提高。但在相同的浓度下, 白花菜子挥发油对 DPPH· 自由基的清除效果不及 Vc, 这可能与挥发油所含的成分有关, 抗氧化活性成分较少, 但也表现出了较好的抗氧化性。说明白花菜子挥发油本身具有消除自由基的作用, 食用能够给人体补充抗氧化剂, 可以防止人体的衰老和某些疾病的发生, 起到一定的保健作用。如果添加到食品中, 使食品的存放时间延长, 不易变质, 一定程度上起防腐剂的作用。

表 2 白花菜子挥发油对 DPPH· 的清除率

Table 2 Scavenging rate of DPPH free radicals by essential oil from *Cleome gynandra L.* seeds

浓度/(mg/mL)	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	5.0
Vc 的清除率/%	67.12±0.02	80.76±0.02	87.14±0.01	90.46±0.01	92.01±0.06	94.32±0.01
白花菜子挥发油清除率/%	45.07±0.01	50.01±0.02	62.53±0.08	71.98±0.03	75.11±0.08	78.22±0.01

2.3 抑菌活性

2.3.1 抑菌活性测定

表 3 抑菌活性测定结果

Table 3 Antimicrobial activity of essential oil from *Cleome gynandra L.* seeds

测试菌种	抑菌圈平均直径 mm	
	白花菜子挥发油 300.00 μL/mL	乙醚(对照)
大肠杆菌	8.11	6.50
金黄色葡萄球菌	12.53	6.50
枯草芽孢杆菌	24.54	6.50
巨大芽孢杆菌	23.36	6.50

照抑菌活性测定方法进行抑菌试验, 试验结果见表 3。

表 3 结果表明, 300.00 μL/mL 的白花菜子挥发油对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、巨大芽孢杆菌、枯草芽

孢杆菌均具有抑制作用。其中对枯草芽孢杆菌和巨大芽孢杆菌的抑制作用较强, 对金黄色葡萄球菌的抑制作用次之, 而对大肠杆菌的抑制作用最弱。

2.3.2 MIC 试验结果

由上述抑菌活性试验结果可以看出白花菜子挥发油对四种供试菌都有抑菌效果, 为进一步证实其抑菌活性, 按照最低抑菌浓度的测定方法, 测定白花菜子挥发油对四种供试菌的最低抑制菌浓度, 试验结果见表 4。

由表 4 可见, 白花菜子挥发油对大肠杆菌的 MIC 为 50.00 μL/mL, 对金黄色葡萄球菌的 MIC 为 6.25 μL/mL, 对巨大芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌的 MIC 为 3.12 μL/mL。表明白花菜子挥发油对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、巨大芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌均具有抑制作用, 特别是对巨大芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌具有很强的抑制作用, 而对大肠杆菌的抑制作用较弱, 在其浓度为 50.00

$\mu\text{L/mL}$ 时有抑制圈,而当浓度为 $25.00 \mu\text{L/mL}$ 时已不出现抑制圈,即已不具有抑制作用。

表4 MIC测定结果

Table 4 Minimal inhibitory concentration (MIC) of essential oil from *Cleome gynandra L.* seeds

测试菌种	白花菜子挥发油稀释液浓度 $\mu\text{L/mL}$										乙醚	
	100.00	50.00	25.00	12.50	6.25	3.12	1.56	0.78	0.39	0.20		
大肠杆菌	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
金黄色葡萄球菌	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
枯草芽孢杆菌	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
巨大芽孢杆菌	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

注: +表示有抑菌现象, -表示无抑菌现象。

3 结论

3.1 采用水蒸气蒸馏法提取白花菜子挥发油,用GC-MS联用法对白花菜子挥发油化学成分进行分析,参考大量相关文献,共鉴定出61个化合物,其中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸较多,相对百分含量较高的主要成分为反-9-十八碳烯酸、n-十六酸、n-癸酸、1,13-十四碳二烯、亚油酸和庚酸。与白花菜挥发油的成分比较有很大不同,白花菜挥发成分相对百分含量较高的为香芹酚、反式-植醇、芳樟醇、反式-2-甲基-环戊醇和 β -丁香烯。猜测白花菜子挥发油的生物活性可能与含有的大量不饱和脂肪酸有关。

