

冬天麻与春天麻的有效成分比较及质量评价

肖佳佳¹ 雷有成^{1,2} 林廷文¹ 陈燕¹ 高姗姗¹ 张兴国³ 张大全⁴ 吕光华¹

(1 成都中医药大学药学院, 中药材标准化教育部重点实验室, 中药资源系统研究与开发利用省部级共建国家重点实验室培育基地, 成都, 611137; 2 海思科药业集团股份有限公司, 成都, 611130; 3 西南交通大学中药研究所, 成都, 610031; 4 金口河森宝有限公司, 乐山, 614700)

摘要 目的: 冬天麻和春天麻为不同季节采收的天麻, 其价格差异很大, 但质量差异不明确。为此, 以天麻中具有中枢神经系统活性的天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷为指标, 评价两者质量。方法: 从不同产地收集了 15 份冬天麻和 11 份春天麻样品, 采用 HPLC-DAD 法测定这 3 种有效成分的含量; 结合性状鉴定和统计学分析, 比较冬天麻和春天麻的质量, 分析天麻中这 3 种有效成分的含量与天麻不同商品规格和产地之间的相关性。结果: 春天麻中天麻素和对羟基苯甲醇的含量之和 (0.766%, $n=11$) 为冬天麻 (0.628%, $n=15$) 的 1.22 倍; 春天麻中天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的含量之和 (0.787%, $n=11$) 为冬天麻 (0.653%, $n=15$) 的 1.21 倍; 但这两项指标均无统计学意义 ($P>0.05$)。四川产天麻中天麻素和对羟基苯甲醇之和以及这 3 种有效成分的含量之和均高于陕西和云南。结论: 建立的 HPLC 法可准确测定天麻中天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的含量。以这 3 种有效成分含量为指标, 春天麻质量优于冬天麻, 四川产天麻的质量优于陕西和云南。

关键词 天麻; 天麻素; 对羟基苯甲醇; 腺苷; 含量测定; 质量评价

Comparison of Bioactive Compounds in Winter Tianma and Spring Tianma for Quality Assessment

Xiao Jiajia¹, Lei Youcheng^{1,2}, Lin Tingwen¹, Chen Yan¹, Gao Shanshan¹, Zhang Xingguo³, Zhang Daquan⁴, Lyu Guanghua¹

(1 Key Laboratory of Education Ministry in China for Standardization of Chinese Materia Medica, School of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China; 2 Haisco Pharmaceutical Group Co., LTD., Chengdu 611130, China; 3 Institute of Chinese Materia Medica, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 4 Jinkouhe Senbao Co., LTD., Leshan 614700, China)

Abstract Objective: The prices are significant difference between Winter Tianma (WTM, harvested in winter) and Spring Tianma (STM, harvested in spring), but their quality are not known. An HPLC method was therefore developed to quantify the amounts of gastrodin, p-hydroxybenzylalcohol and adenosine in Tianma samples, which were detected at their maximum absorbance wavelengths to assess the quality of WTM and STM. **Methods:** 15 WTM and 11 STM samples were collected and quantified the levels of the three bioactive compounds. Combined with the morphological characteristics, the correlation between the various Tianma samples with their commercial specification and cultivation areas were further studied. **Results:** The results indicates that the sum of gastrodin and p-hydroxybenzylalcohol in STM (0.766%, $n=11$) was 1.22 folds of that in WTM (0.628%, $n=15$), while the total amount of gastrodin, p-hydroxybenzylalcohol and adenosine in STM (0.787%, $n=11$) was 1.21 folds of that in WTM (0.653%, $n=15$). But their differences were not significance ($P>0.05$). Moreover, both the sum of gastrodin and p-hydroxybenzylalcohol, and the sum of gastrodin, p-hydroxybenzylalcohol and adenosine in WTM samples harvested in Sichuan were higher than those in Shaanxi and Yunnan of China. **Conclusion:** It is concluded that the developed HPLC method is accurate to quantify the amounts of gastrodin, p-hydroxybenzylalcohol and adenosine in Tianma samples. On the basis of the three bioactive compounds, the quality of STM is better than WTM, and the quality of WTM cultivated in Sichuan of China is better than those in Shaanxi and Yunnan.

