

·化学成分研究·

柳树叶、茎挥发油成分及解热、抗菌作用研究

卫 强, 邵 敏, 周莉莉(安徽新华学院药学院, 安徽 合肥 230088)

摘要: **目的** 研究柳树叶、茎挥发油的化学成分和生物活性。**方法** 采用超临界二氧化碳萃取, 应用气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 法鉴定挥发油化学成分, 考察抑菌、解热活性。**结果** 共鉴定 127 个化合物, 柳树叶挥发油中主要有苯甲醛(38.62%)、二十八烷(4.06%)、苯甲醇(9.15%)等; 柳树茎挥发油中主要有苯甲醛(9.00%)、二十八烷(8.86%)、(S)-松油醇(7.36%)、2-羟基苯甲醛(9.00%)、3, 7-二甲基-2, 6-辛二烯醛(4.62%)、3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯-3-醇(3.92%)、香叶醇(3.18%)、3-烯丙基-6-甲氧基-苯酚(2.66%)等。柳树叶、茎挥发油对大鼠均有具有解热作用, 乙醚组解热作用强于环己烷组, 柳树茎解热效果优于叶。柳树叶乙醚挥发油、柳树茎挥发油可显著降低大鼠下丘脑组织 5-HT、NE、DA 的含量。柳树叶、茎不同萃取挥发油对特定病原菌有特殊抑菌效果。**结论** 柳树叶、茎挥发油成分差异大, 其乙醚挥发油解热效果良好, 对特殊细菌有显著抑菌活性。

关键词: 柳树叶、茎; 挥发油; 化学成分; 解热; 抗菌

中图分类号: R284.1; R285.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-9783(2016)03-

doi: 10.3969/j.issn.1003-9783.2016.03

Study on Chemical Components of Essential Oils of the Leaf and Stem from *Salix babylonica* L. and Their Antipyretic, Antimicrobial Effects

WEI Qiang, SHAO Min, ZHOU Lili (Pharmacy School, Anhui Xinhua University, Hefei 230088 Anhui, China)

Abstract: **Objective** To study the chemical constituents of essential oils of the leaf and stem from *Salix babylonica* L. and their biological activities. **Methods** The volatile oils of leaf and stem were extracted by supercritical CO₂ extraction and were separated and identified by GC-MS. Their antipyretic and antimicrobial activities were studied. **Results** 127 components were identified from the volatile oil in which main constituents were benzaldehyde (38.62%), octacosane (4.06%) and benzyl alcohol (9.15%) from the leaf, benzaldehyde (9.00%), octacosane (8.86%), (S)- α , α , 4-trimethyl-3-cyclohexene-1-methanol (7.36%), 2-hydroxy-benzaldehyde (9.00%), 3, 7-dimethyl-2, 6-octadienal (4.62%), 3, 7-dimethyl-1, 6-octadien-3-ol (3.92%), (E)-3, 7-dimethyl-2, 6-octadien-1-ol (3.18%) and 3-allyl-6-methoxyphenol (2.66%) from the stem. The volatile oils of leaf and stem showed apparent antipyretic effects in which aether group had stronger activities than cyclonexane group and the volatile oil of stem was better than that of leaf. Aether group in the volatile oil of the leaf and all the volatile oil of stem reduced apparently the content of 5-HT, NE, DA in hypothalamus of rats. The volatile oil of the leaf and stem extracted by cyclonexane and aether showed special inhibiting activities against some pathogens. **Conclusion** Chemical compositions of the volatile oils of the leaf and stem showed significant differences and good antipyretic, antimicrobial activities.

Keywords: Leaf and stem from *Salix babylonica* L; volatile oil; chemical components; Antipyretic effect; antimicrobial activities

收稿日期: 2015-09-09

作者简介: 卫强, 男, 硕士, 副教授, 研究方向: 天然产物活性成分研究。Email: weiqiang509@sina.com。

基金项目: 安徽省质量工程项目(2014zy078); 国家大学生创新创业训练项目(201512216020)。

垂柳(*Salix babylonica* L.)为杨柳科植物,在我国分布广泛。《本草纲目》记载:其味苦、性寒,有祛风、利尿、止痛、消肿等功能。民间用其叶水煎液治疗疖肿、疮毒和炎症疾病。其叶、茎和絮曾经被收载为常用中药^[1]。垂柳中含有丰富的黄酮类和脂肪酸类化合物^[2],具有抗氧化、抗炎、抗癌、抗辐射等作用^[3-4]。另外,还含有酚糖苷类^[5]、多糖^[6-7]、有机酸^[8]等化合物。本文研究柳树叶、茎挥发油的成分,并探索不同挥发油萃取部位的解热作用和抗菌活性。

1 材料

1.1 仪器 HA221-50-01 型超临界萃取设备,江苏南通华安超临界有限公司;Agilent 6890-5973N 气相色谱仪(美国安捷伦科技公司)。

1.2 药品及试剂 柳树叶、茎于 2014 年 3 月采自安徽合肥大蜀山地区,经安徽新华学院李启照副教授鉴定为杨柳科垂柳(*Salix babylonica* L.)的叶和茎,标本存于安徽新华学院药学院实验室。大肠杆菌内毒素(E.Coli O111B4)、多巴胺(DA),Fluka 公司;5-羟色胺(5-HT)、去甲肾上腺素(NE),Sigma 公司;其他试剂为分析纯。

1.3 动物 雄性 SD 大鼠,SPF 级,体质量(200±22)g,安徽中医药大学实验动物中心,合格证号:2012090002。

2 方法与结果

2.1 挥发油的提取 取干燥、粉碎后的柳树叶、茎各 250 g 装入料筒,放入超临界萃取装置萃取釜内,设置萃取压力 50 MPa,萃取温度 35 ℃,萃取流量 20 L·h⁻¹,萃取 2 h 后,收集萃取物。萃取物经减压蒸馏后分别以环己烷、乙醚萃取,氮气吹去溶剂,得到挥发油。环己烷层挥发油几近无色,乙醚层挥发油呈淡黄色。3 次萃取,以油质量/样品质量得柳树叶环己烷、乙醚萃取挥发油得率为 0.88 %、1.01 %,柳树茎环己烷、乙醚萃取挥发油得率为 0.52 %、0.76 %。解热实验以 1 %吐温 80 配成所需浓度乳剂。

2.2 色谱条件及成分 HP-5 MS 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),载气为高纯氮,不分流,进样量 1 μL;程序升温,柱起始温度为 40 ℃,保持 1 min 后,以 5 ℃·min⁻¹ 升至 150 ℃,保持 2 min,再以 10 ℃·min⁻¹ 升至 280 ℃,保持 7 min,再以 5 ℃·min⁻¹ 升至 300 ℃,保持至完成分析。电子轰击能量 60 eV,扫描范围 *m/z* 25-550,离子源温度 220 ℃,接口温度 280 ℃,全离子扫描。通过面积归一化法

