

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.05.004

金银忍冬果实色素的提取及其理化性质研究

王立志¹, 唐克华¹, 王祥红², 化雪艳¹

(1. 吉首大学 林产化工工程湖南省重点实验室, 湖南 张家界 427000;
2. 广东省珠海市 丽珠集团丽珠医药研究所, 广东 珠海 519020)

摘要: 研究了金银忍冬果实色素的提取工艺条件和基本性质。结果表明: 金银忍冬果色素的最佳提取工艺条件为 80 °C 的提取温度、45 min 的提取时间及 1:8 的料液比。金银忍冬果色素对自然光、紫外线、高温、VC、H₂O₂ 和 Na₂SO₃ 的耐受性较差, 但葡萄糖、蔗糖和柠檬酸对色素溶液几乎无影响; Na⁺, Ca²⁺, Al³⁺ 等金属盐离子对果色素的影响很小; 果色素在 pH ≤ 3 的环境中保持红色色泽, 但其红色在中性和碱性环境下被完全破坏。根据这一研究结果, 可确定金银忍冬果色素具备作为天然色素使用的基础性能, 可作为天然色素资源予以开发利用。

关键词: 金银忍冬; 色素; 提取; 稳定性

中图分类号: TS202.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)05-0015-06

Study on the Extraction and Physicochemical Properties of *Lonicera Maackii* Fruit Pigment

Wang Lizhi¹, Tang Kehua¹, Wang Xianghong², Hua Xueyan¹

(1. Hunan Provincial Key Laboratory of Forest Products and Chemical Engineering,
Jishou University, Zhangjiajie Hunan 427000, China;
2. Lizhu Medicinal Research Institute of Lizhu Group, Zhuhai Guangdong 519020, China)

Abstract: Studied the extraction and basic properties of the *Lonicera Maackii* fruit pigment. Results show that the optimal extraction conditions are as follows: extraction temperature 80 °C, extraction time 45 min and ratio of material to solvent 1:8(g/mL); and the pigment exhibits a poor stability to sunshine, heat, VC, hydrogen peroxide and sodium sulfite. Glucose, sucrose and citric acid as well as the metal ions of Na⁺, Ca²⁺, Al³⁺ exhibit no negative or little effect on the pigment stability; the pigment preserves red color at pH ≤ 3, and in neutral and alkaline environment the color is completely destroyed. The result indicates that the pigment of *Lonicera Maackii* fruit has basic properties of the natural pigment and can be used as natural pigment resources to be developed.

Keywords: *Lonicera Maackii* (Rupr.) Maxim; pigment; extraction; stability

收稿日期: 2012-08-30

基金项目: 湖南省高校“林产资源化学与林化产品开发”科技创新团队支持计划基金资助项目(湘教通[2010]-212), 湖南省研究生科技创新基地基金资助项目(201203A)

作者简介: 王立志(1985-), 男, 湖南衡阳人, 吉首大学硕士生, 主要研究方向为林产化学加工工程,

E-mail: hncuwz@yeah.net

通信作者: 唐克华(1965-), 男, 湖南张家界人, 吉首大学教授, 硕士生导师, 主要从事植物化学与林产资源产业化开发方面的教学与研究, E-mail: tkhthllh@126.com

0 引言

食品添加剂的诞生和应用显著促进了现代食品工业的发展,但人们对食品色泽、香味、口感的要求越来越高。食用色素作为现代食品工业中的一类重要添加剂,其市场需求量越来越大。随着科技的发展以及科研工作者广泛而深入的研究,发现原来应用于食品领域的合成色素中有不少品种具有严重的慢性毒性和致癌性,而天然色素不仅应用的安全性较高,色调柔和,能再现大自然的色彩,且有些天然色素还具有一定的生理活性或功能^[1-3]。因此,天然色素逐渐替代了合成色素在食品领域中的应用。同时,天然色素的应用也提高了消费者对食品安全的信赖度^[1-3]。