Key Words Gastrodia Tuber; Gastrodin; P-hydroxybenzylalcohol; Adenosine; Quantification; Quality assessment

中图分类号: R284.1 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1673-7202.2016.01.004

天麻为名贵中药, 具有息风止痉, 平抑肝阳, 祛风通络之功效; 来源于兰科植物天麻 *Gastrodia elata* Bl. 的干燥块茎^[1]; 于立冬后至清明前采挖。冬季采挖的天麻习称为“冬天麻”, 为人工栽培, 又称为“栽培天麻”。春季采挖的天麻称为“春天麻”或“野生天麻”。由于人工栽培的春天麻和野生天麻均有

残留的茎基, 在中药市场上常把春季采挖的栽培天麻当成野生天麻销售, 价格较高。在商品流通中, 栽培天麻 (冬天麻)、野生天麻 (春天麻) 的性状特征和价格差异很大, 但是, 基于有效成分的质量评价未见系统的研究报道。

在《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药

典》2010年版中,以天麻素为指标控制天麻的质量;在2015年版中,则以天麻素与对羟基苯甲醇之和为天麻质量的评价指标^[1]。而天麻含酚类、氨基酸、多糖类、甾醇类和有机酸类等多种有效成分^[2-5],尤其是天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷均对中枢神经系统具有抗惊厥、抗焦虑、催眠、镇痛、保护神经细胞等作用^[6-15]。这些有效成分对天麻传统治疗的病症如头痛眩晕、癫痫抽搐,手足不遂,小儿惊风,破伤风,肢体麻木,风湿痹痛等有效。可见,天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷均为天麻有效成分。为此,我们通过优化供试品溶液的制备方法、色谱条件等,建立了在天麻素、对羟基苯甲醇、腺苷各成分最大吸收波长检测的HPLC方法;并收集、测定了27份冬天麻和春天麻等不同商品规格的样品,比较这3种有效成分的含量,评价天麻的质量,以期为临床应用提供科学依据。

1 仪器与试剂

1.1 仪器 Agilent 1200型高效液相色谱仪(美国),配置G1322A真空在线脱气机,G1311A四元梯度泵,G1329B自动进样仪,G1316A柱温箱,G1315C二极管阵列检测器;KH-250DB型数控超声波清洗仪(昆山禾创超声仪器有限公司);BSA224S型电子天平($d=0.1\text{ mg}$)和BP211D型电子天平($d=0.01\text{ mg}$)(北京赛多利斯科学仪器有限公司)。

1.2 试剂 天麻素(批号:110807-200205)和腺苷(批号:110879-200202)购于中国食品药品检定研究院;对羟基苯甲醇(批号:H20806)购于美国Sigma-aldrich公司;乙腈为色谱纯(美国Sigma-aldrich公司);甲醇、无水乙醇等均为分析纯(成都市科龙化工试剂厂);超纯水由优普超纯水制造系统(四川优普超纯科技有限公司)制备。

1.3 药材 27份天麻样品分别从四川、陕西、云南、重庆等地收,均为兰科植物天麻*Gastrodia elata* Bl.的干燥块茎。其中,冬天麻样品15份,春天麻样品11份,采收种子后的天麻块茎1份。由成都中医药大学药学院中药鉴定教研室吕光华教授鉴定。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 色谱柱为Alltima₁₈(4.6 mm×250 mm,5 μm);流动相为乙腈(A)-0.1%磷酸溶液(B),梯度洗脱(0~11 min,3%~5% A;11~18 min,5% A;18~31 min,5~14% A);流速1.0 mL·min⁻¹;柱温35℃;检测波长220 nm(天麻素、羟基苯甲醇)和260 nm(腺苷);进样量10 μL。天麻样品

