

食用鼠曲草黄酮的提取及体外抗氧化性研究

石青浩, 李荣*, 姜子涛

(天津商业大学 生物技术与食品科学学院, 天津市食品生物技术重点实验室, 天津 300134)

摘要: 对食用鼠曲草总黄酮的提取工艺和抗氧化活性进行了研究。采用微波辅助提取法, 提取了鼠曲草中的黄酮类化合物。测定了鼠曲草黄酮的体外抗氧化活性, 并与常见的抗氧化剂 VC 进行了比较。结果表明: 微波功率 500 W 时, 微波提取的最佳工艺为乙醇体积分数 50%、料液比 1:60(g:mL)、温度 60 ℃、时间 6 min, 在此条件下黄酮最高得率为 4.63%。鼠曲草黄酮在总抗氧化能力、清除超氧阴离子自由基的能力、清除 DPPH 自由基的能力方面略低于抗氧化剂 VC, 但在清除羟自由基的能力和抑制 Fe²⁺ 诱发卵黄脂蛋白过氧化的能力上鼠曲草黄酮强于 VC。

关键词: 鼠曲草; 黄酮; 微波辅助提取; 抗氧化活性

中图分类号: TS 202.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2013)03—0307—06

Studies on Flavones Extraction from Edible *Gnaphlium affine* and in Vitro Antioxidant Activities

SHI Qing-hao, LI Rong*, JIANG Zi-tao

(Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: In this manuscript, the extraction technologies was optimized and the antioxidant activities of the total flavonoids from edible *Gnaphlium affine* was investigated. The microwave-assisted extraction technique of flavones from *Gnaphlium affine* and in vitro antioxidant activities of its flavones had been studied. The antioxidant activities of flavones were also compared with ascorbic acid (VC). The result shows that the optimum extraction conditions were: 50% ethanol, 1:60 (g:mL) material-liquid ratio, extraction temperature 60 ℃, and extraction time 6 min when the microwave power is 500 W. The average yield of flavones was 4.63%. Total antioxidant activities, scavenging superoxide anion and DPPH radical of the flavones from *Gnaphlium affine* were weaker than those of VC, but higher scavenging hydroxyl and restraining peroxidation of lipoprotein of yolk which induced by Fe²⁺.

Keywords: *Gnaphlium affine*, flavones, microwave-assisted extraction, antioxidant activities

鼠曲草 (*Gnaphlium affine*) 俗称清明菜、追骨风、佛耳草, 为菊科植物鼠曲草的全草, 主要分布于

收稿日期: 2012-06-15

基金项目: 天津市高校科技发展基金资助项目(20110608)。

* 通信作者: 李荣(1962—), 女, 山东烟台人, 教授、硕士研究生导师。主要从事食品科学与工程研究。E-mail: lirong@tjcu.edu.cn

我国华东、华中、华南、西南、西北、华北及台湾,以野生为主,可药用也可食用。全草含钙、钾、镁等微量元素,还含有氨基酸、黄酮类化合物、挥发油、甾醇、生物碱等^[1-4]。具有降血脂、降血糖、降血压、抗衰老、消炎抑菌、增强免疫力等多种功效^[5]。

文中探讨了微波提取鼠曲草黄酮的条件,并对微波提取的鼠曲草黄酮与抗氧化剂 VC 进行了体外抗氧化性能和清除自由基性能的比较研究,为鼠曲草资源在食品、保健品等领域的进一步开发利用奠定了理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鼠曲草,安徽诚信药家有限公司提供;S-8 大孔吸附树脂,购于南开大学化工厂;水(娃哈哈饮用纯净水),杭州娃哈哈集团有限公司出品;芦丁标准品(分析纯),北京化学试剂公司产品;DPPH:美国 Sigma 公司产品;抗坏血酸(VC)、结晶紫、磷酸钠、钼酸铵等均为分析纯,所用水为除氧蒸馏水。其余试剂均为分析纯。

1.2 主要仪器

MAS- 型微波快速制样系统,上海新仪微波化学科技有限公司制造;U-3900 UV-Vis 紫外可见分光光度计,日本日立公司制造;LGJ-10 型冷冻干燥机,北京松源华兴科技发展有限公司制造;KQ2200B 型超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司制造;FA1104N 型电子天平,上海精密仪器有限公司制造;RE 52-86A 型旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂制造;80-1 型离心机,上海手术器械厂制造;电热恒温水浴锅,北京市长风仪器仪表公司制造;970CRT 荧光分光光度计,上海精密科学仪器有限公司制造;LRH-150S 恒温恒湿培养箱,广东省医疗器械厂制造。

