

白茄根中绿原酸的含量测定

刘 亭¹, 李 梅^{1,2}, 胡贺佳^{1,2}, 孙 佳¹, 李 莹^{1,2}, 陈 艳^{2,3}, 陈亭亭^{2,3}, 刘 帆^{2,3}, 刘春花^{2,3}, 张 旭², 王永林¹, 王爱民³, 李勇军³, 李月婷^{1*} (1. 贵州医科大学贵州省药物制剂重点实验室/药用植物功效与利用国家重点实验室, 贵州贵阳 550004; 2. 贵州医科大学药学院, 贵州贵阳 550004; 3. 贵州医科大学民族药与中药开发应用教育部工程研究中心, 贵州贵阳 550004)

摘要 [目的]建立白茄根中绿原酸的含量测定方法。[方法]采用 HPLC 建立白茄根中指标成分绿原酸的含量测定方法, 对所建立的方法进行了专属性、线性关系考察、精密度、准确度和耐用性等试验。[结果]该研究建立的白茄根中绿原酸含量测定的方法的专属性、线性关系、精密度、准确度和耐用性均符合要求, 并成功用于 3 个批次不同产地白茄根中绿原酸的含量测定, 其中绿原酸的含量为 0.026%~0.031%。[结论]该方法准确, 可用于白茄根的质量控制。
关键词 白茄根; 绿原酸; 含量测定; 方法学
中图分类号 R284 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)25-0164-04

Content Determination of Chlorogenic Acid in *Solanum melongena* Roots
LIU Ting¹, LI Mei^{1,2}, HU He-jia^{1,2} et al (1. Guizhou Provincial Key Laboratory of Pharmaceutics, State Key Laboratory of Functions and Applications of Medicinal Plants, Guizhou Medical University, Guiyang, Guizhou 550004; 2. School of Pharmacy, Guizhou Medical University, Guiyang, Guizhou 550004)
Abstract [Objective] The research aimed to establish a method for determination of chlorogenic acid in *Solanum melongena* roots. [Method] The method for the determination of the content of chlorogenic acid was established by HPLC. Through the tests of system suitability test, linearity, precision, repeatability, recovery rate and durability, all the requirements were met. [Result] The specificity, linearity, precision, accuracy and durability of the method for determination of chlorogenic acid in *Solanum melongena* roots of this study were all in accordance with the requirements, and successfully used in three batches of white roots in different origins of *Solanum melongena* roots. The content of chlorogenic acid was determined, wherein the content of chlorogenic acid was 0.026%~0.031%. [Conclusion] This method is accurate and can be used for quality control of *Solanum melongena* roots.
Key words *Solanum melongena* root; Chlorogenic acid; Content determination; Method research

白茄根为茄科植物茄(*Solanum melongena* L.)的干燥根及茎基, 具有清热利湿、收敛止血的功效, 主要用于久痢便血、水肿、带下、骨节疼痛等症^[1], 是贵州省少数民族用药, 分布广泛, 在全省各地均有栽培; 收载于《贵州省中药民族药材质量标准》(2003 版)^[2], 但其仅记录性状和薄层鉴别, 标准中无检查及含量测定等内容。

绿原酸为白茄根中的有效成分, 虽然国内外对其他中药材中绿原酸的含量测定研究已有报道^[3-10], 但关于白茄根中绿原酸的含量测定方法鲜见报道。笔者以贵州省民间草药白茄根为研究对象, 进行绿原酸的含量测定, 并在此基础上建立符合中药现代化要求的药材质量标准, 建立针对白茄根中绿原酸系统的、合理的 HPLC 法含量测定, 旨在促进中药材及相关产品的质量标准。

1 材料与方法

1.1 试材 绿原酸对照品(中国食品药品检定研究院, 批号为 110753-201415, 纯度≥96.2%); 甲醇(天津市科密欧化学试剂有限公司, 色谱纯)。白茄根药材由贵州医科大学药学院药用植物学与生药学教研室张旭副教授采集, 并鉴定为茄科植物茄(*Solanum melongena* L.)的干燥根及茎基。