测定鉴定的化合物的相对含量,分析数据库用美国国家标准与技术局化学数据库 2011(Nist2011 数据库)。结果见图 1,表 1。

由表 1 可知,从柳树叶、茎挥发油不同萃取部位中共鉴定出 127 种化学成分,主要有烃类、酯类、苯类、醇类、醛类、酮类、杂环、酸类、醚类等。在柳树叶环己烷萃取挥发油中共鉴定出 54 种挥发性成分,占总挥发性成分的 72.50 %,主要是醛类(40.42 %)、烃类(14.40 %)、醇类(8.28 %)。醛类中主要有苯甲醛(38.62 %);烃类中主要有二十八烷(4.06 %)、二十五烷(3.90 %)、甲基环己烷(3.21 %);醇类中主要有香叶醇(2.67 %)。在柳树叶乙醚萃取挥发油中共鉴定出 51 种挥发性成分,占总挥发性成分的 54.48 %,主要是醛类(22.85 %)、醇类(18.19 %)、烃类(9.16 %)等。醛类中主要有苯甲醛(19.53 %);醇类中主要有苯甲醇(9.15 %)、苯乙醇(2.50 %);烃类中主要有二十八烷(2.59 %)。

在柳树茎环己烷萃取挥发油中共鉴定出 55 种挥发性成分,占总挥发性成分的 97.20 %,主要是醛类(27.88 %)、醇类(23.34 %)、烃类(13.38 %)、酮类(12.34 %)、苯类(9.10 %)、酯类(10.28 %)。醛类主要有苯甲醛(14.26 %)、2-羟基苯甲醛(9.00 %)、3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛(4.62 %);醇类主要有(S)-松油醇(7.36 %)、3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇(3.92 %)、香叶醇(3.18 %)、α-甲基-α-[4-甲基-3-戊烯基]环氧乙烷甲醇(2.12 %);烃类中主要有二十八烷(8.86 %);酮类主要有 1,2-环己二酮(8.62 %);苯类中主要有间二甲苯(2.40 %)、3-烯丙基-6-甲氧基-苯酚(2.66 %);酯类中主要有邻苯二甲酸二丁酯(2.56 %)。在柳树茎乙醚萃取挥发油中共鉴定出 51 种挥发性成分,占总挥发性成分的 89.51 %,主要是苯类(26.41 %)、醛类(21.06 %)、醇类(20.62 %)、烃类(11.68 %)等。苯类中主要有苯酚(14.84 %)、4-(2-丙烯基)-苯酚(2.08 %);醛类有苯甲醛(12.48 %)、2-羟基苯甲醛(8.58 %);醇类中主要有苯乙醇(2.86 %)、3-(1-乙氧乙氧基)-2-甲基丁烷-1,4-二醇(2.78 %)、香叶醇(2.07 %)、3-己烯-1-醇(2.04 %);烃类中主要有二十八烷(4.14 %)、1,1-二乙氧基乙烷(2.86 %)。

柳树叶、茎挥发油中共有成分有烃类(甲基环己烷、十五烷、8-丙氧基柏木烷、二十一烷、二十五烷、二十七烷、二十八烷、十六碳酰胺),酯类(邻苯二甲酸二异丁酯、十六酸甲酯、邻苯二甲酸二丁酯、

邻苯二甲酸二异辛酯), 苯类(甲苯、1, 3-二羟基-5-戊基苯、乙苯、间二甲苯、对二甲苯、丁香酚、2, 4-二叔丁基苯酚), 醇类(3-己烯-1-醇、(S)-3-乙基-4-甲基戊醇、苯甲醇、三十五醇、 α -甲基- α -[4-甲基-3-戊烯基]环氧乙烷甲醇、cis- α , α -5-三甲基-5-乙烯基四氢化呋喃-2-甲醇、3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯-3-醇、苯乙醇、(E,Z)-3, 6-壬二烯醇、(S)-松油醇、香叶醇), 醛类(苯甲醛), 酮类(β -紫罗兰酮、cis-六氢化-8 α -甲基-1, 8(2H, 5H)-萘二酮)。其中叶中甲基环己烷、二十

五烷、二十一烷、苯甲醇含量远高于茎, 最高分别达到 3.21 %、3.90 %、2.73 %、9.15 %。邻苯二甲酸二异丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、甲苯、间二甲苯、2, 4-二叔丁基苯酚、3-己烯-1-醇、 α -甲基- α -[4-甲基-3-戊烯基]环氧乙烷甲醇、cis- α , α -5-三甲基-5-乙烯基四氢化呋喃-2-甲醇、3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯-3-醇、(E,Z)-3, 6-壬二烯醇、(S)-松油醇在茎中的含量远高于叶, 达到 1 %以上。而茎中苯酚、2-羟基苯甲醛含量较高, 达到 14.84 %、9.00 %。