2 试验方法

2.1 鼠曲草总黄酮的微波提取工艺

称取 2.0 g 鼠曲草粉末,固定微波功率 500 W,以体积分数 60%乙醇溶液为溶剂,放入微波玻璃反应器中,按 1:60(g/mL)的料液比在 60 °C 下萃取 5 min,待提取液稍冷后进行过滤,滤液经石油醚萃取,去掉石油醚层,得鼠曲草黄酮的提取液,再经旋转蒸发后冷冻干燥,得到鼠曲草黄酮粉末。

试验以黄酮得率为指标,通过单因素试验来确定在固定微波功率为 500 W 下的乙醇体积分数、料液比、提取时间和温度等因素的试验范围,以得到微波辅助提取鼠曲草黄酮的最佳工艺参数。

2.2 黄酮含量的测定

首先以芦丁为标准品,采用比色法^[6],确定芦丁浓度 c 与吸光度 A 之间的标准工作曲线, $A = 13.09c + 0.003$,相关系数 $R^2 = 0.9998$ 。然后,取 2.0 mL 黄酮提取液,同样按照文献[6]的方法进行显色后,以试剂空白作参比测定吸光度值,利用标准工作曲线计算出鼠曲草黄酮的得率(为从鼠曲草粉末中所提取的黄酮的质量与鼠曲草粉末质量之比)。

2.3 总抗氧化活性的测定-磷钼络合物法

取 0.1 g 鼠曲草黄酮粉末,用体积分数 30%乙醇溶解定容到 100 mL 容量瓶中,配制成质量浓度为 1.0 mg/mL 的鼠曲草黄酮储备液,用体积分数 30%乙醇溶液稀释到所需浓度,配制 VC 溶液质量浓度为 1.0 mg/mL 作储备液。将储备液分别稀释成质量浓度为 0.10、0.15、0.20、0.25、0.30 mg/mL 的黄酮溶液和 VC 溶液的样品液。由终浓度为 0.6 mol/L 硫酸、4.0 mmol/L 钼酸铵和 28.0 mmol/L 磷酸钠的溶液配制成磷钼试剂。取 4.0 mL 磷钼试剂液和 0.4 mL 样品溶液于一系列 10 mL 的比色管中,迅速摇匀后在 95 °C 水浴中恒温 90 min。在 695 nm 波长下测定不同浓度样品溶液的吸光度 A 。平行测定 3 次,取平均值。方法详见文献[7-8]。

2.4 清除羟基自由基能力的测定-结晶紫法

将储备液稀释成质量浓度为 0.05 mg/mL 的鼠曲草黄酮溶液和 VC 溶液为样品液。取 0.5 mL 结晶紫 (0.4 mmol/L)、0.7 mL H_2O_2 溶液 (5.0 mmol/L) 和 0.7 mL $FeSO_4$ 溶液 (10.0 mmol/L) 于一系列 10 mL 的比色管中。用磷酸氢二钠-柠檬酸溶液的缓冲溶液(pH 4.0)定容至 10.0 mL,摇匀并放置 30 min,在 580 nm 波长下测其吸光度 A_b ,同时测定不加双氧水时 580 nm 波长处的吸光度 A_0 。羟基自由基的产生量可以用 $\Delta A = A_0 - A_b$ 表示。方法详见文献[9]。

样品液对羟基自由基清除率的测定:按照上述步骤在加 H_2O_2 之前分别加入 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mL 的样品液,测定其吸光度 A_s ,平行测定 3 次,取平均值。则样品溶液对羟基自由基的清除率 S 为