金银忍冬 (*Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim.), 又名金银木、鸡骨头树、王八骨头等,为忍冬科忍冬属的一种落叶灌木,为金银花的同属植物。金银忍冬广泛分布于我国东北、华北、西北地区,资源非常丰富^[4]。已有相关研究表明,野生金银忍冬具有多种营养成分^[5],不仅可全株入药^[6],还可作为庭院和城市绿化^[7]、观赏树种^[8]。国内外科研人员近年来在嫁接^[9]、扦插^[10]、种子萌发^[11]、催芽^[12]等培育技术及其化学成分^[13-16]方面对金银忍冬做了大量研究,但对其果实色素的提取以及应用研究报道较少^[17]。故本研究拟以金银忍冬果实为原料,提取其果实中的天然色素,用分光光度法研究并确定色素提取的最佳条件,以及提取的果色素对氧化剂、还原剂、食品添加剂、光热和温度的稳定性,以期为其进一步开发提供一定的参考依据。

1 实验材料与方法

1.1 材料与试剂

本研究中所使用的主要材料为野生金银忍冬果实,为本科研小组人员于2011年11月采自张家界市永定区崇山,分布海拔为700~1 000 m,样本经天门山国家森林公园黄宏全高级工程师分类并鉴定种属。挑选色泽鲜艳、无病虫害的鲜果实,洗净后置吸水纸上阴干备用。

浓盐酸、无水乙醇、石油醚、无水乙醚、正丁醇、乙酸乙酯、氢氧化钠、亚硫酸钠、30%双氧水、抗坏血酸、葡萄糖、蔗糖、乳糖、氯化钠、氯化钙、硫酸铜、氯化亚铁等,均为国产分析纯试剂;实验用水为自制蒸馏水。

1.2 仪器与设备

UV757CRT型紫外可见分光光度计,上海精密科

学仪器有限公司;R215型旋转蒸发仪,瑞士BUCHI公司;HH数显电热恒温水浴锅,江苏金坛金城国胜实验仪器厂;AL204型电子天平,梅特勒-托利多仪器上海有限公司;HM-35V pH计,日本TOA公司;LD5-2A型离心机,北京医用离心机厂。

1.3 方法

1.3.1 色素的提取与精制

金银忍冬果实色素的提取工艺流程为:取新鲜金银忍冬果实→洗净→研碎→乙醇浸提→提取液→减压抽滤除杂质→色素粗提液→减压浓缩→色素浓缩液→有机溶剂萃取精制→精制色素液(色素理化性质测定样本)。

1.3.2 色素的光谱特性

分别取5 mL色素粗提液和色素精制液,在200~800 nm范围内进行扫描测定,得到色素样液的吸收光谱图,确定该色素溶液的最大光吸收波长(λ_{\max})和最大吸光度值。

1.3.3 提取条件的正交试验

参照唐克华等^[18-19]的研究方法,以无水乙醇为溶剂,选择料液比、提取时间、提取温度等因素,每因素拟定3个水平值(见表1),采用 $L_9(3^4)$ 正交试验方法优化加热浸提工艺,每个工艺组的取样量保持完全一致,以提取色素液定容到相等体积后在 $A_{511\text{nm}}$ 的吸光度值为各工艺组提取效率的指标。

表1 色素提取优化工艺的正交试验因素水平表

Table 1 Table of orthogonal test factors level for pigment extraction optimization process

水平	因素		
	提取温度/℃	提取时间/min	料液比/(g·mL ⁻¹)
1	60	15	1:3
2	70	30	1:5
3	80	45	1:8

1.4 色素的稳定性

1.4.1 pH值对色素稳定性的影响

量取6份精制色素液各5 mL,并以蒸馏水稀释到15 mL,再在室温下用浓度为0.1 mol/L的HCl和NaOH调整其pH值为1.00, 3.00, 5.00, 7.00, 9.00, 11.00。然后,在380~600 nm范围内扫描测定其吸收光谱,得到其最大光吸收波长 λ_{\max} 和该处的吸光度值 A (因实际测得 λ_{\max} 是511 nm,故其他稳定性研究均以 $A_{511\text{nm}}$ 表示色素样液的吸光度值),同时观察记录加入酸、碱时的色素样液颜色变化情况。

