

# 广西小叶红叶藤挥发油化学成分及抗氧化性研究

霍丽妮<sup>1\*</sup>, 李培源<sup>1</sup>, 陈睿<sup>2</sup>, 邓超澄<sup>1</sup>, 卢汝梅<sup>1</sup>, 滕明敏<sup>1</sup>

(1. 广西中医学院, 南宁 530001; 2. 广西粮油研究所, 南宁 530001)

**摘要:** 采用气相色谱-质谱联用技术对小叶红叶藤挥发油的化学成分进行分析,并用 DPPH·法、ABTS·<sup>+</sup>法和铁氰化钾还原法对其抗氧化能力进行研究。结果表明:从小叶红叶藤挥发油分离出 221 个色谱峰,共鉴定 64 个化合物,占挥发油总量的 95.72%,主要成分为 *dl*-薄荷酮(53.43%)、(E)-薄荷酮(14.20%)、5-甲基-2-异丙基-3-环己烯-1-酮(9.87%)、 $\beta$ -蒎品烯(8.16%)、 $\beta$ -蒎烯(1.54%)、 $\alpha$ -蒎烯(1.18%)等。抗氧化实验中,不同浓度的挥发油对 DPPH 和 ABTS<sup>+</sup> 自由基有较好的清除能力,最高清除率分别达到 62.25% 和 68.11%,但其还原能力较弱,抗氧化能力均具有明显的量-效关系。

**关键词:** 小叶红叶藤; 挥发油; 抗氧化性; 气相色谱-质谱联用

**中图分类号:** R285.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)05-0706-05

## Chemical constituents and antioxidant activity of essential oils from *Rourea microphylla* in Guangxi

HUO Li-Ni<sup>1\*</sup>, LI Pei-Yuan<sup>1</sup>, CHEN Rui<sup>2</sup>, DENG Chao-Cheng<sup>1</sup>,  
LU Ru-Mei<sup>1</sup>, TENG Ming-Min<sup>1</sup>

(1. *Guangxi Traditional Chinese Medical University*, Nanning 530001, China;

2. *Guangxi Grain and Oil Scientific Institute*, Nanning 530001, China)

**Abstract:** The constituents of the essential oils of *Rourea microphylla* from Guangxi were separated and identified by GC-MS. The scavenging activities on DPPH· radical, ABTS·<sup>+</sup> radical and reducing power were detected by UV-Vis spectrophotometry. 221 compounds were isolated and 64 compounds were identified that composed about 95.72% of the total essential oils. The principal chemical constituents of the essential oils were *dl*-Menthone (53.43%), (E)-Menthone (14.20%), 2-isopropyl-5-methyl-3-Cyclohexen-1-one (9.87%),  $\beta$ -Terpinene (8.16%),  $\beta$ -Pinene (1.54%),  $\alpha$ -Pinene (1.18%), *et al.* These oils possessed good scavenging activities on both DPPH· and ABTS·<sup>+</sup> radical, the scavenging rate reaching to 62.25% and 68.11%, respectively, but showed low activities on reducing power. All antioxidant activity showed a concentration-effect relationship.

**Key words:** *Rourea microphylla*; essential oils; antioxidant activity; GC-MS.

小叶红叶藤 (*Rourea microphylla*), 又名红叶秋树, 为牛栓藤科红叶藤属植物, 产于我国南部的台湾、福建、广东、广西等省份, 其茎叶可用于清热解毒、消肿解痛、止血, 主治跌打肿痛, 外伤出血等(国家中医药管理局《中华本草》编委会, 1999)。另外, 该植物具有特殊的芳香气味, 在广西壮族地区常用作清热解毒, 美容养颜, 延年益寿的天然保健茶饮

品。中国药科大学孔磊等(2009)从该植物氯仿部位分离出 5 个化合物, 分别为怪柳素-3-O- $\alpha$ -L-鼠李糖苷、1-O-[2'-甲氧基-4'-羟基基]-6-O-[3', 5'-二甲氧基-4'-羟基苯甲酰]- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖、东莨菪素和伞形花内酯。目前, 研究者对该植物的研究较少, 尚无挥发油化学成分及药理活性的文献报道。

