

文章编号:1001-6880(2014)Suppl-0100-06

# 金色补血草花黄酮的稳定性和体外抗氧化活性研究

刘 娜<sup>1\*</sup>, 李万武<sup>1</sup>, 孔维宝<sup>1,2</sup>, 邢文黎<sup>1</sup>, 缪三虎<sup>1</sup>, 董妙音<sup>1</sup><sup>1</sup>西北师范大学生命科学学院; <sup>2</sup>甘肃特色植物有效成分制品工程技术研究中心, 兰州 730070

**摘要:**以超声辅助萃取所得金色补血草花提取液为黄酮试样,采用比色法研究了其稳定性和体外抗氧化活性,考察了光照、温度、食品添加剂、氧化还原剂、不同金属离子和 pH 等条件对其稳定性的影响,并以维生素 C (Vc)为对照,测试了其对羟基自由基和超氧阴离子自由基的清除能力。结果表明:强碱、强酸、高温、强氧化剂、高价金属离子可破坏金色补血草花黄酮的稳定性,而在避光、20~60 °C 和 pH 4~7 条件下存放,以及添加 Vc、柠檬酸、蔗糖、NaCl 和 KCl 等处理对其稳定性影响较小;金色补血草花黄酮对羟基自由基的清除能力强于 Vc,而对超氧阴离子自由基的清除能力弱于 Vc。研究认为,金色补血草花黄酮具有较好的稳定性和较强的抗氧化活性,在天然食品色素和医药保健品领域具有良好的开发利用潜力。

**关键词:**金色补血草花; 黄酮; 稳定性; 抗氧化活性

中图分类号:R932; Q946

文献标识码:A

## Stability and Antioxidant Capacity *in vitro* of the Total Flavonoids from *Limonium aureum*

LIU Na<sup>1\*</sup>, LI Wan-wu<sup>1</sup>, KONG Wei-bao<sup>1,2</sup>, XING Wen-li<sup>1</sup>, GOU San-hu<sup>1</sup>, DONG Miao-yin<sup>1</sup><sup>1</sup>College of Life Science, Northwest Normal University; <sup>2</sup>Bioactive Products Engineering

Research Center for Gansu Distinctive Plants, Lanzhou 730070, China

**Abstract:** Stability and antioxidant capacity of the flavonoids from *Limonium aureum* flower extracted by the method of ultrasound-assisted extraction were investigated. The effects of illumination, temperature, food additives, reductant-oxidants, metal ions and pH values on the stability of the flavonoids were studied. Vitamin C (Vc) was used as control, the scavenging capacity of the flavonoids on the hydroxyl free radicals and superoxide anion free radicals was analyzed. The results showed that strong alkali and acid, high temperature, oxidant and highly-charged metal ions could destroy the stability of the flavonoids, however, its stability could kept well under the storage at dark, 20~60 °C and pH 4~7, as well as treated with Vc, citric acid, sucrose, sodium chloride and potassium chloride. The flavonoids had stronger scavenging capacity on hydroxyl free radicals than Vc, but the removal capacity on superoxide anion free radicals was lower than Vc. The results suggested that the flavonoids from *L. aureum* flower have good stability and antioxidant capacity, it has a good application potential in the field of natural food pigment and pharmaceutical health care products.

**Key words:** *Limonium aureum* flower; flavonoids; stability; antioxidant capacity

金色补血草(*Limonium aureum*)又名黄花矾松、金匙叶草,属蓝雪科多年生草本植物,分布于甘肃、青海、内蒙古等省。其全草可入药,性平、味甘,具有补血、活血、止血及抗癌等功效<sup>[1]</sup>。金色补血草地上部分的主要化学成分为:高北美圣草素,柚皮素,北美圣草素、杨梅树皮素-3-O-β-D-葡萄糖苷、杨梅树皮素-3-O-β-D-半乳糖苷<sup>[2]</sup>。金色补血草花色素成

分含有酚类和黄酮类物质<sup>[3]</sup>。研究证实,补血草属植物具有清热祛湿、止血散瘀、抗菌消炎、抗肿瘤、抗病毒、益肝和延缓衰老等作用,这与其所含的能够清除自由基的黄酮类物质有关<sup>[4]</sup>。