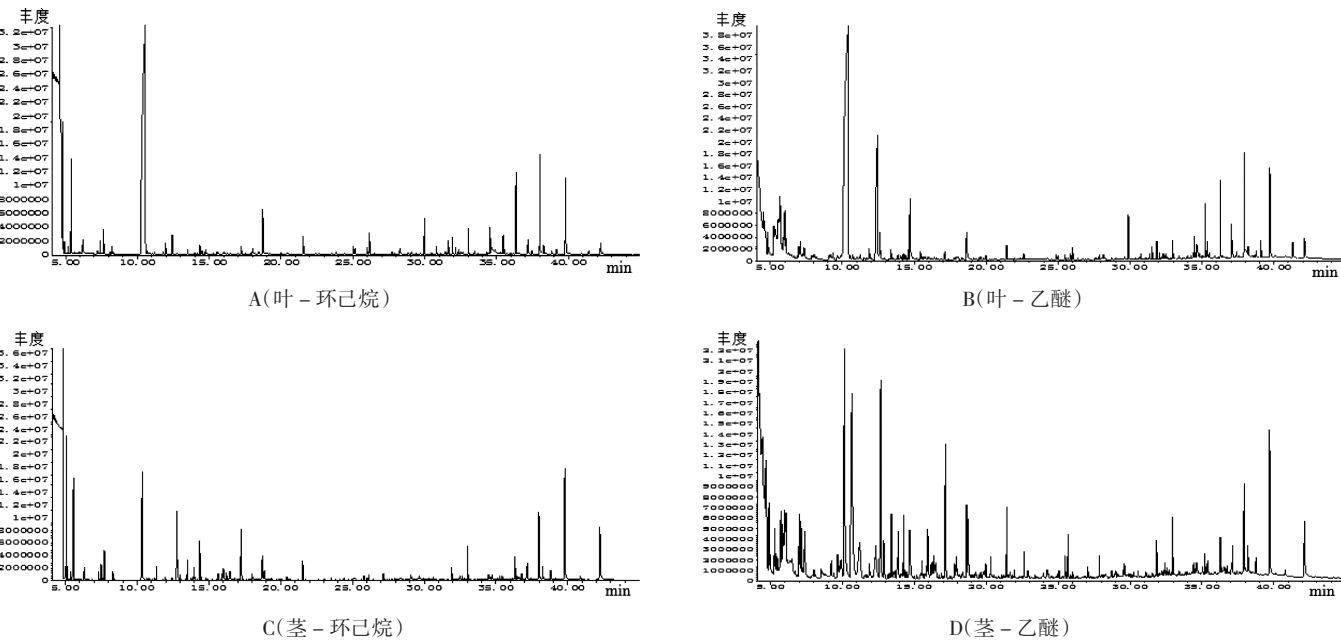


图 1 柳树叶(A, B)、茎(C, D)挥发油不同部位总离子流
Figure 1 Total ion chromatogram of volatile oil of leaf and stem from *Salix babylonica* L.

表 1 柳树叶、茎挥发油不同部位化学成分

Table 1 Volatile oils' chemical constituents of leaf and stem from <i>Salix babylonica</i> L.							
编号	保留时间 /min	分子式	化合物	相对含量 /%			
				叶(环己烷)	叶(乙醚)	茎(环己烷)	茎(乙醚)
			烷烃类				
1	5.294	C ₅ H ₁₂ O	2-Ethoxy-propane(2-乙氧丙烷)	—	—	—	0.96
2	5.397	C ₇ H ₁₄	Methyl cyclohexane(甲基环己烷)	3.21	—	0.06	—
3	5.998	C ₆ H ₁₃ ClO	2-Ethoxy-3-chlorobutane(2-乙氧基-3-氯丁烷)	—	1.50	—	—
4	5.998	C ₆ H ₁₄ O ₂	1, 1-Diethoxy-ethane(1, 1-二乙氧基乙烷)	—	—	—	2.86
5	9.240	C ₁₀ H ₂₂ O ₂	1, 1-Diisobutoxy-ethane(1, 1'-二异丁氧基乙烷)	—	—	—	0.58
6	11.248	C ₈ H ₁₈ O ₃	3, 5-Dimethyl-hexane-1, 3, 4-triol(3, 5-二甲基-1, 3, 4-三羟基己烷)	—	0.14	—	—
7	13.391	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	α-Methyl-α-[4-methyl-3-pentenyl]oxiranemethanol(甲基-α-[4-甲基-3-戊烯基]甲醇基环氧乙烷)	—	0.28	—	—
8	22.631	C ₁₄ H ₃₀	Tetradecane(十四烷)	—	0.13	—	—
9	23.968	C ₁₆ H ₂₆ O ₃	2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydride(十二烯基丁二酸酐)	—	—	—	0.22
10	24.936	C ₁₈ H ₃₀ O ₅	2-Butyloxycarbonyloxy-1, 1, 10-trimethyl-6, 9-epidioxycalinalin(2-叔丁氧羰基氧基-1, 1, 10-三甲基-6, 9-环二氧萘)	—	—	—	0.18

(接上表)

编号	保留时间 /min	分子式	化合物	相对含量 /%			
				叶(环己烷)	叶(乙醚)	茎(环己烷)	茎(乙醚)
11	25.472	C ₁₅ H ₃₂	Pentadecane(十五烷)	—	0.16	—	0.64
12	27.718	C ₁₅ H ₃₂ O	Caryophyllene oxide(环氧石竹烯)	0.14	0.06	—	—
13	28.211	C ₁₈ H ₃₂ O	8-Propoxy-cedrane(8-丙氧基柏木烷)	—	0.19	0.24	—
14	27.859	C ₁₆ H ₃₄	Hexadecane(十六烷)	—	—	—	0.51
15	32.498	C ₁₇ H ₃₆	2, 6, 10-Trimethyl-tetradecane(2, 6, 10-三甲基十四烷)	—	—	0.40	—
16	32.346	C ₁₉ H ₃₄	Z, Z, Z-4, 6, 9-Nonadecatriene(Z, Z, Z-4, 6, 9-壬烷基癸二烯)	0.18	—	—	—
17	34.641	C ₂₆ H ₅₄	3-Ethyl-5-(2-ethylbutyl)-octadecane(3-乙基-5-(2-乙基丁基)-十八烷)	—	—	—	0.46
18	35.226	C ₁₆ H ₃₃ NO	Hexadecanamide(十六碳酰胺)	—	0.98	—	0.54
19	36.335	C ₂₁ H ₄₄	Heneicosane(二十一烷)	2.73	1.40	1.80	—
20	37.005	C ₁₈ H ₃₇ NO	Octadecanamide(十八酰胺)	—	0.57	—	—
21	37.174	C ₂₄ H ₅₀	Tetracosane(二十四烷)	—	—	1.30	—
22	37.997	C ₂₅ H ₅₂	Pentacosane(二十五烷)	3.90	—	0.28	—
23	38.820	C ₂₇ H ₅₆	Heptacosane(二十七烷)	0.18	0.19	0.44	0.58
24	39.101	C ₁₈ H ₃₆ O	Hexadecyl oxirane(十六烷基环氧乙烷)	—	0.43	—	—
25	39.789	C ₂₈ H ₅₈	Octacosane(二十八烷)	4.06	2.59	8.86	4.14
26	41.326	C ₃₅ H ₇₀	17-Pentatriacontene(17-三十五碳烯)	—	0.54	—	—
酯类							
27	5.364	C ₉ H ₁₆ O ₂	6-Heptenyl acetate(乙酸(6-庚烯-1-基)酯)	—	—	0.48	—
28	6.230	C ₆ H ₁₂ O ₂	Acetic acid, butyl ester(醋酸正丁酯)	0.33	—	—	—
29	10.739	C ₁₂ H ₁₆ O ₂	Hexanoic acid, phenyl ester(己酸苯酯)	—	0.20	—	—
30	14.079	C ₉ H ₁₆ O ₂	Allyl 2-ethyl butyrate(2-乙基丁酸烯丙酯)	—	0.16	—	—
31	16.227	C ₉ H ₁₆ O ₂	Acetic acid, phenylmethyl ester(乙酸苄酯)	—	—	1.16	—
32	18.874	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	Hexanoic acid, 2-phenylethyl ester(2-苯乙醇己酸酯)	—	—	1.52	—
33	19.968	C ₂₆ H ₅₀ O ₂	2-Octyl-cyclopropanetetradecanoic acid, methyl ester(2-辛基-环己烷十四烷酸甲酯)	—	0.14	—	—
34	21.764	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	α-Dodecalactone(α-十二内酯)	—	—	0.16	—
35	25.867	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	Cyclohexanecarboxylic acid, 4-tridecyl ester(环己基甲酸-4-十三烷酯)	—	0.18	—	—
36	25.992	C ₁₃ H ₁₅ FO ₂	Cyclohexanecarboxylic acid, 3-fluorophenyl ester(环己烷甲酸 3-氟苯酯)	0.44	—	—	—
37	27.064	C ₁₆ H ₂₆ O ₂	Formic acid, 3, 7, 11-trimethyl-1, 6, 10-dodecatrien-3-yl ester(3, 7, 11-三甲基-1, 6, 10-十二烷-3-基甲酸酯)	—	—	—	0.40
38	28.963	C ₁₇ H ₃₀ O ₄	Acetic acid, 10, 11-dihydroxy-3, 7, 11-trimethyl-dodeca-2, 6-dienyl ester(10, 11-二羟基-3, 7, 11-三甲基-2, 6-二乙氧基乙酸酯)	—	—	—	0.18
39	30.809	C ₁₄ H ₁₂ O ₂	Benzyl Benzoate(苯甲酸苄酯)	0.30	0.11	—	—
40	31.843	C ₂₆ H ₄₂ O ₄	Phthalic acid, butyl tetradecyl ester(丁基邻苯二甲酸十四酯)	—	0.34	—	—
41	31.935	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	1, 2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl)ester(邻苯二甲酸二异丁酯)	0.64	—	1.06	0.69
42	31.529	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	7-Methyl-Z-tetradecen-1-ol acetate(7-甲基-Z-十四烯-1-醇乙酯)	—	—	—	0.12
43	31.870	C ₃₀ H ₅₀ O ₄	Phthalic acid, isobutyl octadecyl ester(邻苯二甲酸异丁基十八醇酯)	—	—	—	0.12
44	32.276	C ₂₁ H ₃₆ O ₄	(Z, Z, Z)-9, 12, 15-Octadecatrienoic acid, 2, 3-dihydroxypropyl ester(亚麻酸甘油酯)	—	0.11	—	—
45	32.671	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	Hexadecanoic acid, methyl ester(十六酸甲酯)	0.10	—	0.40	—
46	32.974	C ₂₀ H ₃₀ O ₄	1, 2-Benzenedicarboxylic acid, butyl octyl ester(邻苯二甲酸正丁异辛酯)	—	0.40	—	—
47	33.039	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Dibutyl phthalate(邻苯二甲酸二丁酯)	0.84	—	2.56	1.38