抗氧化剂是一种重要的食品添加剂, 不仅可用

于阻止或延缓油脂的自动氧化,同时还可作为一类重要的生物活性物质,用以清除人体代谢过程中产生的自由基,具有延缓机体衰老的功效(杨洋等,2002)。近年来,植物挥发油的抗氧化活性成为研究热点,如迷迭香(éva等,2003)、肉桂(Erich等,2006)和积雪草等(Syed等,2009)。本实验以广西小叶红叶藤为研究对象,以传统的水蒸气蒸馏法提取其挥发油,通过气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)分析小叶红叶藤挥发油的化学成分及相对百分含量,并从多方面评其抗氧化能力,寻找一种具有保健功能的新型天然抗氧化剂,为合理开发广西小叶红叶藤资源提供科学依据。

## 1 仪器与材料

美国 Agilent5973N 气相色谱-质谱(GC-MS)联用仪;北京 Tu-1800 SPC 紫外可见分光光度计;小叶红叶藤购于广西德保县,经广西中医学院壮医药学院韦松基教授鉴定为 *Rourea microphylla*;DP-PH·(二苯代苦味酰自由基),ABTS(2,2'-联氨-双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸),BHT(2,6-二叔丁基对甲酚)购于美国 SIGMA 公司;无水乙醚、无水硫酸钠、三氯乙酸(TCA)、铁氰化钾、三氯化铁购于广州西陇化学试剂公司;其他试剂均为分析纯。

## 2 方法与结果

### 2.1 挥发油的提取

取小叶红叶藤茎叶干燥粗粉 148.1 g,按《中华人民共和国药典》2010 版 I 部附录 XD(国家药典委员会,2010)挥发油测定法的甲法操作。提取时间为 5 h,油水先在提取器中粗分,再用乙醚萃取,无水硫酸钠干燥过夜,过滤,得到有芳香气味的淡黄色透明液体,得率为 1.08%。

### 2.2 GS-MS 测定条件

气相色谱条件:色谱柱 HP-5MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm);进样量 1.0 μL,载气为氦气,流速为 1.0 mL/min;柱初温 70 °C,保持 2 min,以 4 °C/min 速率升温至 110 °C,保持 2 min,再以 15 °C/min 速率升温至 220 °C,保持 2 min,最后以 20 °C/min 速率升温至 280 °C,分流比 20:1;倍增器电压 1 294 V;接口温度 280 °C。质谱条件:电离方式 EI,电子能量 70 eV;离子源温度 230 °C;扫描

质量范围:40~550 amu。

### 2.4 抗氧化能力测定

2.4.1 清除 DPPH 自由基的能力测定 DPPH 自由基清除实验参考 Kim 等(2002)方法并稍作修改。用 95%乙醇将红叶藤挥发油配制成 0.5,0.8,1.2,1.6 mg/mL 溶液,将 600 μL 上述药液加入 4 mL 0.001%(w/v)DPPH 溶液中,室温放置 10 min,在最大吸收波长 517 nm 处测其吸光度( $A_1$ ),实验平行测定 3 次。以不加提取液的 DPPH 溶液为空白对照( $A_0$ )。最后根据下列公式计算各种药液对 DPPH 自由基的清除率:

$$\text{清除率(SC\%)} = 1 - A_1/A_0 \times 100\%$$

式中, $A_1$  为加药液后 DPPH 溶液的吸光度; $A_0$  为未加提取液时 DPPH 溶液的吸光度。

2.4.2 清除 ABTS<sup>+</sup> 自由基的能力测定 按 Re 等(1999)的方法,将 500 μL 不同浓度红叶藤挥发油药液,混合 1.9 mL ABTS·<sup>+</sup> 溶液,在室温下放置 1 min 后测其吸光度。实验平行测定 3 次。

$$\text{SC\%} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{test}})/A_{\text{control}}] \times 100\%$$

$A_{\text{control}}$  = 不加药液的 ABTS<sup>+</sup> 溶液的吸光度

2.4.3 还原能力测定 参考 Oyaizu 等(1999)方法并稍作修改。取 1.2 mL 不同浓度的样品液加入到 2.5 mL PBS 缓冲液中(0.2 mol/L,pH6.6),再加入 2.5 mL 1%六氰合铁酸钾[K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>],50 °C 水浴保温 20 min 后,加入 2.5 mL 10%三氯乙酸,混匀后离心 10 min,取上清液 2.5 mL,加 2.5 mL 蒸馏水,0.5 mL 1%三氯化铁混合,10 min 后于 700 nm 处测定吸光度,以样品浓度为横坐标,以吸光度为纵坐标,绘制曲线。吸光度越大,表示还原力越强。实验重复 3 次。