1.4.2 光对色素稳定性的影响

取10 mL精制色素液,并且用蒸馏水定容至30 mL。取稀释好的色素液,分别置于紫外灯和自然光

下,每隔一定时间,测定其 $A_{511\text{nm}}$,并且观察溶液颜色的变化。

1.4.3 温度对色素稳定性的影响

取10 mL精制色素液,并用蒸馏水定容至30 mL,然后置于不同温度下的恒温水浴锅中,加热不同时间后迅速冷却至室温,测定其 $A_{511\text{nm}}$,并观察溶液颜色的变化。

1.4.4 金属离子对色素稳定性的影响

取10 mL精制色素液,并用蒸馏水定容至20 mL,然后加入浓度为0.1 mol/L的金属盐离子溶液10 mL,测定其 $A_{511\text{nm}}$,并观察溶液颜色变化,且以同浓度的金属盐离子溶液作参比。

1.4.5 氧化还原剂对色素稳定性的影响

取3 mL精制色素液,并用蒸馏水稀释1倍,然后加入3 mL不同体积分数的 H_2O_2 和不同质量浓度的 Na_2SO_3 溶液,静置1 h后,测定其 $A_{511\text{nm}}$,并观察溶液颜色的变化。

1.4.6 碳水化合物对色素稳定性的影响

取3 mL精制色素液,并用蒸馏水稀释1倍,然后加入3 mL不同质量浓度的葡萄糖和蔗糖溶液,静置6 h后,测定其 $A_{511\text{nm}}$,并观察溶液颜色的变化。

1.4.7 柠檬酸和VC对色素稳定性的影响

取3 mL精制色素液,并用蒸馏水稀释1倍,然后加入3 mL不同质量浓度的柠檬酸和VC溶液,静置3 h后,测定其 $A_{511\text{nm}}$,并观察溶液颜色的变化。

2 结果与分析

2.1 金银忍冬果实色素的光谱特性

图1所示为金银忍冬果实无水乙醇浸提制备的色素粗提液的吸收光谱图。

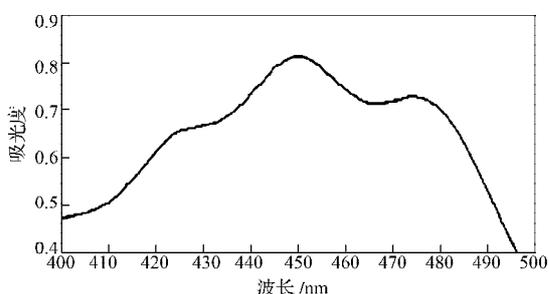


图1 金银忍冬果实色素粗提液的吸收光谱

Fig. 1 Absorption spectrum of the pigment crude extract from *Lonicera maackii* fruit

由图1可看出,实验用金银忍冬果实色素无水乙醇溶液(粗提液)的最大光吸收波长在450 nm处。

图2所示为金银忍冬果实色素粗提液经精制后以蒸馏水稀释的样液的吸收光谱图。

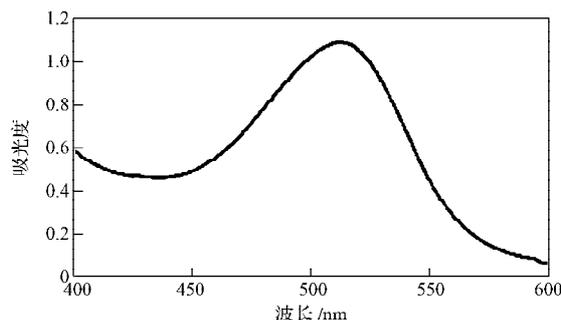


图2 金银忍冬果实色素精制液的水稀释液吸收光谱

Fig. 2 Absorption spectrum of the purified pigment from *Lonicera maackii* fruit in distilled water

根据图2,可知色素液精制后以蒸馏水稀释的样液的最大光吸收波长在511 nm处。因研究金银忍冬果实色素理化性质均采用精制色素液稀释处理,故均以511 nm波长下的吸光度作为分析依据。