$$S = \frac{A_s - A_b}{A_0 - A_b} \times 100\% \quad (1)$$

2.5 清除超氧阴离子自由基能力的测定-邻苯三酚自氧化荧光动力学法

将储备液配制成质量浓度分别为 0.3、0.5、1.0 mg/mL 的黄酮溶液和 VC 溶液为样品液。方法详见文献[10]。

2.5.1 光谱条件的选择 向 1 cm 的石英比色皿中加入 2.2 mL Tris-HCl 缓冲溶液(pH 8.2)、0.1 mL 水和 0.3 mL 邻苯三酚(0.01 mol/L),混匀后立即扫描。设定灵敏度为 2, E_x 、 E_m 缝宽为 20, 固定发射波长 $E_m=508$ nm, 每隔两分钟在 $E_x=250\sim 500$ 范围内快速扫描, 得到邻苯三酚随时间变化而变化的激发光谱。重新取液, 固定激发波长 $E_x=444$ nm, 在 $E_m=450\sim 700$ nm 范围内每隔 2 min 扫描, 得到邻苯三酚随时间变化的发射光谱。

2.5.2 邻苯三酚自氧化反应速率的测定 向 1 cm 的石英比色皿中加入 2.2 mL Tris-HCl 缓冲溶液(pH 8.2)、0.1 mL 样品液和 0.3 mL 邻苯三酚(0.01 mol/L), 混匀后在激发 $E_x=444$ nm 和发射 $E_m=508$ nm 的波长条件下测定。利用 3~7 min(每隔 1 min 测定值)以时间为横坐标、相对荧光强度为纵坐标作图, 斜率为 V_s (以 0.10 mL 水代替样品溶液得到 V_0), 即邻苯三酚自氧化的反映速率。按下式计算抑制剂对 $O_2\cdot$ 的抑制率 V 为

$$V = \frac{(V_0 - V_s)}{V_0} \times 100\% \quad (2)$$

2.6 清除 DPPH 自由基的测定

将储备液稀释成质量浓度分别为 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 mg/mL 的鼠曲草黄酮溶液和 VC 溶液为样品液。取 3.5 mL 浓度为 1×10^{-4} mol/L 的 DPPH 溶液和 0.5 mL 样品液于 10 mL 的比色管中, 摇匀并放置 30 min, 倒入 1 cm 的石英比色皿, 测定 517 nm 下的吸光度 A_0 。以 3.5 mL DPPH 溶液和 0.5 mL 体积分数 30% 乙醇溶液的混合液为参比, 测定 517 nm 下的吸光度 A_1 。同样方法测定 3.5 mL 无水

乙醇和 0.5 mL 样品液混合后在 517 nm 下的吸光度 A_0 , 平行测定 3 次, 取平均值。则样品液对 DPPH 自由基的清除率为

$$\text{清除率} = \left(1 - \frac{A - A_1}{A_1}\right) \times 100\% \quad (3)$$

方法详见文献[11]。

2.7 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白过饱和脂肪酸(PUFA)过氧化体系中抗氧化活性(AOA)的测定

将储备液稀释成质量浓度分别为 0.1、0.2 和 0.3 mg/mL 的鼠曲草黄酮溶液和 VC 溶液为样品液。卵黄悬浊液用卵黄和等体积的 pH=7.45、浓度为 0.1 mol/L 的磷酸盐缓冲液(PB)配成体积比 1:1 的悬浊液, 磁力搅拌 10 min, 再用 PB 稀释成体积比 1:25 的悬液置于冰箱中备用。取 0.2 mL 体积比 1:25 的卵黄悬浊液、0.2 mL 的 25.0 mmol/L $FeSO_4$ 溶液和 0.2 mL 样品液于一系列 10 mL 离心管中, 用 PB 补充至 2.0 mL, 37 °C 培养 24 h, 取出后加入 0.5 mL 质量分数 20% 的三氯乙酸溶液(TCA)摇匀, 10 min 后再加入 1.0 mL 质量分数 0.8% 的硫代巴比妥酸溶液(TBA), 置于沸水浴 15 min, 冷却后以 3 500 r/min 的转速离心 10 min, 取上清液, 在 532 nm 波长下测定吸光度值 A ; 对照管除不加样品液外, 其它试剂同前, 所测吸光值为 A_0 , 平行测定 3 次, 取平均值。空白管以 2.0 mL PB 代替, 则样品溶液对卵黄脂蛋白脂质过氧化的抑制率为