基金项目 贵州省优秀青年科技人才培养项目(黔科合平台人才[2017]5601号); 贵州省科技厅人才团队项目(黔科合平台人才[2016]5613\5677); 贵州省食品药品监督管理局中药民族药质量标准研究。
作者简介 刘亭(1981—), 男, 贵州遵义人, 副教授, 博士, 从事中药药效物质基础研究。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事中药药效物质基础研究。
收稿日期 2018-04-26; **修回日期** 2018-05-28

1.2 仪器 Ultimate-3000 型高效液相色谱系统(美国赛默-飞世尔公司); KQ-300DE 超声波清洗机(贵州中润四通科技有限公司); WP-UP-II-20 分析型超纯水机(四川沃特尔特科技发展有限公司); EL204 万分之一电子天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 色谱条件与系统适用性试验。以十八烷基硅烷键合硅胶为填充剂; 以甲醇-0.1%磷酸水溶液(16:84)为流动相; 检测波长为 327 nm。理论塔板数按绿原酸峰计算应不低于 1 000。

1.3.2 供试品溶液的制备。取本品粉末(过 3 号筛)约 0.5 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶中, 精密加入 70% 甲醇水 25 mL, 密筛, 称定重量, 浸泡 12 h 后, 用 70% 甲醇补足减失的重量, 超声处理(50 kHz, 50 ℃)1 h, 放冷, 再称定重量, 用 70% 甲醇补足减失的重量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得。

1.3.3 对照品溶液的制备。取绿原酸对照品适量, 精密称定, 置棕色容量瓶中, 加甲醇制成每 1 mL 含 0.994 mg 的溶液, 即得(10 ℃下保存)。

1.3.4 方法学考察。

1.3.4.1 专属性试验。以拟定好的色谱条件, 采用紫外-可见光检测器, 分别进样供试品溶液、对照品溶液, 获得色谱图和光谱图。

1.3.4.2 线性关系考察。精密量取对照品溶液储备液 1 mL 于 50 mL 棕色容量瓶中, 用 25% 甲醇水溶液稀释至刻度, 得母液, 按照 1.3、1.5、2.0、2.0、2.5 倍梯度稀释配制相应浓度, 获得绿原酸的线性方程。

1.3.4.3 精密度试验。

(1) 重复性试验。精密称取供试品溶液制备方法中规定的取样量 0.50、0.25、0.75 g 各 3 份,分别按“1.3.2”“1.3.3”方法制备供试品溶液和对照品溶液,分别进样对照品溶液和供试品溶液,并计算含量测定结果和各水平的 RSD 值。

(2) 中间精密度试验。在与重复性不同的试验时间(不是同一天),称取供试品溶液制备中规定的取样量(约 0.5 g) 3 份,分别按“1.3.2”“1.3.3”方法制备供试品溶液和对照品溶液,分别进样对照品溶液和供试品溶液,并计算含量测定结果和 RSD 值。

(3) 准确度(回收率)试验。精密称取供试品溶液制备方法中规定的取样量 0.25 g 9 份,分别按称量样品被测定成分的本底值加入 50%(3 份)、100%(3 份)、150%(3 份)的对照品,分别按“1.3.2”“1.3.3”方法制备供试品溶液和对照品溶液,分别进样对照品溶液和供试品溶液。计算含量测定结果、各自的回收率以及 RSD 值。

1.3.5 耐用性。

1.3.5.1 供试品溶液稳定性试验。取 1 批供试品溶液,于供试品溶液制备好后,根据 HPLC 分析时间,在 0、1、2、4、8 h 分别进样 5 次,以被测定化合物峰面积的 RSD 考察稳定性。

1.3.5.2 不同流动相比比例。考察 3 个流动相比比例,按专属性试验、精密度、回收率试验中色谱条件,以同一支色谱柱,只改变流动相比比例,制备 3 份供试品溶液,每个流动相比比例分别进样对照品溶液和供试品溶液,计算含量测定结果以及 RSD 值。