2.2 金银忍冬果实色素的提取工艺

表2所示为金银忍冬果实色素提取工艺的正交试验结果。

表2 正交试验结果

Table 2 Results of orthogonal test

试验号	A 提取温度 / ℃	B 提取时间 / min	C 料液比 / (g · mL ⁻¹)	D 空列	$A_{450\text{nm}}$
1	60	15	1:3	1	0.435
2	60	30	1:5	2	0.691
3	60	45	1:8	3	0.946
4	70	15	1:5	3	0.632
5	70	30	1:8	1	0.976
6	70	45	1:3	2	0.440
7	80	15	1:8	2	0.798
8	80	30	1:3	3	0.560
9	80	45	1:5	1	1.171
K_1	2.072	1.865	1.435	2.582	
K_2	2.048	2.227	2.494	1.929	
K_3	2.529	2.557	2.720	2.138	
R	0.481	0.692	1.285	0.653	

根据表2所示正交试验结果,可根据其极差值R判断影响金银忍冬果实色素无水乙醇浸提的因素次序大小是:C>B>A,即料液比>提取时间>提取温度;提取金银忍冬果实色素的最佳工艺组合方案是C₃-B₃-A₃,该方案恰好落在第9工艺组合,即提取温度为80℃、提取时间为45 min、料液比为1:8。在该工艺条件下,金银忍冬果实色素液的吸光度值达1.171。

2.3 金银忍冬果实色素的稳定性

2.3.1 pH值的影响

在1.00~11.00范围内调节金银忍冬果实色素精制

液的 pH 值, 然后对相应 pH 值的色素液进行扫描, 所得结果见表 3。

表 3 pH 值对色素光谱性质及稳定性的影响

Table 3 Effects of pH value on the spectral property and the stability of pigment

pH 值	颜色	λ_{\max}	$A_{511\text{nm}}$
1.00	粉红色	371	0.715
3.00	淡粉红色	-	0.155
5.00	浅黄色	-	0.100
7.00	黄绿色	401	0.365
9.00	黄绿色	404	0.347
11.00	草绿色	426	0.339

由表 3 可知, 金银忍冬果实色素液随着 pH 值的升高, 其最大光吸收波长呈明显的红移趋势, 颜色由粉红色向浅黄色和草绿色转变。据表 3 的结果显示, 金银忍冬果实色素在 $\text{pH} \leq 3$ 的环境中能保持红色色泽, 但在中性、碱性条件下的稳定性较差。因此, 该果实色素应在 $\text{pH} \leq 5.00$ 的酸性环境条件中提取、贮藏和应用。

2.3.2 温度的影响

实验所得温度对金银忍冬果实色素稳定性的影响结果如表 4 所示。

表 4 温度对色素稳定性的影响

Table 4 Effects of temperature on the stability of pigment

时间 /min	处 理 温 度 / $^{\circ}\text{C}$				
	50	60	70	80	90
0	0.732	0.732	0.732	0.732	0.732
20	0.699	0.690	0.695	0.678	0.644
40	0.703	0.705	0.694	0.660	0.592
60	0.698	0.698	0.715	0.642	0.569
120	0.707	0.741	0.751	0.596	0.484

由表 4 可知, 高温及热处理时间长度对色素稳定性均存在一定程度的影响。在 70°C 条件下, 色素较稳定, 其颜色未发生变化; 当温度为 80°C 或 90°C 时, 色素溶液的吸光度随加热时间延长而逐渐减小, 其粉红色变淡, 颜色越来越浅。该结果说明金银忍冬果实色素耐高温性不强, 在使用时应尽量避免 80°C 以上的高温环境。

2.3.3 光照的影响

实验所得光照对金银忍冬果实色素稳定性的影响结果如表 5 所示。

据表 5, 色素在自然光下放置 30 d, 虽然其颜色未发生明显变化, 但吸光度明显减小。精制色素液在连续 8 h 紫外光照射下, 吸光度值仅发生很小的波动, 但色素液颜色未发生显著变化。该结果反映金

银忍冬果实色素在保存和使用的时候应尽量避免长时间光照。

表 5 光照对色素稳定性的影响

Table 5 Effects of sunlight and ultraviolet on the stability of pigment

项目	自然光光照时间 /d				
	0	5	10	20	30
$A_{511\text{nm}}$	0.681	0.659	0.623	0.610	0.590
颜色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色
项目	紫外光光照时间 /h				
	0	2	4	6	8
$A_{511\text{nm}}$	0.720	0.716	0.712	0.712	0.730
颜色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色	粉红色