3.2 抗氧化活性试验表明,白花菜子挥发油对DPPH·自由基表现出了一定的抗氧化性,但清除自由基效果不及Vc。

3.3 采用抑菌圈法测定白花菜子挥发油的抑菌活性,白花菜子挥发油对枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有抑制作用,尤其是对枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌有很强的抑制作用,这可能与白花菜子挥发油中的某些成分有关。提示白花菜子挥发油可作为食品防腐剂,同时表明它可能是一种较好的临床抗菌药物,对其他细菌和真菌的抑菌活性还有待进一步研究。抑菌机理估计与破坏细胞膜、细胞壁的结构有关。张赟彬等^[1]研究发现荷叶精油可造成大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌菌体细胞膜透性的变化,引起菌体内含物的渗漏,从而造成液体培养基电导率和还原糖含量增加。刘梦茵等^[1]研究发现乌梅提取物对蜡状芽孢杆菌具有抑制和破坏作用,作用机理是乌梅提取物破坏了细菌的细胞壁和细胞膜的完整性,增加了细胞膜的通透性,使细胞内容物渗出,使电导率增大,胞外蛋白含量增加,造成菌体不可恢复性损伤,从而失去代谢和增殖活性,同时乌梅提取物干扰了菌体蛋白的正常表达。吴均等^[2]研究发现山苍子油的抑菌机制可能在于破坏细菌细胞膜结构,导致细菌细胞变形和菌体蛋白质减少,直至菌体

分解为碎片。

参考文献

- [1] 耿红梅,祁金龙.白花菜的研究进展[J].时珍国医国药, 2008, 19(11):218-219
GENG Hong-mei, QI Jin-long. Advances of research on *Cleome Gynandra L.* [J]. Lishizhen Medicine Materia Medica Research, 2008, 19(11): 218-219
- [2] 中国医学科学院药物研究所.中药志.第三册.第二版[M].北京:人民卫生出版社,1984
Chinese Academy of Medical Sciences. Chinese medicinal herbal. the third volumes, second edition [M]. Beijing: people hygiene press, 1984
- [3] 耿红梅,苗庆峰,吕海燕,等.白花菜子挥发油抗炎镇痛作用的实验研究[J].时珍国医国药, 2012,23(1):58-59
GENG Hong-mei, MIAO Qing-feng, LU Hai-yan, et al. Study on antiinflammatory and analgesic effect in Spiderflower seed [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2012, 23(1): 58-59
- [4] Abdulhmid A Giweli, Ana M Džamić, Marina D Soković, et al. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of *Thymus algeriensis* wild-growing in Libya [J]. Central European Journal of Biology, 2013, 8(5): 504-511
- [5] 齐善厚.茵陈黄酮的抗氧化及镇痛作用研究[J].现代食品科技,2013,29(3):501-504
QI Shan-hou. Antioxidant and analgesia activities of flavonoids from the *Capillary artemisia* [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(3): 501-504
- [6] 陈长毅.合欢荚果提取物的抑菌作用研究[J].现代食品科技,2013,29(2):274-276
CHEN Chang-yi. Study on the bacteriostasis of the extracts from Legume of *Albizzia julibrissin Durazz* [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(2): 274-276
- [7] Aline Augusti Boligon, Andrieli Cassel Feltrin, Amanda

- Leitao Gindri, et al. Essential oil composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Guazzuma Ulmifolia* from Brazil [J]. *Medicinal and Aromatic Plants*, 2013, 2(3): 126-128
- [8] Maria J Jordan, Vanesa Lax, Maria C Rota, et al. Effect of the phenological stage on the chemical composition, and antimicrobial and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* Lessential oil and its polyphenolic extract [J]. *Industrial Crops and Products*, 2013, (48), 144-152
- [9] Farukh S Sharopov, Michael Wink, Davlat R Khalifaev, et al. Chemical composition and antiproliferative activity of the essential oil of *Galagania fragrantissima* Lipsky (Apiaceae) [J]. *American Journal of Essential Oil and Natural Product*, 2013, 1(1): 11-13
- [10] Ramzi A Mothana, Mansour S Al-Said, Mohammed A Al-Yahya, et al. GC and GC/MS analysis of essential oil composition of the endemic *Soqotraea Leucas virgata* Balf.f. and its antimicrobial and antioxidant activities [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, 14, 23129-23139
- [11] 刘梦茵,刘芳,周涛,等.乌梅提取物对蜡状芽孢杆菌的抑菌机理研究[J].*食品科学*,2012,33(1):103-105
LIU Meng-yin, LIU Fang, ZHOU Tao, et al. Anti-*Bacillus cereus* mechanisms of *Fructus Mume* extract [J]. *Food Science*, 2012, 33(1): 103-105
- [12] 吴均,杨钦滢,赵晓娟,等.山苍子油的抑菌活性及机理研究[J].*食品工业科技*,2013,34(17):119-121
WU Jun, YANG Qin-yan, ZHAO Xiao-juan, et al. Study on antimicrobial activities and antimicrobial mechanism of essential oil from *Litsea cubeba* [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(17): 119-121