当人体新陈代谢过程中生成和消除自由基失去动态平衡,体内自由基水平升高,携带不成对电子的自由基具有强活动性,可造成生物膜系统损伤、蛋白质变性、DNA 断裂和胞内氧化磷酸化障碍等,进而引发动脉粥样硬化、心脑血管疾病、免疫力下降等疾病。从自然植物中提取的天然抗氧化剂,具有安全性高、抗氧化能力强、无副作用等优点,且近年来许

收稿日期:2014-04-24 接收日期:2014-08-15

基金项目:国家自然科学基金(31360192); 甘肃省高等学校科研项目(2013B-009)

\* 通讯作者 Tel:86-931-7971414; E-mail:liuna@nwnu.edu.cn

多研究证实,不少天然抗氧化活性物质可以抑制人体内的脂质过氧化反应等,对细胞衰老有积极的预防作用<sup>[5]</sup>。抗氧化剂还是一种重要的食品添加剂,它主要用于阻止或延缓油脂的自动氧化,还可以防止食品在贮藏中因氧化而使营养物质损坏、褐变、褪色等<sup>[6]</sup>。

黄酮类化合物以2-苯基色原酮为基本母核,一般具有C6-C3-C6的基本骨架结构,现在则泛指两个具有酚羟基的苯环(A环与B环)通过中央三碳原子相互连接而成的一系列化合物,苯环上常有羟基、甲基、甲氧基、异戊稀基等取代基,植物黄酮类化合物更是以其广谱的药理作用引人瞩目。本文对金色补血草花黄酮的稳定性和抗氧化性做了初步研究,研究了光、热、氧化还原剂、酸碱、金属离子和常用食品添加剂对金色补血草花总黄酮稳定性的影响,为其在食品、医药领域的应用提供实验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 材料

实验植物材料采自甘肃兰州北山,经西北师范大学生命科学学院陈学林教授鉴定为金色补血草(*Limonium aureum*)。将干燥的金色补血草花粉碎后,置于封口袋中低温保存备用。

#### 1.1.2 试剂与仪器

仪器:CT15RT台式高速离心机:湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;电热恒温鼓风干燥箱:上海琅玕实验设备有限公司;JRA-6数显磁力搅拌水浴锅:金坛市杰瑞尔电器有限公司;高速万能粉碎机:广州旭朗机械设备有限公司;分析天平:日本岛津公司;KQ-250DE型数控超声波提取器:昆山市超声仪器有限公司;721G可见分光光度计:上海精密科学仪器有限公司;MS6610光强照度计:广东深圳华谊仪表有限公司。

芦丁标准试剂(色谱纯):中国药品生物制品鉴定所,无水乙醇、NaNO<sub>2</sub>、Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、NaOH、NaCl、KCl、FeCl<sub>3</sub>、CuSO<sub>4</sub>、ZnSO<sub>4</sub>、FeSO<sub>4</sub>、Vc、HCl、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、蔗糖、柠檬酸、硫代硫酸钠、水杨酸、邻苯三酚等均为分析纯试剂。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 标准曲线制作及金色补血草花黄酮试样液的制备

在500~550 nm可见光波长下用硝酸铝显色

法<sup>[7]</sup>对芦丁标准试液进行吸光值扫描,得波长为510 nm时吸光值最大,故选用波长为510 nm作为测定波长。准确称量20 mg芦丁标准品,用体积分数为50%乙醇溶解并定容至100 mL,配制成0.2 mg/mL的芦丁对照品溶液。分别取上述芦丁对照品溶液0,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5,3.0,3.5,4.0 mL于9个10 mL,用60%乙醇定容至5 mL,依次加入0.5 mL 5% NaNO<sub>2</sub>溶液,静置6 min后加0.5 mL 10% Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>溶液,摇匀后静置6 min,最后加4 mL 4% NaOH溶液,用50%乙醇定容至10 mL,静置15 min后,以空白试剂为参比,510 nm下测吸光值,以吸光值A为纵坐标,浓度C(mg/mL)为横坐标绘制标准曲线,得回归方程: $A = 11.976C + 0.00036$ , $R^2 = 0.9997$ 。

预实验确定的金色补血草花黄酮的提取工艺为:乙醇浓度50%,提取时间40 min,超声波功率250 W,料液比1:100(g:mL),提取2次。以此条件为依据,精确称取4 g金色补血草花粉末,加入200 mL 50%的乙醇,在250 W的条件下提取40 min,过滤,将滤渣在相同条件下再提取一次,过滤后合并两次滤液,定容至400 mL。测得提取液中黄酮浓度为208.05 μg/mL,干物质提取量为20.8 mg/g,以下实验均采用此黄酮提取物为试样。