中天麻素、羟基苯甲醇和腺苷的色谱峰分离均良好(图1,图2)。

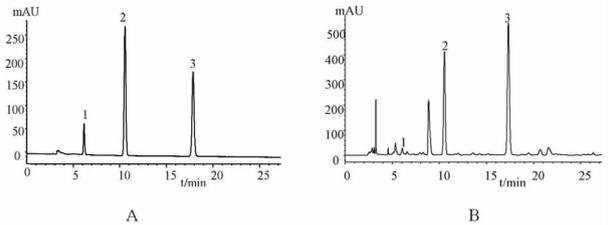


图1 对照品和天麻样品在220 nm检测的HPLC色谱图
注:A.对照品;B.天麻样品;1.腺苷;2.天麻素;3.对羟基苯甲醇。

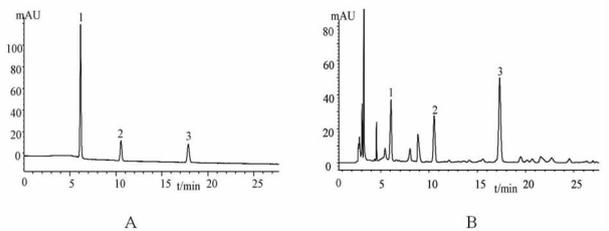


图2 对照品和天麻样品在260 nm检测的HPLC色谱图
注:A.对照品;B.天麻样品;1.腺苷;2.天麻素;3.对羟基苯甲醇。

2.2 对照品溶液的制备及线性范围考察 分别精密称取天麻素27.76 mg、对羟基苯甲醇11.27 mg和腺苷7.88 mg置于25 mL量瓶中,加60%甲醇溶解,定容至刻度,摇匀,得到混合对照品贮备液。分别精密吸取该贮备液0.1、0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0 mL于10 mL容量瓶中,加60%甲醇定容至刻度,摇匀;经0.22 μm微孔滤膜过滤,得到不同浓度梯度的对照品混合溶液。按“2.1”进样测定;以峰面积 Y (mAU·s)对进样量 X (μg)进行线性回归,得天麻素的回归方程为 $Y=1496X+97.062$ ($r=0.9998, n=7$);对羟基苯甲醇的回归方程为 $Y=3095.9X-8.7423$ ($r=0.9999, n=7$);腺苷的回归方程为 $Y=1702.5X-29.925$ ($r=0.9997, n=7$)。表明天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷在进样量分别为0.111~8.88 μg、0.045~3.61 μg和0.032~2.52 μg范围内与其峰面积呈良好的线性关系。

2.3 供试品溶液的制备 精密称取天麻粉末(过50目筛)2.0 g,置于具塞锥形瓶中,加入60%甲醇25 mL,称定重量;超声(100 W,40 kHz)提取60 min,冷却,再称定重量,加60%甲醇补足减失的重量,摇匀,经0.22 μm微孔滤膜过滤,得到供试品溶液。

2.4 方法学验证

2.4.1 精密度考察 取1份供试品溶液,连续进样测定6次。天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷峰面积的

RSD 值分别为 0.95% ($n = 6$)、1.81% ($n = 6$)、1.98% ($n = 6$);表明仪器精密度良好。

2.4.2 稳定性考察 取 1 份供试品溶液,于制样后 0、2、4、8、12、24 h 进样测定天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的峰面积,其 *RSD* 值分别为 1.29% ($n = 6$)、1.51% ($n = 6$)、2.58% ($n = 6$);表明天麻供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.4.3 重复性考察 取同一天麻样品粉末,6 份,分别制备成供试品溶液,测定天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的含量。其 *RSD* 值分别为 0.75% ($n = 6$)、1.51% ($n = 6$)、2.58% ($n = 6$)。表明方法的重复性良好。

2.4.4 加样回收率试验 分别精密称取 1.0 g 已知天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷含量的天麻样品粉末,6 份,分别加入与样品中这 3 种成分含量相当的对照品 6.528 mg (天麻素)、0.530 mg (对羟基苯甲醇)、0.268 mg (腺苷),制备成加样供试品溶液,测定这 3 种成分的含量。其回收率分别为 100.57% ($n = 6$, 天麻素)、98.77% ($n = 6$, 对羟基苯甲