## 3 结果与讨论

### 3.1 化学成分分析

采用气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)对小叶红叶藤挥发油进行分离及含量分析,样品用重蒸乙醚稀释离心后进样,所得色谱和质谱信息经计算机数据处理系统进行自动检索和人工检索、对照和解析,鉴定小叶红叶藤挥发油中的化学成分,用面积归一化法确定了各成分的质量分数。从小叶红叶藤挥发油中共分离出 221 个色谱峰,共鉴定 64 个化合物,占挥发油总量的 95.72%(表 1)

小叶红叶藤茎叶含有丰富的挥发油,出油率达

表1 小叶红叶藤挥发油化学成分分析结果

Table 1 Chemical compositions assessed by GC/MS of essential oils from *Rourea microphylla*

编号 No.	化合物名称 Compound	分子式 Molecular formula	含量 Relative content (%)	保留 时间 t (min)	编号 No.	化合物名称 Compound	分子式 Molecular formula	含量 Relative content (%)	保留 时间 t (min)
1	(E)-2-己烯醛(E)-2-Hexenal	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	0.02	3.23	33	(R)-香茅醇(R)-citronellol	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	0.03	14.87
2	2-冰片烯 2-Bornene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	t*	4.28	34	5-甲基-2-异丙基-3-环己烯-1-酮 3-Cyclohexen-1-one 2-isopropyl- 5-methyl-	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	9.87	15.75
3	侧柏烯 α-Thujene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.01	4.82	35	胡椒酮 Carvomenthenone	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.03	15.93
4	α-蒎烯 α-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.18	5.01	36	乙酸龙脑酯 Bornyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.14	16.64
5	α-葑烯 α-Fenchene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.02	5.34	37	乙酸薄荷酯 Menthyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	0.46	17.00
6	莰烯 Camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.03	5.38	38	香芹酚 Carvacrol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.07	17.21
7	(-)-β-蒎烯(-)-β-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.02	6.17	39	萜烷(Z)-Carane	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	0.06	17.55
8	2,2,7-三甲基二环[2.2.1]庚-2-烯 2, 2,7-trimethyl bicyclo(2.2.1) hept-2-ene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	t	6.33	40	p-乙炔基愈创木酚 p-Vinylguaia- col	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.05	17.87
9	β-蒎烯 β-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.54	6.65	41	α-醋酸萜品酯 α-Terpinyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.09	19.19
10	(+)-4-萜烯(+)-4-carene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.35	6.89	42	(Z)-2,6-二甲基-2,6-辛二烯 (Z)-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	0.08	19.40
11	(+)-α-水芹烯(+)-α-phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.42	7.01	43	乙酸橙花醇酯 Neryl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.19	19.82
12	1,1-二甲基-2-(3-甲基-1,3-丁二烯 基)环丙烷 Cyclopropane, 1,1-dime- thyl-2-(3-methyl-1,3-butadienyl)-	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.39	7.18	44	β-大马酮 β-Damascenone	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	0.02	20.46
13	α-萜品烯 α-Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.03	7.39	45	1-甲基-1-乙基-2,4-二(1-甲基乙 基)-环己烷 Cyclohexane, 1-ethe- nyl-1-methyl-2,4-bis(1-methyle- thenyl)-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.01	20.69
14	β-伞花烃 β-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.08	7.70	46	β-石竹烯 β-caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.26	21.55
15	β-萜品烯 β-Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	8.16	7.89	47	α-香柠檬烯 α-Bergamotene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.09	22.16
16	(R)-α-蒎烯(R)-α-pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.06	8.11	48	(Z,Z,Z)-1,1,4,8-四甲基-4,7, 10-环十一烷烯 4,7,10-Cyclound- decatriene, 1,1,4,8-tetrameth- yl-, cis, cis, cis-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.07	22.76
17	苯乙醛 Benzeneacetaldehyde	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	0.01	8.36	49	B-金合欢烯 β-Farnesene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.08	23.02
18	罗勒烯(Z)-Ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.13	8.45	50	大根香叶烯 D Germacrene D	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.06	23.84
19	γ-萜品烯 γ-terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.09	8.77	51	1,5,5-三甲基-6-亚甲基-环己烯 1,5,5-Trimethyl-6-methylene- cyclohexene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.17	24.33
20	2-叔丁基吡啶 2-tert-Butylpyridine	C <sub>9</sub> H <sub>13</sub> N	t	9.03	52	2,4-二叔丁基苯酚 2,4-tert-bu- tylphenol	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	0.02	24.95
21	异松油烯 α-Terpinolene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.09	9.95	53	(-)-β-萜澄茄烯(-)-β-Cadinene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.05	25.04
22	芳樟醇 p-Linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.90	10.53	54	(Z)-橙花叔醇(Z)-Nerolidol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.09	25.88
23	4-异丙基-1-甲基-2-环己烯-1-醇 4-I- sopropyl-1-methyl-2-cyclohexen-1-ol;	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.03	10.93	55	匙叶桉油烯醇 Spathulenol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.63	26.10
24	dl-薄荷酮 dl-Menthone	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	53.43	12.55	56	(-)-β-丁香烯环氧化物 (-)-β- Caryophyllene epoxide	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.16	26.17
25	(E)-薄荷酮(E)-Menthone	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	14.20	12.80	57	τ-木罗醇 τ-Muurolool	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.04	27.04
26	(1S,2R,5R)-(+)-异薄荷醇(1S,2R, 5R)-(+)-Isomenthol	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	0.17	12.89	58	朱夹倍半萜(+)-Valencene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.02	27.10
27	2-异丙基-5-甲基-2-环己烯-1-醇 2- Isopropyl-5-methyl-2-cyclohexen-1-one	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.10	12.93	59	α-没药醇 α-Bisabolol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.33	27.55
28	松油-4-醇 4-Terpinenol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.28	13.01	60	1-碘代十八烷 1-iodo-Octadecane	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> I	0.02	27.78
29	α-萜品醇 α-Terpinol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.50	13.44	61	邻苯二甲酸二异丁酯 Diisobutyl phthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	0.02	29.29
30	水杨酸甲酯 Methyl Salicylate	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	0.04	13.51	62	二十五烷 Pentacosane	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	0.02	29.68
31	辣薄荷醇(Z)-Piperitol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.06	13.99	63	橙花叔醇 Nerolidol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.06	30.66
32	香叶醇(Z)-Geraniol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.07	14.78	64	三十二烷 Dotriacontane	C <sub>32</sub> H <sub>66</sub>	t	31.31