$$\text{抑制率} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\% \quad (4)$$

方法详见文献[12]。

3 结果与讨论

3.1 鼠曲草黄酮微波提取条件的优化

按方法 2.1 进行提取, 固定其他条件, 分别测定在不同料液比、提取时间、提取温度和乙醇体积分数下的鼠曲草黄酮得率, 结果如图 1 所示。

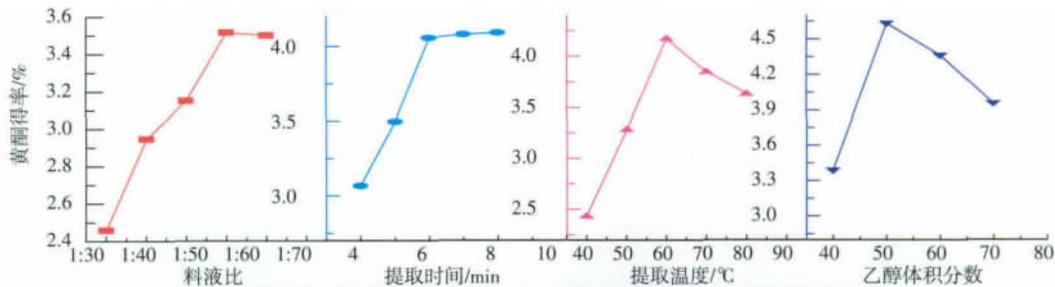


图 1 料液比、提取时间、提取温度、乙醇体积分数对黄酮得率的影响

Fig. 1 Effect of the ratio of material to liquid, time, temperature and ethanol concentration on flavones extraction

由图 1 可以看出, 随着提取液比例的增大, 黄酮提取量不断升高, 当料液比达到 1:60 时达到最高, 之后黄酮得率有所下降。这是由于鼠曲草全株密被白绵毛的特点, 随着提取液比例的增大, 浸润程度增大, 同时根据分散剂由高浓度向低浓度扩散原理, 增大提取液比例也会增进黄酮的析出。但液料比过大的时候, 会影响到物料对微波能的吸收, 导致黄酮得率下降, 故选择提取鼠曲草黄酮的料液比为 1:60。提取时间的延长促使黄酮提取量逐渐增加, 在 6 min 处达到最大, 之后保持稳定, 因此选择 6 min 为鼠曲草黄酮提取的最优时间。在微波处理温度小于 60 °C 时, 随着温度的增加, 总黄酮提取率也随着增加, 并在 60 °C 时达到最大值; 在微波处理温度大于 60 °C 以后, 过高的温度会使提取物部分分解或变性, 同时杂质溶出量增加, 提取率会明显减小^[13-14]。故微波处理温度以 60 °C 为宜。黄酮甙是由黄酮甙元与糖基构成, 黄酮甙元极性较小, 糖基极性较大, 故黄酮甙是中等极性的物质。根据“相似相溶”原则, 黄酮甙易溶于中等或中等偏上极性的溶剂中。乙醇体积分数超过 50% 时, 极性相对偏低, 黄酮甙的溶解度也降低。并且乙醇体积分数较高会使细胞蛋白质很快就凝固, 不利于乙醇向细胞内渗透^[15]。因此, 本实验中选 50% 体积分数的乙醇作为提取溶剂。