醇)和 100.26% ($n = 6$, 腺苷)。表明方法的准确性良好。

2.5 天麻样品的测定 每份天麻样品粉末称取 2 份,按“2.3”项的方法制备供试品溶液,按“2.1”项的色谱条件测定天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的峰面积。根据各自回归方程计算供试品溶液中天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的浓度以及天麻样品粉末中这 3 种有效成分的含量。每份天麻药材样品中天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的含量以 2 份重复测定样品的平均值计。27 份天麻样品有效成分的含量见表 1。

2.6 冬天麻与春天麻中有效成分的比较 对 15 份冬天麻(S1 ~ S15)和 11 份春天麻(S16 ~ S26)中的天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的含量进行比较,其平均值见表 2。

2.7 天麻不同主产地样品中有效成分的比较 在 15 份冬天麻样品中,对四川、陕西和云南产的天麻样品进行比较,天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的平均含量见表 3。

表 1 天麻样品的来源及天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的含量

编号	名称	产地/来源	收集时间 (年·月)	天麻素 (%)	对羟基苯甲醇 (%)	腺苷 (%)	天麻素和对羟基苯 甲醇之和(%)	3种成分之和 (%) [*]
S1	冬天麻	四川省绵阳	2015.01	0.323	0.429	0.021	0.752	0.773
S2	冬天麻	四川省绵阳	2015.01	0.492	0.120	0.011	0.612	0.623
S4	冬天麻	四川省绵阳	2012.11	0.841	0.011	0.020	0.852	0.871
S3	冬天麻	四川省宜宾	2013.09	0.265	0.047	0.026	0.312	0.338
S5	冬天麻	四川省甘孜	2012.11	0.405	0.069	0.029	0.474	0.503
S6	冬天麻	四川省巴中	2012.07	1.214	0.018	0.026	1.232	1.258
S7	冬天麻	陕西省西安	2014.07	0.464	0.021	0.025	0.485	0.510
S8	冬天麻	陕西省	2012.12	0.652	0.033	0.025	0.685	0.710
S9	冬天麻	陕西省	2012.08	0.630	0.006	0.030	0.636	0.666
S10	冬天麻	陕西省	2012.08	0.536	0.028	0.028	0.564	0.591
S11	冬天麻	云南省昭通	2014.08	0.256	0.169	0.014	0.425	0.439
S12	冬天麻	云南省昭通	2014.07	0.604	0.201	0.020	0.805	0.825
S13	冬天麻	云南省丽江	2014.07	0.544	0.098	0.032	0.642	0.674
S14	冬天麻	湖北省宜昌	2014.07	0.233	0.056	0.045	0.289	0.334
S15	冬天麻	河南省南阳	2012.11	0.619	0.029	0.026	0.648	0.674
S16	春天麻	四川省达州	2014.09	0.778	0.240	0.018	1.018	1.036
S17	春天麻	四川省甘孜	2012.11	0.709	0.201	0.011	0.910	0.921
S18	春天麻	四川省	2012.07	0.423	0.032	0.035	0.455	0.490
S19	春天麻	陕西省汉中	2013.12	1.021	0.054	0.021	1.075	1.097
S20	春天麻	陕西省商洛	2013.03	0.431	0.028	0.023	0.459	0.483
S21	春天麻	云南省昭通	2013.12	0.666	0.024	0.017	0.690	0.707
S22	春天麻	重庆药材市场	2013.11	0.545	0.020	0.025	0.565	0.591
S23	春天麻	重庆药材市场	2013.11	0.883	0.157	0.028	1.040	1.068
S24	春天麻	重庆药材市场	2013.11	0.710	0.020	0.010	0.730	0.740
S25	春天麻	重庆药材市场	2013.11	0.906	0.036	0.019	0.942	0.961
S26	春天麻	吉林省白山	2013.12	0.476	0.066	0.025	0.542	0.567
S27	块茎 [#]	云南省昭通	2013.12	3.897	0.154	0.026	4.051	4.077