#### 1.2.2 金色补血草花黄酮的稳定性实验方法

光照对黄酮稳定性的影响:取10支试管,每支准确吸取2 mL提取液,5支在8000 lux光强度下处理,另外5支避光保存,每隔1 h测一次吸光值。用50%乙醇做参比液。

温度对黄酮稳定性的影响:取7支试管,每支准确吸取2 mL提取液,分别于20、30、40、50、60、70、80 ℃下保温1 h,待冷却后分别测其吸光值。用50%乙醇做参比液。

食品添加剂对黄酮稳定性的影响:取4支试管编号,每支准确吸取4 mL提取液,1号加Vc溶液4 mL,2号加蔗糖溶液4 mL,3号加柠檬酸溶液4 mL,4号加蒸馏水4 mL,定容,分别在0.5、1 h测其吸光值。

氧化还原剂对黄酮稳定性的影响:取6支试管,每支准确吸取2 mL提取液,两支加入2 mL 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>溶液且分别放置0.5、1 h,另两支加入2 mL 1 mol/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液分别放置0.5 h、1 h,剩余两支加入2 mL蒸馏水分别放置0.5、1 h作对照,然后分别测吸光值。

pH 对黄酮稳定性的影响:取 14 支试管,每支准确吸取 2 mL 提取液,分为两组,每组于室温下用 0.1 mol/L HCl 和 0.1 mol/L NaOH 调 pH 值为 2.0、4.0、6.0、7.0、8.0、10.0、12.0,总体积保持 4 mL,振摇。第一组放置 1 h 测吸光值,第二组放置 2 h 测吸光值。

金属离子对黄酮稳定性的影响:取 6 支试管,每支准确吸取 4 mL 提取液,分别加入 4 mL 0.05 mol/L NaCl、KCl、FeCl<sub>3</sub>、CuSO<sub>4</sub>、ZnSO<sub>4</sub>、蒸馏水。避光,摇匀,分别于 0.5 h, 1 h 测吸光值。

### 1.2.3 金色补血草花黄酮的抗氧化活性实验方法

黄酮对羟基自由基的清除作用:根据 Fenton 反应<sup>[8]</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 Fe<sup>3+</sup> 混合会产生羟基自由基,由于羟基自由基反应活性较高,存在时间短,若加水杨酸可捕捉羟基自由基,并会产生有色产物,该产物在 510 nm 处有吸收。若在此反应体系中加入可清除自由基的被测物,与水杨酸竞争羟基自由基,从而使有色产物减少。

实验方法:样品溶液 1.0 mL,加入 1.0 mL 9 mmol/L FeSO<sub>4</sub>,1.0 mL 9 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液,混匀后,加入 1.0 mL 8.8 mmol/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 启动反应,用蒸馏水定容至 10 mL,摇匀静置 10 min 后在 510 nm 处测定其吸光值 A<sub>x</sub>,以同浓度的样品溶液为对照品,计算清除率:清除率(%) = (A<sub>0</sub> - A<sub>x</sub>) / A<sub>0</sub> × 100%,式中, A<sub>0</sub>: 空白对照吸光度; A<sub>x</sub>: 加入被测物后的吸光度。

黄酮对超氧阴离子自由基的清除作用<sup>[9,10]</sup>:邻苯三酚在碱性条件下迅速自氧化,释放出 O<sub>2</sub><sup>·-</sup>,生成有色中间产物。在 pH < 9.0 时,邻苯三酚自氧化速率与生成的 O<sub>2</sub><sup>·-</sup> 的浓度正相关,故可通过可见光分光光度计来测定抗氧化剂体系中对 O<sub>2</sub><sup>·-</sup> 的清除作用。

实验方法:在 10 mL 比色管中加入 pH = 8.2, Tris-HCl 缓冲溶液 2.0 mL 和双蒸水 7.0 mL,于 25 ℃ 恒温 20 min 后加入 1.0 mL 25 ℃ 预热的 5 mmol/L 邻苯三酚(对照管用 10 mmol/L 盐酸代替),迅速摇匀,立即倒入比色杯中,在波长 420 nm 处每 0.5 min 测定吸光度 A<sub>0</sub>,共测 4 min。计算邻苯三酚自氧化管吸光度值随时间的变化率△A<sub>0</sub>。