(接上表)

编号	保留时间 /min	分子式	化合物	相对含量 /%			
				叶(环己烷)	叶(乙醚)	茎(环己烷)	茎(乙醚)
48	34.376	C ₂₁ H ₃₈ O ₂	Methyl 11, 14-eicosadienoate(11, 14-二十碳二烯酸甲酯)	-	-	-	0.24
49	34.457	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	7, 10-Octadecadienoic acid, methyl ester(7, 10-十八碳二烯酸甲酯)	-	-	0.38	-
50	34.511	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	7-Methyl-Z-tetradecen-1-ol acetate(7-甲基-Z-十四烯-1-醇乙酯)	-	-	0.38	-
51	34.766	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	16-Methyl-heptadecanoic acid, methyl ester(16-甲基十七烷酸甲酯)	-	-	0.46	-
52	36.817	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	4, 8, 12, 16-Tetramethylheptadecan-4-olide(4, 8, 12, 16-四甲基十七烷-4-内酯)	-	-	0.46	-
53	38.268	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	1, 2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester (邻苯二甲酸二异辛酯)	0.39	-	1.26	-
苯类							
54	5.575	C ₇ H ₈	Toluene(甲苯)	0.06	-	-	1.11
55	7.410	C ₈ H ₁₀	Ethylbenzene(乙苯)	0.45	0.67	1.20	1.54
56	7.638	C ₈ H ₁₀	1, 3-Dimethyl-benzene(间二甲苯)	0.90	-	2.40	1.02
57	8.006	C ₈ H ₁₀	o-Xylene(邻二甲苯)	-	-	-	0.16
58	8.2497.33 58.325	C ₈ H ₁₀	p-Xylene(对二甲苯)	0.28	0.27	0.72	-
59	8.536	C ₈ H ₉ NO ₂	Methoxy phenyl oxime(甲氧基苯基肟)	-	-	-	0.69
60	10.815	C ₆ H ₆ O	Phenol(苯酚)	-	-	0.18	14.84
61	12.872	C ₇ H ₈ O	2-Methyl-phenol(2-甲基苯酚)	-	-	-	1.40
62	15.556	C ₈ H ₇ N	Benzyl nitrile(苯甲腈)	0.16	0.26	-	-
63	18.723	C ₉ H ₁₀ O	4-(2-Propenyl)-phenol(4-(2-丙烯基)-苯酚)	-	-	-	2.08
64	20.422	C ₉ H ₁₀ O ₂	2-Methoxy-4-vinylphenol(4-乙烯基-2-甲氧基苯酚)	-	-	0.66	0.69
65	21.537	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	3-Allyl-6-methoxyphenol(3-烯丙基-6-甲氧基-苯酚)	-	-	2.66	-
66	21.543	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Eugenol(丁香酚)	1.03	0.37	-	1.72
67	25.689	C ₁₄ H ₂₂ O	2, 4-bis(1, 1-Dimethylethyl)-phenol(2, 4-二叔丁基苯酚)	-	0.06	0.54	1.16
68	26.143	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	5-Pentyl-1, 3-benzenediol(1, 3-二羟基-5-戊基苯)	1.20	-	0.74	-
醇类							
69	5.678	C ₄ H ₁₀ O ₂	2, 3-Butanediol(2, 3-丁二醇)	-	2.65	-	-
70	5.716	C ₉ H ₂₀ O ₄	3-(1-Ethoxyethoxy)-2-methylbutane-1, 4-diol(3-(1-乙氧乙氧基)-2-甲基丁烷-1, 4-二醇)	-	-	-	2.78
71	7.237	C ₆ H ₁₂ O	3-Hexen-1-ol(3-己烯-1-醇)	0.15	-	0.72	2.04
72	8.114	C ₆ H ₁₂ O	Cyclohexanol(环己醇)	0.10	-	-	-
73	11.161	C ₈ H ₁₈ O	3-Methyl-3-heptanol(3-甲基-3-庚醇)	-	0.10	-	-
74	11.860	C ₈ H ₁₈ O	Isooctanol(异辛醇)	-	0.56	-	-
75	11.968	C ₈ H ₁₈ O	(S)-3-Ethyl-4-methylpentanol((S)-3-乙基-4-甲基戊醇)	0.50	-	0.40	0.54
76	12.422	C ₇ H ₈ O	Benzyl alcohol(苯甲醇)	0.96	9.15	-	1.90
77	12.433	C ₁₆ H ₁₆ O	α -Ethenyl- α -phenyl-benzeneethanol(α -乙基- α -苯基-苯乙醇)	-	-	0.34	-
78	13.012	C ₁₀ H ₂₂ O	4, 7-Dimethyl-4-octanol(4, 7-二甲基辛醇)	-	-	0.48	-
79	13.505	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	α -Methyl- α -[4-methyl-3-pentenyl]oxiranemethanol(α -甲基- α -[4-甲基-3-戊烯基]环氧乙烷甲醇)	0.22	-	2.12	1.92
80	13.976	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	cis-5-Ethenyltetrahydro- α , α , 5-trimethyl-2-furanmethanol(cis- α , α -5-三甲基-5-乙烯基四氢呋喃-2-甲醇)	0.09	0.16	-	1.38
81	14.344	C ₁₀ H ₁₈ O	3, 7-Dimethyl-1, 6-octadien-3-ol(3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯-3-醇)	0.40	0.16	3.92	1.38
82	14.777	C ₈ H ₁₀ O	Phenylethyl alcohol(苯乙醇)	0.25	2.50	0.26	2.86
83	15.940	C ₉ H ₁₈ O	(E)-3-Nonen-1-ol((E)-3-壬烯-1-醇)	-	-	0.70	-
84	16.011	C ₉ H ₁₆ O	(E, Z)-3, 6-Nonadien-1-ol((E, Z)-3, 6-壬二烯醇)	0.10	-	1.46	1.71
85	16.807	C ₁₀ H ₁₈ O	4-Methyl-1-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol(4-萘基醇)	-	-	0.26	-