\* t=trace(微量,含量小于0.1%)

1.08%, 由表 1 可知, 其成分主要为萜烯及其含氧衍生物, 含量较高的成分有 *dl*-薄荷酮(53.43%)、(E)-薄荷酮(14.20%)、5-甲基-2-异丙基-3-环己烯-1-酮(9.87%)、 $\beta$ -萜品烯(8.16%)、 $\beta$ -蒎烯(1.54%)、 $\alpha$ -蒎烯(1.18%)等。其中含量最高的薄荷酮是目前市场需求量极大的食用凉味香精原料, 它具有清凉的薄荷样香气, 可用于配制薄荷系列香精。另外, 梁呈元等(2003)的药理研究表明, 薄荷酮对离体兔肠肌有抑制作用, 可增加胆汁排出量, 并有持续利胆作用。小叶红叶藤茎叶挥发性成分的研究结果表明, 薄荷酮在该植物挥发油中含量很高, 这为薄荷酮的天然原料扩大了新的来源, 具有较高的应用价值

### 3.2 清除 DPPH 自由基的能力

清除率可以反映出对自由基的清除作用, 清除率越大, 抗氧化活性越强, 反之则越弱。不同浓度的小叶红叶藤挥发油清除 DPPH 自由基的能力对比见图 1。结果表明, 该挥发油对 DPPH 自由基具有一定的清除能力, 清除率与药液的浓度成正比, 浓度为 1.6 mg/mL 时, SC% 达 62.25%, 但随浓度增加, SC% 增加幅度不大。

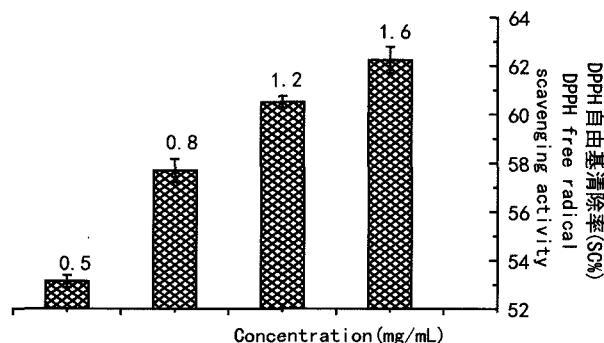


图 1 小叶红叶藤挥发油清除 DPPH 自由基能力( $\chi \pm s$ )