3.2 总抗氧化活性

根据实验方法 2.3, 测定样品和 VC 不同质量浓度下的吸光度, 得到其抗氧化活性强弱, 结果见图 2。

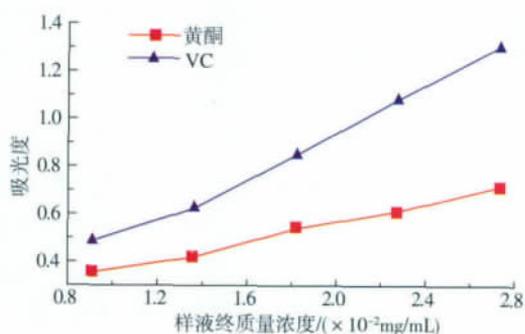


图 2 样品液终质量浓度与吸光度的关系

Fig. 2 Relationship of final concentrations of samples and absorbance

由图 2 可以看出, 样品的吸光度随质量浓度的增加而增加, 说明质量浓度越大, 其抗氧化性就越强。与抗氧化剂 VC 相比, 两倍量的鼠曲草黄酮的总

抗氧化能力约等于一倍量 VC 的总抗氧化能力。

3.3 清除羟自由基的能力

根据实验方法 2.4, 得到样品和 VC 在不同质量浓度下的吸光度, 根据公式(1)计算对羟自由基的清除率, 结果见图 3。

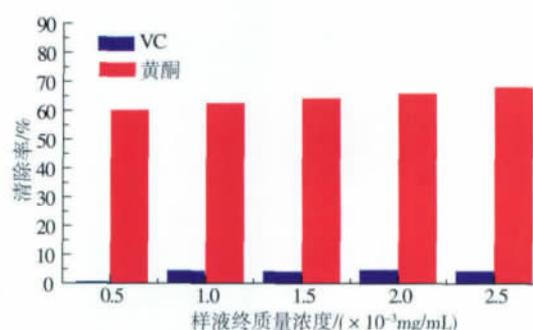


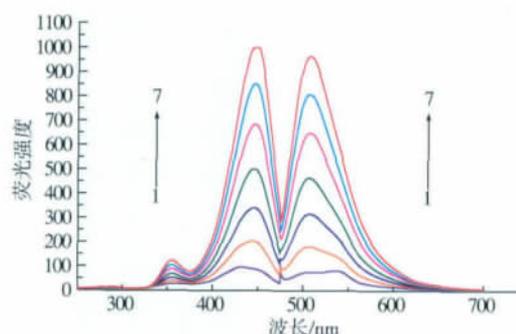
图 3 样品液终质量浓度与羟自由基清除率的关系

Fig. 3 Relationship between sample concentration and hydroxyl radical scavenging

从图 3 可以看出, 样品液对羟自由基的清除率随质量浓度的升高而变大, 同质量浓度下, 鼠曲草黄酮对羟自由基的清除能力远远大于 VC。

3.4 清除超氧阴离子自由基的能力

参照试验方法 2.5.1, 扫描邻苯三酚自氧化随时间变化的激发与发射光谱, 结果见图 4。



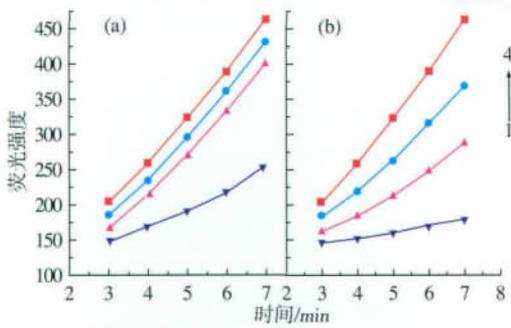
曲线 1→7 的反应时间分别为 0、2、4、6、8、10、12 min

图 4 邻苯三酚的激发光谱(左)和发射光谱(右)

Fig. 4 Excitation spectra (left) and emission spectra (right) of pyrogallol

实验表明, 邻苯三酚自氧化产物的荧光强度随时间逐渐增大, 从而得到荧光强度与时间的线性关系, 直线的斜率为邻苯三酚自氧化速率 V_0 。邻苯三酚自氧化产物的最佳激发波长和发射波长分别为 444 nm 和 509 nm。

参照试验方法 2.5.2 进行测定, 得出样品液对邻苯三酚自氧化产物的影响结果, 见图 5。



图中样品液的终质量浓度(1→4): 3.85×10^{-2} , 1.92×10^{-2} , 1.15×10^{-2} , 0 mg/mL

图5 黄酮(a)和Vc(b)荧光动力学曲线

Fig. 5 Curve of fluorescent kinetic of flavones(a) and Vc(b)

从图5可以看出,样品液的质量浓度越大则曲线斜率越小,表明样品液对邻苯三酚自氧化的抑制作用越强。按公式(2)计算得到样品液在不同质量浓度下对超氧自由基($O_2^{\cdot-}$)的抑制率,见表1。

表1 样品对超氧自由基($O_2^{\cdot-}$)的抑制率

Table 1 Inhibitory rate of sample concentration on superoxidic radicals

样液	样液质量浓度/(mg/mL)	对超氧自由基($O_2^{\cdot-}$)的抑制率/%
鼠曲草	0.3	4.77
	0.5	9.45
	1.0	59.76
VC	0.3	27.80
	0.5	51.40
	1.0	87.38