(接上表)

编号	保留时间 /min	分子式	化合物	相对含量 /%			
				叶(环己烷)	叶(乙醚)	茎(环己烷)	茎(乙醚)
86	17.218	C ₁₀ H ₁₈ O	(S)- α , α , 4-Trimethyl-3-cyclohexene-1-methanol((S)- 松油醇)	0.40	0.24	7.36	1.71
87	18.041	C ₁₀ H ₂₀ O	3, 7-Dimethyl-2-octen-1-ol(3, 7- 二甲基 -2- 辛烯 -1- 醇)	0.39	0.29	-	-
88	18.430	C ₁₀ H ₁₈ O	(Z)-3, 7-Dimethyl-3, 6-octadien-1-ol ((Z)-3, 7- 二甲基 -3, 6- 辛二烯 -1- 醇)	0.16	-	-	-
89	18.733	C ₁₀ H ₁₈ O	(E)-3, 7-Dimethyl-2, 6-octadien-1-ol(香叶醇)	2.67	1.20	3.18	2.07
90	25.976	C ₁₅ H ₃₂ O	3, 7, 11-Trimethyl-1-dodecanol(3, 7, 11- 三甲基十二醇)	-	-	0.22	0.12
91	27.145	C ₁₅ H ₂₆ O	(E)-3, 7, 11-Trimethyl-1, 6, 10-dodecatrien-3-ol (橙花叔醇)	-	-	0.92	-
92	28.281	C ₁₅ H ₂₆ O	Cedrol(柏木脑)	0.22	-	-	-
93	29.072	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	Tetrahydro- α , α 5-trimethyl-5- (4-methyl-3-cyclohexen-1-yl) -2-furanmethanol(α , α -5- 三甲基 -5-(4- 甲基 -3- 环己烯 -1- 基)- 四氢呋喃 -2- 甲醇)	-	-	0.68	-
94	30.571	C ₁₅ H ₂₆ O ₃	1, 1, 4, 6-Tetramethyl-perhydrocyclopropa [e]azulene-4, 5, 6-triol(1, 1, 4, 6- 四甲基 - 氢化环丙基[e] 4, 5, 6- 三醇)	-	-	-	0.21
95	34.614	C ₂₀ H ₄₀ O	Phytol(叶绿醇)	1.02	1.06	-	-
96	37.153	C ₂₄ H ₅₀ O	n-Tetracosanol-1(二十四烷醇)	0.32	-	-	-
97	37.450	C ₂₂ H ₄₆ O	Behenic alcohol(二十二醇)	-	-	0.16	-
98	37.456	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	(Z)- 2-(9-Octadecenyloxy)-ethanol((Z)-2-(9- 十八碳烯基氧基)- 乙醇)	0.12	0.12	-	-
99	41.402	C ₃₅ H ₇₂ O	1-Pentatriacontanol(三十五醇)	0.21	-	0.16	-
100	7.205	C ₆ H ₁₀ O	(E)-2-Hexenal((E)- 2- 己烯醛)	0.12	-	-	-
101	10.371	C ₇ H ₆ O	Benzaldehyde(苯甲醛)	38.62	19.53	14.26	12.48
102	12.623	C ₈ H ₈ O	Benzeneacetaldehyde(苯乙醛)	-	1.10	-	-
103	12.769	C ₇ H ₆ O ₂	2-Hydroxy-benzaldehyde(2- 羟基苯甲醛)	-	-	9.00	8.58
104	14.495	C ₉ H ₁₈ O	Nonanal(壬醛)	0.10	1.10	-	-
105	19.226	C ₁₀ H ₁₆ O	3, 7-Dimethyl-2, 6-octadienal (3, 7- 二甲基 -2, 6- 辛二烯醛)	0.09	-	4.62	-
106	28.135	C ₁₈ H ₃₄ O	14-Octadecenal(14- 十八烯醛)	-	0.13	-	-
107	29.970	C ₁₄ H ₂₈ O	Tetradecanal(十四醛)	1.26	0.86	-	-
108	31.340	C ₁₄ H ₁₀ O ₂	Diphenyl ethanedione(联苯乙二醛)	-	0.13	-	-
109	39.161	C ₁₈ H ₃₆ O	Octadecanal(十八醛)	0.22	-	-	-
110	8.319	C ₆ H ₁₀ O	2-Methyl-cyclopentanone(2- 甲基环戊酮)	0.10	-	-	-
111	11.340	C ₆ H ₈ O ₂	1, 2-Cyclohexanedione(1, 2- 环己二酮)	-	-	8.62	3.87
112	11.773	C ₁₀ H ₁₆ O	1 α , 2 α , 5 α -2, 6, 6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]heptan-3-one (1 α , 2 α , 5 α -2, 6, 6- 三甲基二环[3.1.1]庚烷 -3- 酮)	0.10	-	-	-
113	16.471	C ₁₀ H ₁₄ O	4-Methyl-1-(1-methylethyl)-bicyclo[3.1.0]hex-3-en-2-one (柳酮)	-	-	1.36	0.72
114	22.620	C ₁₁ H ₁₆ O	3-Methyl-2-pent-2-enyl-cyclopent-2-enone(茉莉酮)	0.10	-	1.30	-
115	23.832	C ₁₃ H ₁₆ O ₄	1, 6, 6-Trimethyl-7- (3-oxobut-1-enyl)-3, 8-dioxatricyclo [5.1.0.0(2, 4)]octan-5-one(1, 6, 6- 三甲基 -7-(3- 氧代丁基 -1- 基)-3, 8- 二氧杂三环[5.1.0.0(2, 4)]辛 -5- 酮)	0.14	-	-	-
116	25.039	C ₁₃ H ₂₀ O	4- (2, 6, 6-Trimethyl-1-cyclohexen-1-yl) -3-buten-2-one (β - 紫罗兰酮)	0.60	0.17	0.28	-
117	25.082	C ₁₄ H ₂₀ O ₃	1-{2-[3-(2-Acetyloxiran-2-yl)-1, 1-dimethylpropyl]cycloprop-2-enyl}ethanone(1-{2-[3-(2- 乙酰环氧乙基)-1, 1- 二甲基丙基]环丙烷 -2- 醇基}乙酮)	0.44	-	-	-
118	25.147	C ₁₃ H ₂₀ O ₂	4-(2, 2, 6-Trimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-1-yl) - 3-buten-2-one(4-[2, 2, 6- 三甲基 -7- 氧杂二环[4.1.0]庚 -1- 基]-3- 丁烯 -2- 酮)	0.44	0.17	-	-