1.3.5.3 不同 pH。考察 3 种 pH,按专属性试验、精密度、回收率试验中色谱条件,以同一支色谱柱,只改变 pH,制备 3 份供试品溶液,每个 pH 分别进样对照品溶液和供试品溶液,计算含量测定结果以及 RSD 值。

1.3.5.4 不同流速。考察 3 种流速,按专属性试验、精密

度、回收率试验中色谱条件,以同一支色谱柱,只改变流速,制备 3 份供试品溶液,每种流速分别进样对照品溶液和供试品溶液,计算含量测定结果以及 RSD 值。

1.3.5.5 不同色谱柱比较。考察 3 个厂家的色谱柱,按专属性试验、精密度、回收率试验中色谱条件,只改变色谱柱(再另外选择 2 个厂家的色谱柱),制备 3 份供试品溶液,每支色谱柱条件下分别进样对照品溶液和供试品溶液,计算含量测定结果以及 RSD 值。

1.3.5.6 不同检测波长。考察 3 个检测波长,按专属性试验、精密度、回收率试验中色谱条件,以同一支色谱柱,只改变检测波长,制备 3 份供试品溶液,每个检测波长分别进样对照品溶液和供试品溶液,计算含量测定结果以及 RSD 值。

1.3.5.7 不同色谱柱温度。考察 3 个色谱柱温度(同一支色谱柱),按专属性试验、精密度、回收率试验中色谱条件,以同一支色谱柱,只改变色谱柱温度,制备 3 份供试品溶液,每个色谱柱温度分别进样对照品溶液和供试品溶液,计算含量测定结果以及 RSD 值。

1.3.5.8 不同型号仪器。考察 2 个不同厂家、不同型号的 HPLC 仪,按专属性试验、精密度、回收率试验中色谱条件,以同一支色谱柱在 2 台不同仪器进行测试,制备 3 份供试品溶液,每台仪器分别进样对照品溶液和供试品溶液,计算含量测定结果以及 RSD 值。

1.3.6 样品测定。将获得的 3 批样品(分别是 BQG1、BQG2、BQG3)进行测定,每批样品平行称取 3 份,按照“1.3.2”方法制备样品,分别精密吸取对照品溶液与供试品溶液各 10 μ L,注入液相色谱仪,在 327 nm 处进行平行测试。

2 结果与分析

2.1 HPLC 含量测定方法学验证

2.1.1 专属性试验。由图 1 和图 2 可知,定量测定供试品和对照品溶液绿原酸的色谱峰和紫外光谱图均一致,说明具有良好的专属性。

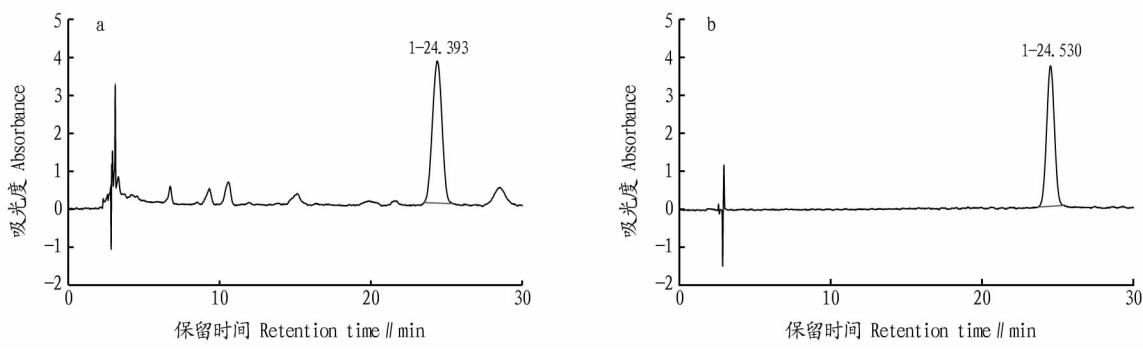


图 1 供试品(a)和对照品(b)中绿原酸的色谱图

Fig. 1 Chromatogram of chlorogenic acid in the test sample(a) and reference sample(b)