实验表明,鼠曲草黄酮在低质量浓度时对超氧自由基($O_2^{\cdot-}$)的作用不明显,但当升高其质量浓度时,其抑制力明显增强。

3.5 对DPPH自由基的清除能力

根据方法2.6,按照公式(3)计算样品液对DPPH自由基的清除率,结果见图6。

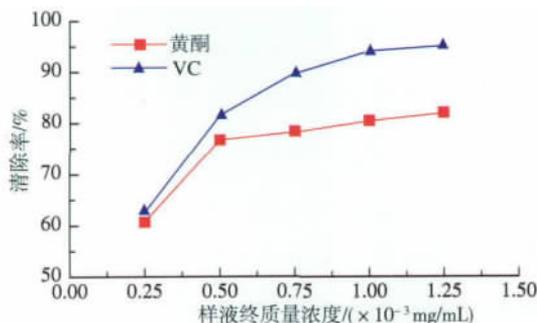


图6 样品液终质量浓度和DPPH自由基清除率的关系

Fig. 6 Relationship between sample concentration and DPPH radical scavenging

由图6可以看出,随着样液质量浓度的增大清除率也随之增大,当鼠曲草黄酮样液终质量浓度达到 $1.25 \times 10^{-3} \text{ mg/mL}$ 时,对DPPH自由基的清除率达到81.77%,略低于同质量浓度的VC。

3.6 对 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白过氧化的抑制作用

按照实验方法2.7,得到黄酮溶液和VC溶液在不同质量浓度下的吸光度,根据公式(4),计算出样品液对 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白过氧化的抑制率,结果见图7。

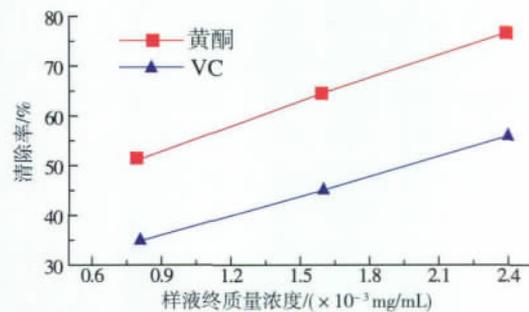


图7 样品液终质量浓度对 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白过氧化的抑制率的影响

Fig. 7 Inhibition effect of sample concentration on the peroxidation of yolk lipoprotein induced by Fe^{2+}

由图7可以看出,随着样液质量浓度的增加,对于 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白过氧化的抑制率逐渐增强,当黄酮溶液终质量浓度达到 $2.4 \times 10^{-2} \text{ mg/mL}$ 时清除率达到76.80%,高于同质量浓度的VC。