(接上表)

编号	保留时间 /min	分子式	化合物	相对含量 /%			
				叶(环己烷)	叶(乙醚)	茎(环己烷)	茎(乙醚)
119	26.014	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	cis-Hexahydro-8 α -methyl-1, 8 (2H, 5H)-naphthalenedione (cis- 六氢化 -8 α - 甲基 -1, 8(2H, 5H)- 萘二酮)	-	0.34	0.48	0.18
120	31.437	C ₉ H ₈ O ₃	2-(Formyloxy)-1-phenyl-ethanone(2-(甲酰氧基)-1- 苯乙酮)	0.14	-	-	-
121	31.675	C ₁₈ H ₃₆ O	6, 10, 14-Trimethyl-2-pentadecanone (6, 10, 14- 三甲基 -2- 十五烷酮)	0.22	0.11	-	-
122	36.731	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	Cyclic 1, 2-ethanediyl aetal cholestan-3-one (胆甾烷 -3- 环 1, 2- 乙二氧基缩酮) 杂环	-	-	0.30	0.22
123	11.026	C ₁₃ H ₂₂ O ₂	2-(2, 3-Dimethyl-1-cyclopenten-3-yl)-2, 4, 5-trimethyl-1, 3-dioxolane(2-(2, 3- 二甲基 -1- 环戊烯 -3- 基)-2, 4, 5- 三甲基 -1, 3- 二氧戊环)	-	0.13	-	-
124	17.808	C ₈ H ₈ O	2, 3-Dihydro-benzofuran(2, 3- 二氢 - 苯并呋喃) 醚类	-	-	-	0.52
125	9.911	C ₈ H ₁₈ O	Di-sec-butyl ether(仲丁基醚)	-	-	-	0.57
126	14.458	C ₉ H ₂₀ O	Hexyl isopropyl ether(己基异丙醚)	-	0.09	-	-
127	15.643	C ₈ H ₁₀ O ₂	1, 2-Dimethoxy-benzene(邻苯二甲醚)	-	-	0.88	0.54

2.3 解热实验 选取基础肛温在 36.5 ~ 38.5 ℃ 的大鼠，皮下注射内毒素 150 μg·kg⁻¹，注射后每 30 min 测定一次肛温，选取 1.5 h 后体温上升 >1 ℃ 的大鼠 70 只，于致热 3 h 后根据体温分层随机分为 5 组：分别为空白对照组、模型组、阿司匹林 1.0 g·kg⁻¹ 组、柳树叶、茎挥发油高(1.0 g·kg⁻¹)、低剂量组(0.5 g·kg⁻¹)。柳树叶、茎挥发油剂量为生药量，模型组给予等容积的生理盐水，腹腔注射，给药容积为 1.0 mL·kg⁻¹。给药后每小时测定肛温 1 次，共 2 次。第 2 次测定肛温后，将动物快速断头取脑，以灰结节及视交叉之间的中心点为中心确定下丘脑的位置，切取大鼠下丘脑组织即刻置于液氮冷冻供，参照文献^[9]，以荧光分光

光度法测定下丘脑 5-HT、NE、DA 的含量，以 ng·mg⁻¹ 湿重组织表示。

柳树叶、茎挥发油解热及大鼠下丘脑组织 5-HT、NE、DA 含量的影响见表 2、表 3。与空白对照组比较，模型组致热 5 h 及给药 1, 2, 3 h 体温明显升高($P < 0.01$)。与模型对照比较，给药 1, 2, 3 h 后，柳树叶、茎环己烷和乙醚挥发油各高、低剂量组均显示明显的降温作用($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)；乙醚挥发油高、低剂量组降温作用优于同剂量环己烷挥发油组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)，说明其降温的主要有效部位为乙醚萃取部位；从整体的降温幅度来看，柳树茎有优于柳树叶的趋势。

表 2 柳树叶、茎挥发油对内毒素致大鼠发热的影响($\bar{x} \pm s$, $n=10$)
Table 2 Antipyretic Effect of the volatile oils of the leaf and stem from Salix babylonica L. on fever rats induced by endotoxin