Fig. 1 DPPH free radical scavenging activity (SC%) of *Rourea microphylla*

### 3.3 ABTS<sup>+</sup> 自由基清除能力

不同浓度的小叶红叶藤茎叶挥发油清除 ABTS<sup>+</sup> 的能力见图 2。加入药液 1 min 后, ABTS<sup>+</sup> 迅速被清除, 从图 2 看出, 小叶红叶藤茎叶挥发油具有较好地清除 ABTS<sup>+</sup> 自由基的能力, 且其清除效率(SC%)表现出明显的量效相关性。药液浓度为 1.6 mg/mL 时, 其清除效率达到 68.11%。

### 3.4 还原能力

从图 3 可以看出, 小叶红叶藤挥发油吸光度随药液浓度增加而增大, 但当浓度增加到一定数值后,

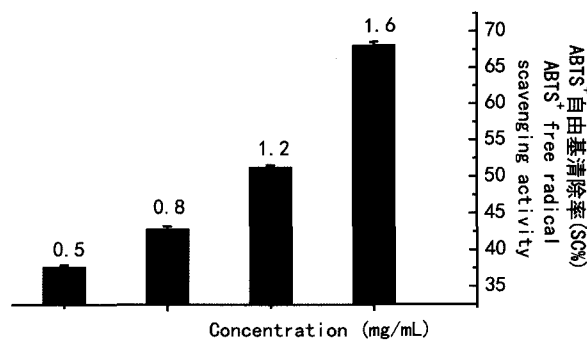


图 2 小叶红叶藤挥发油清除 ABTS<sup>+</sup> 自由基能力( $\chi \pm s$ )

Fig. 2 ABTS<sup>+</sup> free radical scavenging activity (SC%) of *Rourea microphylla*

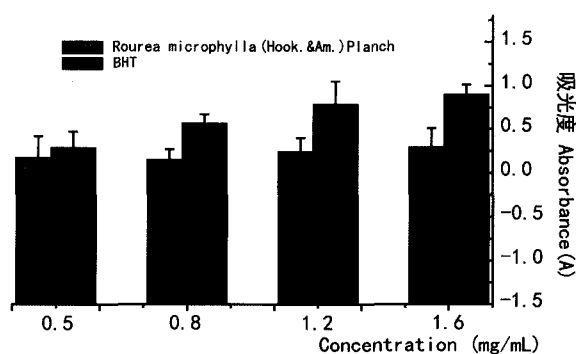


图 3 小叶红叶藤挥发油还原能力( $\chi \pm s$ )

Fig. 3 Reducing power of *Rourea microphylla*

小叶红叶藤挥发油吸光度随浓度增大的变化幅度较小, 在最高浓度为 1.6 mg/mL 时, 还原能力最强。在相同条件下, 其还原能力比人工合成抗氧化剂 BHT 差, 随着药液浓度增高, 与 BHT 差距越大。

## 4 结论

小叶红叶藤在广西民间作为壮药有着非常广泛的应用, 且其资源丰富, 开发前景良好。但目前研究者对其研究有限, 特别是并未进行系统的药理学研究, 对其临床应用缺乏科学的理论支持。本文用水蒸气蒸馏法提取小叶红叶藤茎叶的挥发油, 分析其挥发油成分和含量, 并采用 DPPH<sup>·</sup>法、ABTS<sup>+</sup>法和铁氰化钾还原法对其进行了初步的药理学活性探讨。结果表明, 小叶红叶藤挥发油以薄荷酮为主要成分, 其挥发油具有较好的清除自由基能力, 其清除能力均与药液浓度成正比, 但还原能力较差。随着自由基生物学与自由基医学的迅速发展, 现已证

明多种疾病的发生和发展与自由基对组织细胞的损伤关系密切,本文也为进一步对其小叶红藤挥发油进行抗衰老、抗老年痴呆等老年退行性疾病相关药理作用的研究奠定基础,其抗氧化机理有待进一步研究。

### 参考文献:

- 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 1999. 中华本草[M]. 上海:上海科学技术出版社:2 922
- 国家药典委员会. 2010. 中华人民共和国药典[M]. 北京:化学工业出版社:63
- Erich S, Leopold J, Gerhard B, et al. 2006. Composition and antioxidant activities of the essential oil of *Cinnamon*(*Cinnamomum zeylanicum*)leaves from Sri Lanka[J]. *Jeop*, **9**(2):170-182
- éva SB, Mária HT, Attila H, et al. 2003. Antioxidant effect of various rosemary(*Rosmarinus officinalis*) clones[J]. *Acta Biologica Szegediensis*, **47**(1-4):111-113
- Kim D, Lee KW, Lee HJ, et al. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity(Vc EAC) of phenolic phytochemicals[J]. *J Agric Food Chem*, **50**(13):3 713-3 717
- Kong L(孔磊), Zhang KM(张科明), Jiang JQ(蒋建勤). 2009.