2.1.2 线性关系试验。通过 HPLC 测定对照品的浓度,绘制标准曲线,数据经过回归处理,得绿原酸对照品的回归方程为 $y = 0.438x - 0.0049$ ($r = 0.9999$),表明进样浓度在 0.944~14.910 μ g/mL 线性关系较好。

2.1.3 精密度试验。

2.1.3.1 重复性试验。从表 1 可以看出,各水平含量的平

均值为 0.316 2 mg/g,RSD 值为 0.50%,说明重复性较好。

2.1.3.2 中间精密度试验。从表 2 可以看出,各水平含量的平均值为 0.311 3 mg/g,RSD 值为 0.63%,说明中间精密度试验符合要求。

2.1.3.3 准确度(回收率)试验。从表 3 可以看出,3 个水平的平均回收率在 96.13%~98.36%,RSD 在 1.07%~3.24%,

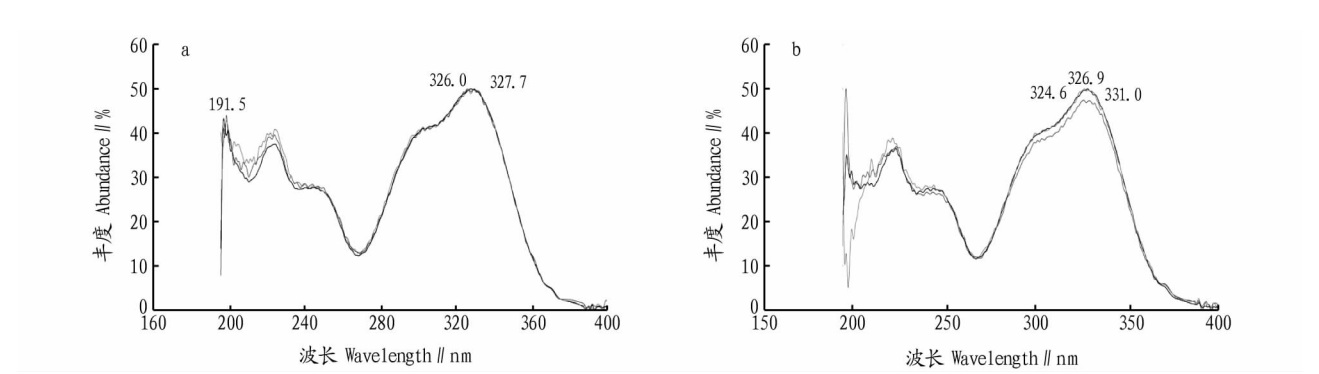


图2 供试品(a)和对照品(b)中绿原酸的光谱图

Fig.2 Spectrogram of chlorogenic acid in the test sample(a) and reference sample(b)

表明该方法准确。

表1 重复性试验考察结果(n=3)

Table 1 The test results of repeatability(n=3)				
序号 No.	称量 Weigh g	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
1	0.750 9	0.319 9	0.316 2	0.50
2	0.751 4	0.324 3		
3	0.751 0	0.324 7		
4	0.500 7	0.314 0		
5	0.501 4	0.315 2		
6	0.501 0	0.316 3		
7	0.250 6	0.314 2		
8	0.250 1	0.315 1		
9	0.249 8	0.301 6		

表2 中间精密度试验考察结果(n=3)

Table 2 Inspection results of the intermediate precision test(n=3)				
时间 Time d	称量 Weigh g	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
1	0.501 4	0.309 3	0.308 2	0.65
	0.500 7	0.305 9		
	0.500 4	0.309 4		
2	0.501 4	0.314 0	0.315 2	0.37
	0.500 7	0.315 2		
	0.500 4	0.316 3		
3	0.500 7	0.307 6	0.310 5	0.86
	0.501 4	0.311 2		
	0.501 0	0.312 8		