注: *为天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷 3 种成分之和; #收集种子后的天麻块茎。

表2 冬天麻与春天麻中有效成分比较

名称	样品数(份)	天麻素(%)	对羟基苯甲醇(%)	腺苷(%)	天麻素与对羟基苯甲醇之和(%)	3种成分含量之和(%) [*]
冬天麻	15	0.539	0.089	0.025	0.628	0.653
春天麻	11	0.686	0.080	0.039	0.766	0.787

注:^{*}为天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷3种成分之和。

表3 不同主产地天麻中有效成分的比较

产地	样品数(份)	天麻素(%)	对羟基苯甲醇(%)	腺苷(%)	天麻素与对羟基苯甲醇之和(%)	3种成分含量之和(%) [*]
四川	6	0.590	0.116	0.022	0.706	0.728
陕西	4	0.571	0.022	0.027	0.592	0.619
云南	3	0.468	0.156	0.022	0.624	0.646

注:^{*}为天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷3种成分之和。

3 讨论

3.1 天麻样品的质量评价 在本研究测定的27份天麻样品中,天麻素和对羟基苯甲醇含量之和为0.29%~4.05%,均高于《中国药典》(2015年版)标准,即:天麻素和对羟基苯甲醇的总量不得少于0.25%^[1]。以有效成分的含量为指标,所有天麻样品均合格。

值得注意的是,样品S27为采收过天麻种子的块茎,体轻、中空,表面皱缩粗糙;根据性状特征,质量差;而其天麻素和对羟基苯甲醇含量之和高达4.05%,为《中国药典》标准的16.2倍。因此,天麻的质量评价不能仅以有效成分含量为指标,应结合性状特征。同时,天麻商品药材中,也应防止混入这种天麻。

3.2 冬天麻与春天麻的质量比较 人们习惯认为野生天麻的质量优于栽培天麻,二者的价格差异很大。在中药商品销售中,有将春季采挖的栽培天麻充当野生天麻销售的现象,难于鉴别。为此,我们根据采收季节,将收集的天麻分为冬天麻(栽培天麻)和春天麻(包括野生天麻和栽培天麻)两类进行了比较(表2)。春天麻中天麻素和腺苷含量分别为冬天麻的1.28倍和1.56倍;两者中对羟基苯甲醇的含量相近。春天麻中天麻素和对羟基苯甲醇含量之和为冬天麻的1.22倍。天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的含量之和为冬天麻的1.21倍。但是,后两项指标均无统计学意义($P > 0.05$)。可见,以这些有效成分的含量为指标,春天麻的质量优于冬天麻。然而,性状鉴别则是冬天麻的质量优于春天麻。因此,以有效成分含量为指标的鉴定结果与性状鉴定的结果不一致;应进一步开展药效学研究,评价两者的质量。

春天麻常有不同长度的地上茎,其有效成分含量高于冬天麻的原因可能是由于天麻在土壤中越

冬、春季发芽生长过程中,植物营养性成分消耗,导致天麻质量减轻,而天麻素和对羟基苯甲醇等有效成分的含量不减少致使在天麻中相对含量升高。此推论可从样品S27证实:这份样品为采收过天麻种子的天麻块茎,体小、质轻、中空,表面皱缩,其有效成分的含量最高。

3.3 不同主产地的天麻质量比较 天麻主产于四川、陕西、云南等地,东北及华北各地亦产。为了研究天麻产地与天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷含量之间的相关性,从天麻主产地四川、陕西、云南收集了天麻样品,进行了比较。由于春天麻的采集时间不同,药材性状特征和这3种有效成分的含量差异均较大,故本文仅对13份三大主产地的冬天麻样品进行了比较(表3)。结果表明:天麻素的含量为四川产天麻>陕西>云南;对羟基苯甲醇含量为云南产天麻>四川>陕西;而腺苷含量则为陕西产天麻>云南和四川。这3种有效成分在这三大天麻主产地样品中的含量各不相同。根据2015年版《中国药典》的指标,天麻中天麻素与对羟基苯甲醇含量之和从大到小的顺序:四川、云南、陕西。由此可见,天麻的质量与产地有关。四川盆周山区生长野生天麻,也是天麻的主产地,天麻的质量较好。