样品测定:加 1.0 mL 样品溶液,相应减少同体积水,其余同邻苯三酚自氧化,测定加样后自氧化速率△A<sub>1</sub>。清除超氧阴离子能力计算公式:清除率(%) = (△A<sub>0</sub> - △A<sub>1</sub>) / △A<sub>0</sub> × 100% 式中:△A<sub>0</sub>—邻

苯三酚自氧化速率;△A<sub>1</sub>—加样后邻苯三酚自氧化速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 金色补血草花黄酮的稳定性

#### 2.1.1 光照的影响

光照对黄酮类化合物的稳定性随黄酮种类不同而不同,各组分因分子结构的不同而呈现不同的影响。研究了光暗处理对金色补血草花黄酮存储稳定性的影响,以比色法测得的黄酮浓度为纵坐标,储存时间为横坐标,绘制稳定型曲线,结果见图 1。

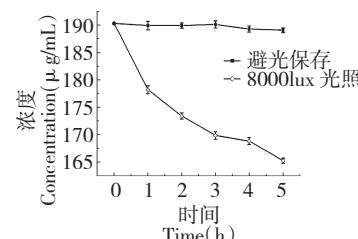


图 1 光照处理对金色补血草花黄酮稳定性的影响

Fig. 1 Effect of illumination on the stability of total flavonoids from *L. aureum*

从图 1 可知,避光时金色补血草花黄酮基本不分解,稳定性较高,而在强光下黄酮会缓慢分解。黄酮类化合物是广泛存在于植物中的一类黄色色素,故又称黄碱素,而色素受光照影响较大,可能与自身氧化、分解作用有关<sup>[11]</sup>。实验表明,受 8000 lux 光照的提取液样品在前 2 h 内总黄酮含量平均下降 8.87%,5 小时内含量下降比避光组高 23.80 μg/mL,所以黄酮对强光极不稳定,在保存使用中应避免强光长时间照射。

#### 2.1.2 温度的影响

研究了不同温度处理对金色补血草花黄酮的影响,以黄酮浓度为纵坐标,不同处理温度为横坐标,绘制温度影响黄酮稳定性的曲线,结果见图 2。

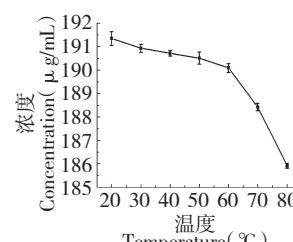


图 2 温度对金色补血草花黄酮稳定性影响

Fig. 2 Effect of temperature on the stability of total flavonoids from *L. aureum*

从图2可知,当温度低于60℃时,本黄酮分解比较缓慢,但当温度大于60℃时,黄酮分解加快,浓度迅速降低。黄酮类化合物的分解需要一定的活化能,随着温度的升高,能量的供给足以达到活化能所需水平,使黄酮类化合物分解加速<sup>[12]</sup>。

### 2.1.3 不同化合物的影响

黄酮类化合物都可以直接药用或作为食品添加剂使用,常见的化学物质对金色补血草花黄酮的稳定性影响在食品、医药方面显得尤为重要,表1列出了在一些常见化学物质作用下黄酮浓度在空白试剂溶液基础上的变化。

表1 不同化合物对金色补血草花黄酮稳定性的影响

Table 1 Effect of different chemical compounds on the stability of total flavonoids from *L. aureum*