表3 回收率试验考察结果(n=3)

Table 3 The test results of recovery rate(n=3)					
本底含量 Initial Content mg	加入量 Added content mg	测得量 Measured amount mg	回收率 Recovery rate %	平均回收率 Average recovery rate/%	RSD %
0.250 4	0.039 9	0.115 5	97.01	96.13	1.07
0.250 2	0.040 3	0.115 1	96.38		
0.249 8	0.040 4	0.113 4	95.00		
0.250 3	0.077 5	0.148 2	94.62	97.60	3.24
0.251 0	0.079 9	0.154 9	97.27		
0.251 1	0.080 3	0.161 1	100.92		
0.250 5	0.117 5	0.190 7	96.93	98.36	1.32
0.250 8	0.120 3	0.196 9	98.67		
0.249 9	0.119 9	0.197 9	99.48		

2.1.4 耐用性。

2.1.4.1 供试品溶液稳定性试验。从表4可以看出,不同时间测定的绿原酸的峰面积的平均值为2.727 2,RSD值为1.59%。

表4 稳定性试验考察结果(n=3)

Table 4 The test results of stability(n=3)			
时间 Time//h	峰面积 Peak area	平均峰面积 Average peak area	RSD//%
0	2.725 0	2.727 2	1.59
1	2.738 9		
2	2.746 6		
4	2.719 4		
8	2.706 3		

2.1.4.2 不同流动相比比例。从表5可以看出,不同流动相比比例的测定结果平均值在0.308 2~0.310 7 mg/g,RSD值在0.65%~0.80%。

表5 不同流动相比比例测定结果比较(n=3)

Table 5 Comparison of measurement results of different flow ratios(n=3)

流动相比比例 Flow comparison	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
甲醇-0.1%磷酸水溶液(82:18)	0.312 2	0.310 7	0.80
Methanol -0.1% phosphoric acid solution	0.312 0		
	0.307 8		
甲醇-0.1%磷酸水溶液(84:16)	0.309 3	0.308 2	0.65
Methanol -0.1% phosphoric acid solution	0.305 9		
	0.309 4		
甲醇-0.1%磷酸水溶液(86:14)	0.307 4	0.309 3	0.73
Methanol -0.1% phosphoric acid solution	0.308 8		
	0.311 8		

2.1.4.3 不同pH。从表6可以看出,不同pH的测定结果的平均值在0.307 0~0.316 6 mg/g,RSD值在0.65%~1.08%。

2.1.4.4 不同流速。表7显示,不同流速的测定结果的平均值在0.308 2~0.325 6 mg/g,RSD值在0.65%~2.10%。

2.1.4.5 不同色谱柱比较。表8显示,不同色谱柱的测定结果平均值在0.308 2~0.316 3 mg/g,RSD值在0.31%~

1.32%。

表 6 不同 pH 测定结果比较 (n=3)

Table 6 Comparison of measurement results for different pH values (n=3)

酸度 Acidity	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
甲醇-0.05%磷酸水溶液(84:16)	0.308 4	0.307 0	0.82
Methanol-0.05% phosphoric acid solution	0.308 5		
	0.304 1		
甲醇-0.10%磷酸水溶液(84:16)	0.309 3	0.308 2	0.65
Methanol-0.10% phosphoric acid solution(84:16)	0.305 9		
	0.309 4		
甲醇-0.15%磷酸水溶液(84:16)	0.318 2	0.316 6	1.08
Methanol-0.15% phosphoric acid solution(84:16)	0.312 7		
	0.319 0		

表 7 不同流速测定结果比较 (n=3)

Table 7 Comparison of measurement results at different flow rates (n=3)

流动相流速 Flow rate mL/min	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
0.9	0.318 8	0.325 6	2.10
	0.325 6		
	0.332 5		
1.0	0.309 3	0.308 2	0.65
	0.305 9		
	0.309 4		
1.1	0.319 8	0.316 8	1.28
	0.312 2		
	0.318 4		