4 结论

通过实验得出微波功率固定为500 W时,微波提取的最佳工艺为:乙醇体积分数50%,料液比1:60,温度60℃,时间6 min,在此条件下得到的最高黄酮得率为4.63%。鼠曲草黄酮在总抗氧化能力、清除超氧阴离子自由基的能力、清除DPPH自由基的能力略低于抗氧化剂VC,但在清除羟自由基的能力和抑制 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白过氧化的能力上鼠曲草黄酮强于VC。结果表明,鼠曲草黄酮是一种很好的天然抗氧化剂,本实验结果为鼠曲草植物的开发利用提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 史虞花, 司民真. 鼠曲草的红外光谱分析[J]. 光散射学报, 2009, 21(4): 366-370.
SHI Yu-hua, SI Min-zhen. Comparison of FT-IR spectra of cudweed herb [J]. **The Journal of Light scattering**, 2009, 21(4): 366-370. (in Chinese)
- [2] 吕晴, 秦军, 陈桐, 等. 气相色谱-质谱法分析鼠曲草挥发油化学成分[J]. 贵州工业大学学报, 2008, 37(5): 1-3, 10.
LV Qin, QIN Jun, CHEN Tong, et al. GC-MS analysis of chemical components in volatile oil from the gnaphlium affine D. Don [J]. **Journal of Gui Zhou University of Technology**, 2008, 37(5): 1-3, 10. (in Chinese)
- [3] 潘明, 王世宽, 郭脉玺, 等. 鼠曲草黄酮类物质微胶囊化研究[J]. 食品科学, 2009, 30(12): 94-97.
PAN Ming, WANG Shi-kuan, GUO Mai-xi, et al. Microencapsulation of flavonoids from chaphalium affine D. Don [J]. **Food Science**, 2009, 30(12): 94-97. (in Chinese)
- [4] 王世宽, 潘明, 任路瑶. 大有开发前景的野生蔬菜——鼠曲草[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(4): 95-97.
WANG Shi-kuan, PAN Ming, LU Lu-yao. Great prospects for development of wild Vegetable-Gnaphlium affine D. Don [J]. **Food Research and Development**, 2005, 26(4): 95-97. (in Chinese)
- [5] 江苏新医学院. 中药大词典: 下册[M]. 上海: 上海人民出版社, 1979: 2501-2502.
- [6] 毕洁, 杨庆利, 于丽娜, 等. 花生壳黄酮乙醇提取工艺探讨[J]. 现代化工, 2008, 28(2): 316-319.
BI Jie, YANG Qing-li, YU Li-na, et al. Ethanol extraction technology of flavonoids from peanut hull [J]. **Modern Chemical Industry**, 2008, 28(2): 316-319. (in Chinese)
- [7] Ozkan G, Simsek B, Kuleasan H. Antioxidant activities of *Satureja cilicica* essential oil in butter and in vitro [J]. **J Food Eng**, 2007, 79: 1391-1396.
- [8] Kumaran A, Karunakaran R J. In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus species* from India [J]. **LWT-Food Sci Technol**, 2007, 40: 344-352.
- [9] 刘骏. 结晶紫分光光度法测定 Fenton 反应产生的羟自由基[J]. 武汉工业学院学报, 2005, 24(2): 53-55.
LIU Jun. Research on a new method of determination and elimination of free radical [J]. **Journal of Wuhan Polytechnic University**, 2005, 24(2): 53-55. (in Chinese)
- [10] 赫春香, 卢丽男, 曹璨. 荧光动力学分析新方法测定超氧自由基抑制剂的抗氧活性 [J]. 辽宁师范大学学报: 自然科学版, 2005, 28(1): 73-75.
HE Chun-xiang, LU Li-nan, CAO Can, et al. A new method of determination on antioxidant activity of scavenging on superoxide radicals by fluorescent kinetic analysis [J]. **Journal of Liaoning Normal University: Natural Science Edition**, 2005, 28(1): 73-75. (in Chinese)
- [11] 陆占国, 郭红转, 封丹. 芫荽茎叶精油成分及清除 DPPH 自由基能力研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(8): 24-27.
LU Zhan-guo, GUO Hong-zhuan, FENG Dan. Study on chemical constituents of coriander leaf essential oil and scavenging capacity against the DPPH radical [J]. **Food and Fermentation Industries**, 2006, 32(8): 24-27. (in Chinese)
- [12] 张尔贤, 俞丽君, 周意琳. Fe²⁺诱发脂蛋白 PUFA 过氧化体系及对若干天然产物抗氧化作用的评价[J]. 生物化学与生物物理学报, 1996, 28(2): 218-222.
ZHANG Er-xian, YU Li-jun, ZHOU Yi-lin. Studies on the peroxidation of polyunsaturated fatty acid from lipoprotein induced by iron and the evaluation of the anti-oxidative activity of some natural products [J]. **Acta Biochimica et Biophysica Sinica**, 1996, 28(2): 218-222. (in Chinese)
- [13] 乔良博, 林华卫, 马雄, 等. 微波辅助提取花生壳中总黄酮的提取工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(4): 34-37.
QIAO Liang-bo, LIN Hua-wei, MA Xiong, et al. Study on microwave-assisted extraction technology of the flavonoids from peanut hull [J]. **Food and Fermentation Technology**, 2011, 47(4): 34-37. (in Chinese)
- [14] 李云志, 曾凡骏, 李帆. 元宝枫叶总黄酮的提取研究[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(1): 27-31.
LI Yun-zhi, ZENG Fan-jun, LI Fan. The extraction of flavonoids from the leaves of acer truncatum bunge [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2006, 25(1): 27-31. (in Chinese)
- [15] 刘俊, 黄少伟, 张越非, 等. 微波辅助提取土茯苓总黄酮[J]. 中药材, 2007, 30(12): 1591-1595.
LIU Jun, HUANG Shao-wei, ZHANG Yue-fei. Extracting flavonoids from smilax glabra by microwave-assisted method [J]. **Journal of Chinese Medicinal Materials**, 2007, 30(12): 1591-1595. (in Chinese)