项目 Item		黄酮浓度(μg/mL) Concentration of flavonoids	
		0.5 h	1 h
食品添加剂	空白对照	181.96 ± 2.21 <sup>b</sup>	172.77 ± 1.05 <sup>bc</sup>
	Vc 溶液	400.3075 ± 3.12 <sup>a</sup>	395.30 ± 2.41 <sup>a</sup>
	柠檬酸溶液	161.29 ± 1.34 <sup>c</sup>	160.04 ± 1.58 <sup>c</sup>
	蔗糖溶液	180.70 ± 2.53 <sup>b</sup>	179.24 ± 3.88 <sup>b</sup>
氧化还原剂	空白对照	178.13 ± 1.19 <sup>a</sup>	176.81 ± 2.11 <sup>a</sup>
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 溶液	44.53 ± 1.73 <sup>c</sup>	28.87 ± 1.90 <sup>c</sup>
	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 溶液	130.39 ± 2.37 <sup>b</sup>	122.60 ± 2.91 <sup>b</sup>
金属盐	空白对照	149.39 ± 2.67 <sup>c</sup>	143.75 ± 1.33 <sup>c</sup>
	NaCl 溶液	147.93 ± 1.87 <sup>c</sup>	142.08 ± 0.95 <sup>c</sup>
	KCl 溶液	142.92 ± 0.99 <sup>cd</sup>	142.71 ± 1.96 <sup>c</sup>
	FeCl <sub>3</sub> 溶液	335.60 ± 4.21 <sup>a</sup>	327.04 ± 5.13 <sup>a</sup>
	CuSO <sub>4</sub> 溶液	262.12 ± 3.22 <sup>b</sup>	234.77 ± 4.90 <sup>b</sup>
	ZnSO <sub>4</sub> 溶液	141.04 ± 2.11 <sup>cd</sup>	131.02 ± 2.09

注:不同字母表示在同一考察组中同列数据在 $\alpha=0.05$ 水平上存在显著性差异。

从表1中可以看出Vc对黄酮有协同增效作用,并且其还原性对黄酮自身氧化有保护作用,分析Vc化学结构得,其酮羰基和多个羟基与黄酮有相似之处,在此测定条件下,也可产生较大吸光值。蔗糖对黄酮的稳定性几乎无影响,只是有利于游离的苷元与糖形成糖苷键。柠檬酸分子上三个羧基具有酸性,且在测定时,会与还原后的黄酮类物质竞争结合Al<sup>3+</sup>,从而导致测定结果偏低<sup>[13]</sup>。

金色补血草花黄酮本身是一种还原剂,而H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>作为强氧化剂对其稳定性影响极大,它们之间发生氧化还原反应,从而破坏了化学结构,测定时黄酮浓度下降。还原性强的Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与黄酮类化合物也会产生化学反应,在酸性条件下,可以分解放出二氧化硫气体并产生硫的沉淀<sup>[14]</sup>。

在金色补血草花黄酮的提取、保存及使用过程中,可能会混入一些微量的金属离子,而有些金属离子对其稳定性有很大的影响。分析可得,Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>作用下,金色补血草花黄酮浓度的变化很小,说明其对黄酮的影响很小;而Fe<sup>3+</sup>、Cu<sup>2+</sup>对黄酮有较大影

响,分析原因可能是黄酮类化合物分子结构具有超离域度,整个分子形成一个大π键共轭体系,具有强烈的螯合作用,其中的氧原子具有强配位能力,易于和金属离子形成配合物<sup>[15]</sup>。Zn<sup>2+</sup>对此黄酮浓度影响较小,可能与其配位能力弱或配合物性质有关。因此在生产、贮存及使用过程中应该避免与含Cu<sup>2+</sup>和Fe<sup>3+</sup>容器接触。

### 2.1.4 pH 的影响

许多有机化合物因pH值的变化而稳定性会有改变。金色补血草花黄酮稳定性与pH值的关系

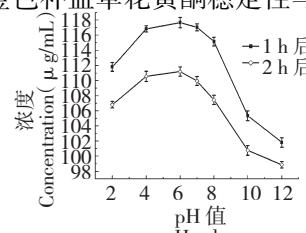


图3 pH值对金色补血草花黄酮稳定性的影响

Fig. 3 Effect of pH value on the stability of total flavonoids from *L. aureum*

见图3。

从图3可知,此黄酮在pH=6时最稳定,小于6时分解较慢,大于6时分解加快,说明本黄酮在强酸或强碱下不稳定,尤其是pH>7时影响极大。这可能与酸碱条件下糖苷键水解有关,且黄酮类化合物是极好的氢或电子供体,可与OH<sup>-</sup>反应,其分子中有一个酮式羰基,第一位上的氧原子具碱性,能与强酸成盐。在不同pH条件下,黄酮溶液会显示变化的颜色,可能与此因素也有关<sup>[16]</sup>。

## 2.2 金色补血草花黄酮的抗氧化活性

Vc是一种有机还原剂,有抗氧化性,以Vc对双氧水和Fe<sup>2+</sup>混合所产生的羟基自由基的清除能力和对邻苯三酚所产生超氧阴离子自由基的清除能力为对照,研究了金色补血草花黄酮的抗氧化活性<sup>[17]</sup>。Vc和金色补血草花黄酮提取物清除羟基自由基和超氧阴离子自由基的比较结果如图4所示。