表 8 不同色谱柱测定结果比较 (n=3)

Table 8 Comparison of the determination results of different columns (n=3)

色谱柱 Column	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
Inertsil ODS-3 C ₁₈ (4.6 mm×250 mm,5 μm)	0.310 7	0.311 3	0.31
	0.310 8		
	0.312 4		
Luna C ₁₈ (4.6 mm×250 mm,5 μm)	0.309 3	0.308 2	0.65
	0.305 9		
	0.309 4		
Welch C ₁₈ (4.6 mm×250 mm,5 μm)	0.320 0	0.316 3	1.32
	0.311 8		
	0.317 2		

2.1.4.6 不同检测波长。表 9 显示,不同检测波长的测定结果的平均值在 0.308 2~0.309 8 mg/g,RSD 值在 0.65%~0.90%。

2.1.4.7 不同色谱柱温度。表 10 显示,不同检测波长的测定结果的平均值在 0.308 2~0.314 3 mg/g,RSD 值在 0.65%~2.43%。

2.1.4.8 不同型号仪器。2 个不同厂家、不同型号的 HPLC 仪测定结果见表 11。结果表明,不同型号仪器的测定结果的

平均值分别为 0.294 0、0.305 9 mg/g,RSD 值分别为 0.71%和 0.65%。

表 9 不同检测波长测定结果比较 (n=3)

Table 9 Comparison of measurement results of different detection wavelengths (n=3)

检测波长 Detection wavelength nm	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
324	0.309 8	0.309 8	0.21
	0.309 1		
	0.310 4		
327	0.309 3	0.308 2	0.65
	0.305 9		
	0.309 4		
330	0.309 9	0.309 5	0.90
	0.306 5		
	0.312 0		

表 10 不同色谱柱温度测定结果比较 (n=3)

Table 10 Comparison of measurement results of different column temperatures (n=3)

色谱柱温度 Column temperature ℃	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
32	0.317 2	0.312 7	1.24
	0.310 6		
	0.310 4		
35	0.309 3	0.308 2	0.65
	0.305 9		
	0.309 4		
37	0.307 6	0.314 3	2.43
	0.312 6		
	0.322 6		

表 11 不同厂家和型号 HPLC 测定结果比较 (n=3)

Table 11 Comparison of HPLC results from different manufacturers and models (n=3)

仪器厂家和型号 Manufacturers and models	测得量 Measured amount mg/g	平均值 Mean mg/g	RSD %
Shimaduz LC-20A	0.289 8	0.294 0	0.71
	0.294 0		
	0.291 6		
Thermo ULmate3000	0.309 3	0.305 9	0.65
	0.305 9		
	0.309 4		

2.2 样品测定 3 批样品的绿原酸的含量测定结果见表 12,由结果可知,白茄根中绿原酸的平均含量在 0.026%~0.031%。

表 12 3 批白茄根药材绿原酸的含量测定结果 (n=3)

Table 12 Determination results of chlorogenic acid content in 3 batches of *Solanum melongena* (n=3)

批号 Batch number	产地或来源 Origin or source	含量 Content/%			
		1	2	3	平均 Mean
BQG1	贵州关岭	0.030 9	0.030 9	0.031 0	0.031
BQG2	湖南	0.026 5	0.026 6	0.026 4	0.027
BQG3	安徽亳州(自购)	0.025 6	0.025 6	0.025 6	0.026