3.4 提取溶剂的选择 根据这3种有效成分的极性及溶解性,比较了40%、50%、60%、70%、80%甲醇为溶剂提取天麻中天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的效果。结果表明,60%甲醇提取天麻素和对羟基苯甲醇的含量最高,而腺苷的含量在甲醇浓度为40%、50%、60%时相近,且60%甲醇的提取液更容易过滤。故选择60%甲醇为提取溶剂。

3.5 检测波长的选择 根据HPLC-DAD在200~400 nm范围内在线检测天麻素、对羟基苯甲醇和腺苷的紫外光谱,天麻素和对羟基苯甲醇的最大吸收

(下接第776页)

- gi: a case study using ITS sequences for identifying aquatic hyphomycete species[J]. *Fungal Divers*, 2010, 44(1): 77-87.
- [21] Robideau GP, De Cock AW, Coffey MD, et al. DNA barcoding of oomycetes with cytochrome c oxidase subunit I and internal transcribed spacer[J]. *Molecular ecology resources*, 2011, 11(6): 1002-1011.
- [22] Li XW, Yang Y, Henry RJ, et al. Plant DNA barcoding: from gene to genome[J]. *Biol Rev*, 2015, 90(1): 157-166.
- [23] Xin TY, Li XJ, Yao H, et al. Survey of commercial *Rhodiola* products revealed species diversity and potential safety issues[J]. *Sci Rep*, 2015, DOI:10.1038/srep08337.
- [24] Wu L, Sun W, Wang B, et al. An integrated system for identifying the hidden assassins in traditional medicines containing aristolochic acids[J]. *Sci Rep*, 2015, DOI:10.1038/srep11318.
- [25] Xin TY, Yao H, Gao HH, et al. Super food *Lycium barbarum* (Solanaceae) traceability via an internal transcribed spacer 2 barcode[J]. *Food Res Int*, 2013, 54(2): 1699-1704.
- [26] Hou DY, Song JY, Shi LC, et al. Stability and accuracy assessment of identification of traditional Chinese materia medica using DNA barcoding: A case study on *Flos Lonicerae Japonicae*[J]. *Biomed Res Int*, 2013, DOI:10.1155/2013/549037.
- [27] Luo K, Chen SL, Chen KL, et al. Assessment of candidate plant DNA barcodes using the Rutaceae family[J]. *Sci China Ser C*, 2010, 53(6): 701-708.
- [28] 曾昭清, 赵鹏, 罗晶, 等. 从真菌全基因组中筛选丛赤壳科的 DNA 条形码[J]. *中国科学: 生命科学*, 2012, 42(1): 55-63.
- [29] 蔡箐, 唐丽萍, 杨祝良. 大型经济真菌的 DNA 条形码研究——以我国剧毒鹅膏为例[J]. *植物分类与资源学报*, 2012, 34(6): 614-622.
- [30] 林惠娇, 蒋湘, 王新国, 等. DNA 条形码技术及其在真菌研究中的应用[J]. *植物检疫*, 2013, 27(2): 11-18.
- [31] 张宇, 郭良栋. 真菌 DNA 条形码研究进展[J]. *菌物学报*, 2012, 31(6): 809-820.
- [32] 刘娜, 李梦臻. DNA 条形码技术在病原真菌分类鉴定中的应用[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(3): 10-12.
- [33] 陈士林. 中国药典中药材 DNA 条形码标准序列[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 24.
- [34] Tamura K, Stecher G, Peterson D, et al. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0[J]. *Mol Biol Evol*, 2013, 30(12): 2725-2729.
- [35] 裴英才, 陈步峰. 生物 DNA 条形码: 十年发展历程、研究尺度和功能[J]. *生物多样性*, 2013, 21(5): 616-627.
- [36] Miller SE. DNA barcoding and the renaissance of taxonomy[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104(12): 4775-4776.
- [37] Xiang L, Song JY, Xin TY, et al. DNA barcoding the commercial Chinese caterpillar fungus[J]. *Fems Microbiol Lett*, 2013, 347(2): 156-162.