- Chemical constituents from *Rourea microphylla*(小叶红藤的化学成分)[J]. *Pharm Clin Res*(药学与临床研究), **17**(1):34-36
- Liang CY(梁呈元), Li WL(李维林), Zhang H(张涵), et al. 2003. The advance on the research of chemical constituents and pharmacological activities of *Mentha haplocalyx*(薄荷化学成分及其药理作用研究进展)[J]. *Chin Wild Plant Res*(中国野生植物资源), **22**(3):9-12
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine[J]. *Jpn J Nutr*, **44**:307-315
- Re R, Pellegrini N, Anna PA. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay[J]. *Free Radical Biol Med*, **26**(9/10):1 231-1 237
- Syed AR, Azizur R, Ahmad A, et al. 2009. Comparison of antioxidant activity of essential oil of *Centella asiatica* and *Butylated hydroxyanisole* in sunflower oil at ambient conditions[J]. *Biharean Biologist*, **3**(1):71-75
- Yang Y(杨洋), Wei XY(韦小英), Ruan Z(阮征). 2002. Development of natural food antioxidant research at home and abroad(国内外天然食品抗氧化剂的研究进展)[J]. *Food Sci*(食品科学), **23**(10):137-140

(上接第 698 页 Continue from page 698)

- 34**:478-485
- Lü DZ(吕岱竹), Yan XP(闫新萍). 2008. Determination of vitamin B<sub>6</sub> in tropical fruit by high performance liquid chromatography with fluorescence detection(高效液相色谱法测热带水果中 VB<sub>6</sub>)[J]. *Chin J Trop Crops*(热带作物学报), **29**(5):668-671
- Mitsuhiro N, Tomotake M, Tomokazu Y, et al. 1999. Purification, molecular cloning, and catalytic activity of schizosaccharomyces pombe pyridoxal reductase[J]. *JBC*, **33**:23 185-23 190
- Notheis C, Drewke C, Leistner E. 1995. Purification and characterization of the pyridoxol-5'-phosphate: pyridoxol-5'-phosphate: oxygen oxidoreductase from *Escherichia coli* [J]. *Biochimica Biophysica Acta*, **1247**:265-271
- Sakai A, Kita M, Katsuragi T, et al. 2002. Yaad and yaae are involved in vitamin B<sub>6</sub> biosynthesis in *Bacillus subtilis*[J]. *J Biosci*, **93**:309-312
- Sakai A, Denslow, Amanda A, et al. 2005. Regulation of biosynthetic genes and antioxidant properties of vitamin B<sub>6</sub> during plant defense responses[J]. *PMPP*, **66**:244-255
- She HP(施和平), Huang QP(黄群声). 2003. Tissue culture and plantlet regeneration from leaves of *Nicotiana tabacum*(烟草叶片组织培养及植株再生)[J]. *Subtrop Plant Sci*(亚热带植物科学), **32**:63
- Wen QB(温其标). 1997. Analysis of B<sub>6</sub> vitamers in cereals by high performance liquid chromatography(应用高效液相色谱技术分析谷物中的 VB<sub>6</sub>)[J]. *J South Univ Tech*(华南理工大学学报), **25**(11):99-102
- Zhang JY(张剑韵), Huang LQ(黄龙全), HAYAKAWA Takashi(早川孝志). et al. 2004. Analysis of vitamin B<sub>6</sub> derivatives in biological samples with high performance liquid chromatography(采用高效液相色谱技术分析生物体内维生素 B<sub>6</sub> 化合物)[J]. *Chem J Chin Univ*(高等学校化学学报), **25**:638-640
- Zhao G, Winkler ME. 1995. Kinetic limitation and cellular amount of pyridoxine(pyridoxamine) 5'-phosphate oxidase of *Escherichia coli* k-12[J]. *J Bacteriol*, **177**:883-891