2.3.4 金属盐离子的影响

金属盐离子对金银忍冬果实色素稳定性的影响结果见表 6。

表 6 金属盐离子对色素稳定性的影响

Table 6 Effects of metallic ions on the stability of pigment

金属离子	颜色	时 间 /h			
		0	4	20	24
对照	粉红色	0.724	0.724	0.724	0.726
Na^+	粉红色	0.721	0.726	0.725	0.715
Mg^{2+}	粉红色	0.715	0.719	0.720	0.711
Mn^{2+}	粉红色	0.712	0.716	0.718	0.701
Al^{3+}	粉红色	0.724	0.726	0.730	0.717
Fe^{2+}	粉红色	0.727	0.731	0.737	0.725
Ca^{2+}	粉红色	0.724	0.728	0.732	0.722
Cu^{2+}	粉红色	0.719	0.718	0.717	0.709

由表 6 中的数据可看出, 金属盐离子对金银忍冬果实色素的性能影响不显著。在测试的相关金属盐离子溶液中, 色素液在处置 48 h 时的颜色和吸光度值均变化极小。

2.3.5 氧化剂和还原剂的影响

实验所得氧化剂和还原剂对金银忍冬果实色素稳定性的影响结果见表 7。

表 7 氧化剂和还原剂对色素稳定性的影响

Table 7 Effects of oxidant and reductant on the stability of pigment

H_2O_2 处理			Na_2SO_3 处理		
体积分数 / %	$A_{511\text{nm}}$	颜色	质量浓度 / ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	$A_{511\text{nm}}$	颜色
0	0.749	粉红色	0	0.337	粉红色
0.1	0.378	淡粉红色	1	0.348	淡粉红色
0.3	0.180	无色	3	0.208	无色
0.5	0.148	无色	5	0.174	无色
0.7	0.143	无色	7	0.147	无色
0.9	0.141	无色	9	0.139	无色

据表7可看出, H_2O_2 和 Na_2SO_3 对金银忍冬果实色素的影响较显著, 二者都能导致其吸光度和溶液颜色发生明显改变。当加入 3 mL 体积分数为 0.1% 的 H_2O_2 时, 色素溶液变为淡粉红色; 加入 H_2O_2 的体积分数增大, 其红颜色则很快变浅; 当加入体积分数为 0.3% 的 H_2O_2 时, 色素溶液呈无色状态。加入 Na_2SO_3 时, 色素吸光度值和颜色的变化同样很显著。以质量浓度大于 3 mg/mL 的 Na_2SO_3 处理时, 色素液的红色消失并呈无色。因此, 金银忍冬果实色素抗氧化剂和还原剂的能力较差。

2.3.6 糖类的影响

实验所得单糖和双糖对金银忍冬果实色素稳定性的影响结果见表8。

表8 糖类对色素稳定性的影响

Table 8 Effects of glucose and sucrose on the stability of pigment

葡萄糖处理			蔗糖处理		
质量浓度 / (mg · mL ⁻¹)	A_{511nm}	颜色 变化	质量浓度 / (mg · mL ⁻¹)	A_{511nm}	颜色 变化
0	0.749	粉红色	0	0.749	粉红色
10	0.740	粉红色	10	0.745	粉红色
30	0.739	粉红色	30	0.747	粉红色
50	0.736	粉红色	50	0.740	粉红色
70	0.733	粉红色	70	0.741	粉红色
90	0.747	粉红色	90	0.739	粉红色

由表8可知, 在一定质量浓度范围内, 添加葡萄糖和蔗糖对色素溶液的吸光度值几乎没有影响, 溶液的颜色未发生改变, 这表明色素在单糖和双糖中的性质稳定。

2.3.7 柠檬酸和VC的影响

实验所得柠檬酸和VC对金银忍冬果实色素稳定性的影响结果见表9。

表9 柠檬酸和VC对色素稳定性的影响

Table 9 Effects of citric acid and VC on the stability of pigment

柠檬酸处理			VC处理		
质量浓度 / (mg · mL ⁻¹)	A_{511nm}	颜色 变化	质量浓度 / (mg · mL ⁻¹)	A_{511nm}	颜色 变化
0	0.749	粉红色	0	0.749	粉红色
10	0.731	粉红色	10	0.718	粉红色
30	0.743	粉红色	30	0.681	粉红色
50	0.745	粉红色	50	0.664	粉红色
70	0.742	粉红色	70	0.637	粉红色
90	0.757	粉红色	90	0.623	粉红色