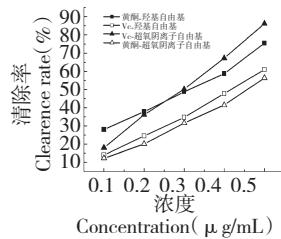


图4 Vc和金色补血草花黄酮清除羟基自由基和超氧阴离子自由基的效果比较

Fig. 4 Comparison of the clearance rate of hydroxyl free radicals and superoxide anion free radicals by Vc and the total flavonoids from *L. aureum*

由图4可知,Vc和金色补血草花黄酮对羟基自由基都有一定的清除作用,而且浓度与清除率呈线性关系,随浓度的增大而清除率增大。将两个方程拟合,补血草黄酮和Vc对羟基自由基清除率为50%时所对应的浓度IC<sub>50</sub>分别为:0.30 mg/mL,0.42 mg/mL。表明金色补血草花黄酮对羟基自由基有较好的清除作用,且清除能力优于Vc。

金色补血草花黄酮和Vc对超氧阴离子自由基都有一定的清除作用,而且浓度与清除率呈线性关系,随浓度的增大而清除率增大。将两个方程拟合,金色补血草花黄酮和Vc对超氧阴离子自由基清除率为50%时所对应的浓度IC<sub>50</sub>分别为:0.46 mg/mL,0.29 mg/mL。表明金色补血草花黄酮对超氧阴离子自由基有较好的清除作用,但清除能力小于Vc。

## 3 结论

以超声波辅助萃取所得金色补血草花黄酮提取物为样液,研究了其稳定性和抗氧化活性,主要结论为:

**3.1** 在强光、高温(>60℃)、pH<4或pH>7、添加氧化剂(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)和高价金属离子(Fe<sup>3+</sup>、Cu<sup>2+</sup>)等处理时,金色补血草花黄酮的稳定性受到较大破坏;而在避光、存放温度为20~60℃、pH 4~7之间,或添加还原剂(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、Vc、柠檬酸或蔗糖等食品添加剂和单价盐(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>)对其稳定性影响不大。上述研究结果表明,金色补血草花黄酮在常规条件下具有良好的稳定性。

**3.2** 金色补血草花黄酮的抗氧化性实验结果显示,以Vc为对照时,在相同浓度水平上金色补血草花黄酮对羟基自由基的清除率高于Vc,而对超氧阴离子自由基的清除能力低于Vc,两者的浓度与清除率呈线性正相关性,即随着抗氧化物质浓度的增大,清除率也随之增大。

**3.3** 金色补血草花黄酮具有良好的稳定性和抗氧化特性,可以用作天然抗氧化剂和食品天然色素,具有较好的研究开发价值。

## 参考文献

- 1 Liu Y(刘赟), Duan XX(段小绪), Wu DQ(吴冬青), et al. Study on antioxidation activity of *Limonium aureum* flower's flavonoids. *Chin Wild Plant Reso*(中国野生植物资源), 2005, 24(6):58-59.
- 2 Wu DQ(吴冬青), Li CX(李彩霞), Feng L(冯磊), et al. Study on activity of anti-oxidation and effect of restraining bacterium in *Limonim aureum* pigment. *J Tra Chin Vete Med*(中兽医药杂志), 2005, 24(5):22-23.
- 3 Liu Y, Zhang YP, Liang JP, et al. Determination of total flavonoids in *Limonium aureum* (L.) Hill. by spectrophotometry. *Med Plant*, 2010, 1(7):32-33.
- 4 Ding G(丁鸽), Zhang DZ(张代臻), Zhang BB(张蓓蓓), et al. The research advance in the diversity and pharmacology of *Limonium*. *Lishizhen Med Mater Med Res*(时珍国医国药), 2012, 23:3113-3114.
- 5 Xiong HP(熊皓平), Yang WL(杨伟丽), Zhang YS(张友胜), et al. Recent advances in natural plant antioxidants. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2001, 13(5):75-79.
- 6 Liu SX(刘树兴), Zhao F(赵芳). Research progress on natural antioxidant from nature plant. *Food Res & Dev*(食品研究与开发), 2007, 28:179-182.