组别	剂量 /g·kg ⁻¹	基础体温	肛温 /℃			
			致热 5 h	给药后 1 h	给药后 2 h	给药后 3h
空白对照组	-	36.81 ± 0.22	36.92 ± 0.32	37.01 ± 0.42	37.12 ± 0.32	37.13 ± 0.36
模型对照组	-	37.03 ± 0.32	39.21 ± 0.43 [#]	39.13 ± 0.20 [#]	39.22 ± 0.34 [#]	39.00 ± 0.34 [#]
柳树叶环己烷挥发油组	0.5	36.90 ± 0.21	39.33 ± 0.25	38.65 ± 0.47 [*]	38.84 ± 0.32 [*]	38.53 ± 0.23 ^{**}
	1.0	37.16 ± 0.43	39.25 ± 0.52	38.46 ± 0.23 ^{**}	38.65 ± 0.35 ^{**}	38.45 ± 0.45 [*]
柳树叶乙醚挥发油组	0.5	36.91 ± 0.35	39.16 ± 0.32	38.07 ± 0.45 ^{**△}	37.86 ± 0.33 ^{**△△}	37.77 ± 0.26 ^{**△△}
	1.0	37.05 ± 0.42	39.37 ± 0.26	37.55 ± 0.33 ^{**△△}	37.34 ± 0.27 ^{**△△}	37.23 ± 0.37 ^{**△△}
柳树茎环己烷挥发油组	0.5	37.22 ± 0.26	38.98 ± 0.28	38.34 ± 0.37 ^{**}	38.43 ± 0.33 ^{**}	38.25 ± 0.27 ^{**}
	1.0	37.80 ± 0.50	39.35 ± 0.33	38.23 ± 0.53 ^{**}	38.36 ± 0.23 ^{**}	38.42 ± 0.46 [*]
柳树茎乙醚挥发油组	0.5	37.06 ± 0.42	39.14 ± 0.45	37.60 ± 0.25 ^{**△△}	37.80 ± 0.32 ^{**△△}	37.53 ± 0.24 ^{**△△}
	1.0	37.10 ± 0.33	39.24 ± 0.32	37.22 ± 0.25 ^{**△△}	37.23 ± 0.37 ^{**△△}	37.18 ± 0.45 ^{**△△}
阿司匹林组	1.0	37.43 ± 0.25	38.93 ± 0.45	36.76 ± 0.40 ^{**}	37.03 ± 0.40 ^{**}	37.24 ± 0.24 ^{**}

注：与空白对照组比较，[#] $P < 0.01$ ；与模型对照比较，^{*} $P < 0.05$ ，^{**} $P < 0.01$ ；与叶、茎环己烷同剂量组比较，[△] $P < 0.01$ 。

与空白对照组比较,模型组大鼠脑内 NE 含量升高不明显,但 5-HT 和 DA 含量明显升高($P < 0.01$)。与模型对照比较,柳树叶乙醚挥发油、柳树茎乙醚和环己烷挥发油高、低剂量组可显著降低大鼠下丘脑组织 5-HT、NE、DA 的含量($P < 0.01$),柳树叶环己烷挥发油组可显著降低 5-HT 的含量($P < 0.01$);柳树叶乙醚挥发油组降低 5-HT、NE、DA 含量优于同剂量环己烷组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),茎乙醚挥发油高、低剂量组降低 5-HT 和茎乙醚高剂量组降低 DA 含量也优于同剂量环己烷组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。

表 3 柳树叶、茎挥发油对大鼠下丘脑组织 5-HT、NE、DA 含量的影响($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

Table 3 Effect of the volatile oils of the leaf and stem from *Salix babylonica* L.on 5-HT, NE and DA in hypothalamus of rats

组别	剂量 /g·kg ⁻¹	5-HT/ng·mg ⁻¹	NE/ng·mg ⁻¹	DA/ng·mg ⁻¹
空白对照组	-	3.50 ± 0.16	1.62 ± 0.17	1.51 ± 0.23
模型对照组	-	4.12 ± 0.33 [#]	1.83 ± 0.42	2.20 ± 0.28 [#]
柳树叶环己烷挥发油组	0.5	3.66 ± 0.29 ^{**}	1.60 ± 0.30	2.02 ± 0.26
	1.0	3.60 ± 0.23 ^{**}	1.62 ± 0.19	1.98 ± 0.17
柳树叶乙醚挥发油组	0.5	2.89 ± 0.50 ^{**△△}	1.27 ± 0.22 ^{**△}	1.69 ± 0.25 ^{**△}
	1.0	2.70 ± 0.28 ^{**△△}	1.26 ± 0.16 ^{**△△}	1.53 ± 0.19 ^{**△△}
柳树茎环己烷挥发油组	0.5	2.99 ± 0.28 ^{**}	1.25 ± 0.22 ^{**}	1.38 ± 0.28 ^{**}
	1.0	2.60 ± 0.18 ^{**}	1.22 ± 0.26 ^{**}	1.18 ± 0.11 ^{**}
柳树茎乙醚挥发油组	0.5	2.65 ± 0.21 ^{**△}	1.14 ± 0.34 ^{**}	1.19 ± 0.29 ^{**}
	1.0	2.21 ± 0.32 ^{**△△}	1.02 ± 0.24 ^{**}	1.00 ± 0.15 ^{**△}

注:与空白对照组比较, [#] $P < 0.01$;与模型对照比较, ^{**} $P < 0.01$;与叶、茎环己烷同剂量组比较, [△] $P < 0.05$, ^{△△} $P < 0.01$ 。

2.4 抗菌实验 以环丙沙星为对照,制备环丙沙星、柳树叶、茎挥发油肉膏平板培养基,浓度依次为 2.000, 1.000, 0.500, 0.250, 0.125, 0.062, 0.031, 0.016 mg·mL⁻¹。在以上培养基上分别接种伤寒沙门氏菌、大肠杆菌、变形杆菌、假丝酵母、枯草杆菌、白色念珠菌、绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌,移入培养箱中 37℃培养 48 h,计算环丙沙星、柳树叶、茎挥发油的最小抑菌浓度(minimum inhibitory concentration, MIC)。

在天然产物抗菌效果中,一般 MIC 值 <7.81 mg·mL⁻¹ 为高度敏感药物^[10]。由表 4 可知,柳树叶、茎挥发油对伤寒沙门氏菌等的 MIC 值均小于 7.81 mg·mL⁻¹,显示较强的抗菌作用。柳树叶环己烷萃取挥发油对绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌,柳树叶乙醚萃取挥发油对大肠杆菌、绿脓杆菌抑制作用明显。柳树茎环己烷萃取挥发油对伤寒沙门氏菌、白色念珠菌、枯草杆菌,乙醚萃取挥发油对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌

有较强抑制力,其 MIC 值均为 0.031 mg·mL⁻¹。

表 4 柳树叶、茎挥发油不同部位抗菌实验 MIC 值(mg·mL⁻¹, $n=3$)

Table 4 Antimicrobial MIC of the essential oils of leaf and stem from *Salix babylonica* L..