据表9中的数据, 质量浓度在 10~90 mg/mL 范围的柠檬酸对色素的稳定性没有影响。但色素液随着VC质量浓度从 10~90 mg/mL 的增大, 其吸光度值显

著降低, 但溶液的颜色上看不出明显变化。

3 结论

1) 金银忍冬果实色素的无水乙醇粗提液的最大光吸收波长为 450 nm, 而其精制液蒸馏水稀释液的最大光吸收波长为 511 nm。

2) 金银忍冬果实色素最佳无水乙醇浸提工艺条件的正交试验优化结果是: 提取温度为 80 °C、提取时间为 45 min、料液比为 1:8。此条件下果色素的吸光度值达 1.171。

3) 80 °C 以上的高温处理-连续的自然光和紫外光照射- H_2O_2 和 Na_2SO_3 处理及质量浓度为 30 mg/mL 以上的VC处理, 都会对色素溶液的稳定性产生较大影响; 糖类、柠檬酸几乎不影响色素溶液的稳定性; Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} 等金属盐离子对色素的稳定性影响不显著。色素溶液在 pH >5.00 的环境中易受破坏, 较适于在 pH ≤ 3.00 的强酸性环境中使用。根据色素稳定性研究的初步结果, 认为该色素可作为强酸性、非高温环境中使用的天然色素资源。

本研究的部分结果与胡春霞等^[17]的研究存在一定差异, 可能是由于提取色素时使用无水乙醇和 95% 含水乙醇^[17]的差异引起的。

参考文献:

- [1] 卢雪华, 成 坚, 白卫东. 我国食用色素工业的现状及其对策[J]. 中国调味品, 2010, 35(5): 35-39.
Lu Xuehua, Cheng Jian, Bai Weidong. Present Situation and Countermeasures of the Food Pigment Industry in Our Country[J]. China Condiment, 2010, 35(5): 35-39.
- [2] 赵 鑫. 植物天然色素研究进展[J]. 轻工科技, 2012(4): 16-19.
Zhao Xin. Progresses on Natural Pigments of Plant[J]. Light Industry Science and Technology, 2012(4): 16-19.
- [3] 王丽霞, 刘 坤, 张秀媛. 植物性天然色素的研究进展[J]. 北方园艺, 2011(17): 208-211.
Wang Lixia, Liu Kun, Zhang Xiuyuan. Research Progress on Natural Pigments of Plant[J]. Northern Horticulture, 2011(17): 208-211.
- [4] 谷中村, 陈功锡, 黄玉莲, 等. 湘西药用植物概览[M]. 西宁: 青海人民出版社, 2004: 256.
Gu Zhongcun, Chen Gongxi, Huang Yulian, et al. An Overview of Xiangxi Medicinal Plants[M]. Xining: Qinghai People's Publishing House, 2004: 256.
- [5] 李 昉. 野生植物金银忍冬营养成分的测定[J]. 化学与生物工程, 2007, 24(1): 77-78.
Li Fang. Determination of Nutritional Components of Wild