(2016-04-12 收稿 责任编辑: 洪志强)

(上接第 770 页)

波长为 220 nm, 而腺苷的最大吸收波长则为 260 nm。天麻素和对羟基苯甲醇在 220 nm 处的吸光度分别为 260 nm 处吸光度的 14.41 倍和 12.46 倍, 而腺苷在 260 nm 处的吸光度为 220 nm 处吸光度的 1.69 倍(图 1, 图 2)。为了提高检测方法的灵敏度, 本研究选择天麻素和对羟基苯甲醇的检测波长为 220 nm, 腺苷的检测波长为 260 nm。

致谢: 本项目由四川省科技支撑计划项目(编号: 2011NZ0058)和成都中医药大学大学生科研实践创新课题(编号: ky2016-014)资助。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 54-55; 2015: 58-59.
- [2] 杜伟锋, 陈琳, 丛晓东, 等. 天麻化学成分及质量控制研究进展[J]. *中成药*, 2011, 33(10): 1785-1787.
- [3] 周俊, 浦湘渝, 杨雁宾. 新鲜天麻的九种酚性成分[J]. *科学通报*, 1981(18): 1118-1120.
- [4] 段小花, 李资磊, 杨大松, 等. 昭通产天麻化学成分研究[J]. *中药材*, 2013, 36(10): 1608-1611.
- [5] 王亚男, 林生, 陈明华, 等. 天麻水提取物的化学成分研究[J]. *中国中药杂志*, 2012, 37(12): 1775-1781.
- [6] 罗国刚, 樊文静, 袁兴运, 等. 天麻皂苷对三叉神经节离体培养后降钙素基因相关肽表达影响的机制研究[J]. *药理学学报*, 2011, 46(12): 1451-1456.
- [7] 何芳雁, 吴盛友, 韩春妮, 等. 天麻催眠作用活性成分的研究[J]. *云南中医中药杂志*, 2013, 34(9): 66-68.
- [8] Liu W, Su B L, Wang Z S, et al. Gastrodin improved baroreflex sensitivity and increased gamma-amino butyric acid content in brains without decreasing blood pressure in spontaneously hypertensive rats[J]. *CNS Neurosci & Therap*, 2012, 18(10): 873-875.
- [9] Wang Y, Wu Z, Liu X, et al. Gastrodin ameliorates Parkinson's disease by down regulating connexin 43[J]. *Mol Med Rep*, 2013, 8(2): 585-590.
- [10] 杨杰, 赵朝华, 宗长宏, 等. 短暂性 MCAO 大鼠注射天麻素具有神经保护作用[J]. *第四军医大学学报*, 2008, 29(4): 295-297.
- [11] Hsieh M T, Wu C R, Chen C F. Gastrodin and p-hydroxybenzyl alcohol facilitate memory consolidation and retrieval, but not acquisition, oil the passive avoidance task in rats[J]. *J Ethnopharmacol*, 1997, 56(1): 45-54.
- [12] Wu C R, Hsieh M T, Liao J. p-Hydroxybenzyl alcohol attenuates learning deficits in the inhibitory avoidance task: involvement of serotonergic and dopaminergic systems[J]. *Chin J Physiol*, 1996, 39(4): 265-273.
- [13] Fredholm B B, Chen J F, Cunha R A, et al. Adenosine and brain function[J]. *Int Rev Neurobiol*, 2005, 63: 191-270.
- [14] 曲为敏, 孙宇, 许奇, 等. 腺苷和睡眠觉醒调节[J]. *生物物理学学报*, 2011, 27(1): 5-17.
- [15] Ferre S, Diamond I, Goldberg S R, et al. Adenosine A2A receptors in ventral striatum, hypothalamus and nociceptive circuitry implications for drug addiction, sleep and pain[J]. *Prog Neurobiol*, 2007, 83(5): 332-347.

(2016-04-12 收稿 责任编辑: 洪志强)