菌种	叶(环己烷)	叶(乙醚)	茎(环己烷)	茎(乙醚)	环丙沙星
microbial strains	leaf(cyclonexane)	leaf(aether)	stem(cyclonexane)	stem(aether)	ciprofloxacin
伤寒沙门氏菌	0.500	0.125	0.031	0.062	0.500
大肠杆菌	0.125	0.031	1.000	0.031	0.062
变形杆菌	1.000	0.125	0.125	0.062	0.031
假丝酵母	0.062	0.062	0.062	0.125	0.250
枯草杆菌	0.125	0.062	0.031	0.125	0.062
白色念珠菌	0.062	0.125	0.031	0.125	0.500
绿脓杆菌	0.031	0.031	0.500	0.062	0.125
金黄色葡萄球菌	0.031	0.500	0.125	0.031	0.031

3 讨论

3.1 挥发油成分鉴定 从柳树叶、茎挥发油中共鉴定出 127 种化学成分,其中柳树叶环己烷、乙醚萃取挥发油主要是醇类、烃类、醛类成分,包括苯甲醛(38.62%)、二十八烷(4.06%)、苯甲醇(9.15%)等。柳树茎环己烷、乙醚萃取挥发油主要是醛类、醇类、烃类、苯类成分,包括苯甲醛(14.26%)、2-羟基苯甲醛(9.00%)、二十八烷(8.86%)、(S)-松油醇(7.36%)等。叶、茎挥发油中有烃类、酯类、苯类、醇类、醛类、酮类相同成分 33 种(占 25.98%),说明成分类型有一定相似性。但不同部位含量差异较大,如叶中甲基环己烷、二十五烷、二十一烷、苯甲醇含量远高于茎,最高分别达到 3.21%、3.90%、2.73%、9.15%。而茎中苯酚、2-羟基苯甲醛含量较高,达到 14.84%、9.00%。

国内通过动态顶空吸附装置收集柳树植株挥发物^[11],以 GC-MS 鉴定出 33 种挥发性化合物,包括烯类(18.20%)、酯类(24.35%)、烷烃(29.41%)、醇类(18.89%)、醛类(5.02%)和杂环化合物(4.13%),其种类与本文报道相似,但含量差异较大。其中与本文报道相同化合物仅有 6 种:十四烷(0.40%)、十五烷(0.56%)、十六烷(0.47%)、丁香酚(0.07%)、3-己烯-1-醇(0.87%)、(E)-2-己烯醛(0.29%)^[14],且含量极低。说明自然挥发油物与提取挥发油有区别较大。

3.2 挥发油解热作用 20 世纪 60 年代, Euler^[12]提出下丘脑 5-羟色胺(5-HT)可调节体温中起作用。在狗、猫、猴等动物实验表明,5-HT 微量注入于下丘

脑可引起体温上升, 血管收缩。Cox^[13]提出体温调节通路有一条 DA-5-HT 链环, 其作用部位在下丘脑前区和视前区。实验证明, 静脉注射或直接注入 DA 或 5-HT 通过大鼠的下丘脑前区可降低体温, 但是 DA 的降温效应必须有 5-HT 的参与^[14]。本实验表明, 柳树叶、茎挥发油解热实验表明, 柳树叶、茎环己烷和乙醚挥发油对大鼠有具有解热作用, 乙醚挥发油高、低剂量组解热作用优于同剂量的环己烷挥发油组, 说明其解热的有效部位为乙醚萃取部位; 解热效果上柳树茎有优于柳树叶的趋势。柳树叶乙醚挥发油、柳树茎乙醚和环己烷挥发油高、低剂量组可显著降低大鼠下丘脑组织 5-HT、NE、DA 的含量; 柳树叶乙醚挥发油组降低 5-HT、NE、DAD 含量优于环己烷组。提示柳树叶、茎挥发油对大鼠解热作用可能与降低其脑内 5-HT、NE、DAD 含量有关, 其作用与直接将有关递质注入下丘脑不同, 有待进一步研究。

3.3 挥发油抑菌作用 柳树叶、茎不同萃取挥发油对特定病原菌有特殊抑菌效果, 如柳树叶环己烷萃取挥发油对绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌, 乙醚萃取挥发油对大肠杆菌、绿脓杆菌可明显抑制。柳树茎环己烷萃取挥发油对伤寒沙门氏菌、白色念珠菌, 乙醚萃取挥发油对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌有较强抑制能力。研究表明, 多种酚类成分是抗菌的有效成分^[15-16]。酚羟基是起抗菌作用的主要官能团, 邻位甲氧基能提高抗菌活性, 抗菌活性可能还与电性、疏水性和空间结构有关。柳树茎乙醚萃取挥发油显示较强的抗菌活性, 可能与其含有较高的苯类成分有关。

参考文献:

- [1] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 1522.
- [2] Thapliyal RP, Ismaili H. Fatty acids and flavonoids of salixlinleyana[J]. Pharmaceutical Biology, 1993, 31(2): 165-166.
- [3] Lu YR, Wang QL, Liu XY, et al. Antioxidant activities of polyphenols from sage[J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 197-202.
- [4] Richard F, Collins FW, Nagase M. Studies on pharmacological activities of luteolin glucoside[J]. Journal of Natural Products, 1992, 55(7): 970-973.
- [5] Khatoon F, Choppin J. Phenolic glycosides from Salix babylonicaL.[J]. Phytochemistry, 1988, 27(9): 3010-3011.
- [6] Toman R, Karácsonyi Š, Kováčik V. Polysaccharides from the bark of the white willow(salix alba L.): structure of a galactan[J]. Carbohydrate Research, 1972, 25(2): 371-378.
- [7] Karácsonyi Š, Toman R, Janecěk F, et al. Polysaccharides from the bark of the white willow (Salix alba L.): Structure of an arabian[J]. Carbohydrate Research, 1975, 44(2): 285-290.
- [8] Becker H, Choppin J, Bouillant M, et al. Comparative studies of flavonoids and phenylcarboxylic acid of mistletoes from different host trees[J]. Phytochemistry, 1980, 97(5): 417-428.
- [9] 杨雄志, 王翰华. 三叶青提取物解热作用及对大白鼠下丘脑 5-羟色胺、多巴胺含量的影响[J]. 长春中医药大学学报, 2013, 29(5): 774-775.
- [10] 刘洋, 崔琳, 赵志慧, 等. 50 种中草药提取物对猪链球菌的体外抑菌试验[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(7): 90-93.
- [11] 穆丹, 刘正奎, 陶袁, 等. 垂柳挥发物的 GC-MS 成分分析[J]. 中草药, 2014, 37(6): 1001-1005.
- [12] 周舒, 姜艾琳. 5-羟色胺的生理和病理[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1988: 94.
- [13] Cox B. Possible involvement of 5-HT in dopamine receptor mediated hypothermia in the rat [J]. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 1979, 31: 352-354.
- [14] Cox B, Kerwin RW, Lee TF, et al. A dopamine-5-hydroxytryptamine link in the hypothalamic pathways which mediate heat loss in the rat[J]. The Journal of Physiology, 1980, 303: 9-21.
- [15] 吕世明, 陈杖榴, 陈建新, 等. 丁香酚体外抑菌作用研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 122-124.
- [16] 唐小辉. 肉桂醛、丁香酚及其结构类似物的抑菌活性与化学结构的关系[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2013: 35-53.

(编辑: 梁进权)