- Plant *L. Maackii* Rupr. Maxim[J]. Chemistry & Bioengineering, 2007, 24(1): 77-78.
- [6] 朱有昌. 东北药用植物[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1989: 1061.
- Zhu Youchang. Northeast Medicinal Plants[M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 1989: 1061.
- [7] 李战国. 优良观赏树种: 金银木[J]. 林业实用技术, 2003(10): 43.
- Li Zhanguo. Excellent Ornamental Tree Species: *Lonicera Maackii*[J]. Forest Science and Technology, 2003(10): 43.
- [8] 沈夏淦. 优良观花观果的灌木“金银木”[J]. 西南园艺, 2004, 32(3): 34-35.
- Shen Xiagan. Excellent Ornamental Flower and Fruit Shrub “*Lonicera Maackii*”[J]. Southwest Horticulture, 2004, 32(3): 34-35.
- [9] 李军, 王中田. 用金银木嫁接金银花技术[J]. 山东林业科技, 2002(5): 23.
- Li Jun, Wang Zhongtian. The Technology With *Lonicera Maackii* Grafting Honeysuckle[J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2002(5): 23.
- [10] 田丽. 金银忍冬播种和绿枝扦插育苗[J]. 中国林副特产, 2003(3): 49.
- Tian Li. Seedling Production by Seeding and Branch Cutting for *Lonicera Maackii*[J]. Quarterly of Forest By-Product and Speciality in China, 2003(3): 49.
- [11] 安蒲媛, 孙秀琴. 三种灌木种子萌发特性的研究[J]. 林业科技通讯, 1995(9): 11-13.
- An Puyuan, Sun Xiuqin. Research of Germination Characteristics of Three Kinds of Shrub Seeds[J]. Forest Science and Technology, 1995(9): 11-13.
- [12] 张文庆, 王勤, 屠强, 等. 金银忍冬种子人工催芽试验[J]. 特产研究, 2003, 25(2): 24-26.
- Zhang Wenqing, Wang Qin, Tu Qiang, et al. The Experiment on Accelerating Germination of *Lonicera Maackii* Maxim. Seeds[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2003, 25(2): 24-26.
- [13] 于俊林, 孙仁爽, 吕红, 等. 金银忍冬和黄花忍冬花及花蕾中绿原酸的HPLC法测定[J]. 中草药, 2008, 39(11): 1738-1739.
- Yu Junlin, Sun Renshuang, Lü Hong, et al. Determination of Chlorogenic Acid in Flowers and Buds of *Lonicera Maackii*, *Lonicera Chrysantha* Turcz. by HPLC Method [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2008, 39(11): 1738-1739.
- [14] 王翔, 许延芳, 陈月开, 等. 金银木粗脂肪、维生素C和类胡萝卜素的含量分析[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2011, 34(1): 143-146.
- Wang Xiang, Xu Yanfang, Chen Yuekai, et al. Content Analysis of Crude Fat, Vitamin C and Carotenoid in *Lonicera Maackii* Maxim[J]. Journal of Shanxi University: Natural Science Edition, 2011, 34(1): 143-146.
- [15] 姬晓灵, 雍建平, 汪岭. 金银忍冬果实中挥发性成分的GC-MS分析[J]. 光谱实验室, 2011, 28(6): 378-380.
- Ji XiaoLing, Yong Jianping, Wang Ling. Volatile Constituents of *Lonicera Maackii* Fruit by GC-MS[J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2011, 28(6): 378-380.
- [16] 王广树, 周小平, 袁升杰, 等. 金银忍冬果实中化学成分的研究[J]. 中国药物化学杂志, 2010, 20(3): 211-213.
- Wang Guangshu, Zhou Xiaoping, Yuan Shengjie, et al. Chemical Constituents in the Fruits of *Lonicera Maackii*[J]. Chinese Journal of Medicinal Chemistry, 2010, 20(3): 211-213.
- [17] 胡春霞, 张沙艳. 金银忍冬果实色素的提取及稳定性研究[J]. 当代化工, 2009, 38(2): 113-115.
- Hu Chunxia, Zhang Shayan. Research on Extraction and Stability of the Pigment of the *Lonicera Maackii* Fruit[J]. Contemporary Chemical Industry, 2009, 38(2): 113-115.
- [18] 唐克华, 于华忠, 熊玉双. 二乔木兰花红色素的微波辅助提取工艺与特性[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 391-395.
- Tang Kehua, Yu Huazhong, Xiong Yushuang. Study on the Microwave-Assisted Extraction of Red Pigments from *Magnolia Soulangeana* Flower and Its Properties[J]. Food Science, 2006, 27(10): 391-395.
- [19] 唐克华. 红檵木花色素的组分与性质及应用性能研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2008.
- Tang Kehua. Studies on Composition, Property and Applications of the Pigments from *Loropetalum Chinense* Var. *Rubrum* Flower[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2008.

(责任编辑: 廖友媛)