加的特级酱油总多酚含量与普通特级酱油无明显差异,而总酚酸和 4 种单体酚酸含量均显著高于普通特级酱油,这可能与其更长期的发酵工艺相关。由于无添加酱油只能通过更彻底地发酵释放更多的游离氨基酸才能达到特级酱油的氨基酸态氮标准,而普通酱油可以通过外添加谷氨酸钠和酵母提取物等达到标准,因此推测无添加特级酱油的发酵周期可能更长。其主要原料之一的小麦中富含酚酸类成分,但在原料中主要以结合的形式存在,经过长周期的发酵释放的游离酚酸含量也越高。多种类的酚酸从口感角度可以调和酱油的咸度,更重要的是赋予其健康营养。由于酚酸类物质多具有酚羟基或苯烯结构,已证实生理活性广泛且易吸收^[11],如咖啡酸具有清除自由基、拮抗内皮素的活性,从而起到双重保护血管内皮、调节血管舒张收缩正常的作用^[12];阿魏酸具有增强造血机能、抗心肌缺血和预防辐射损伤等作用^[13]。亦有研究表明^[14],葡萄酒预防心脑血管疾病的活性与酚酸具有相关性,其含有的酚酸种类与酿造酱油相似,陈建业等^[14]研究 3 款国产干红的总酚酸含量均在 60 mg/L 左右,高于普通三级酱油,但远低于特级酱油,干白的酚酸含量则更低。目前尚无从酚酸角度对不同级别酱油的系统研究和全面评价,在这方面的研究有待深入,为酿造酱油的质量控制和评价提供新思路。

该研究建立了一种同时测定酱油中 10 种酚酸含量的高效液相色谱分析方法,试验结果表明该方法操作简便、准确度和重复性好。3 个样品的酚酸种类相似,无添加特级酿造

(上接第 167 页)

3 结论与讨论

白茄根为贵州省少数民族所用药物,分布广泛,在全省各地均有栽培;但是有关其质量标准的研究仅记录性状和薄层鉴别,无有效成分的含量测定内容,大大降低了其质量控制的水平和准确性,不利于白茄根药物用价值的进一步开发和利用。针对上述白茄根质量控制存在的不足,该研究首先建立了白茄根药材中有效成分绿原酸的含量测定方法,包括专属性考察、线性关系考察、精密密度考察、准确度考察和耐用性考察。

该研究所建立的白茄根中绿原酸含量测定的方法准确可靠,精密密度中重复性试验的 RSD 值为 0.50%,中间精密密度试验结果为 0.63%,说明该试验重复性好,中间精密密度高;定量测定供试品和对照品溶液绿原酸色谱峰和光谱峰紫外光谱图一致,说明具有良好的专属性;线性方程符合标准规定,线性关系好;3 个水平的回收率在 96.13%~98.36%,RSD 在 1.07%~3.24%,表明方法准确,并将该方法成功地用于 3 批白茄根药材中绿原酸的含量测定。结果表明,白茄根药材中

酱油的总酚酸含量显著高于普通特级酿造酱油和三级酱油。

参考文献

- [1] 石家庄珍极酿造集团有限责任公司. 酿造酱油:GB 18186—2000[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [2] 沈茜. 超越清洁标签——完美的红色色素和风味天然解决方案[J]. 食品安全导刊,2017(4):54-55.
- [3] 郭辉,李沛,李库. Umami 型酵母抽提物对无添加酱油的品质提升作用[J]. 中国调味品,2015(11):75-77.
- [4] 周尚庭,李沛,郭辉. 谷氨酰胺酶和酵母抽提物对无添加酱油的品质提升研究[J]. 中国调味品,2016,41(5):45-50.
- [5] NACZK M, SHAHIDI F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis [J]. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 2006, 41(5): 1523-1542.
- [6] MOORE J, CHENG Z H, HAO J J, et al. Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2007, 55(25): 10173-10182.
- [7] YEN G C, CHANG Y C, SU S W. Antioxidant activity and active compounds of rice koji fermented with *Aspergillus candidus* [J]. Food chemistry, 2003, 83(1): 49-54.
- [8] BHANJA T, ROUT S, BANERJEE R, et al. Studies on the performance of a new bioreactor for improving antioxidant potential of rice [J]. LWT Food Science and Technology, 2008, 41(8): 1459-1465.
- [9] 张露,陈建国,李雪,等. HPLC 法同时测定诺尼果汁中 6 种酚酸含量[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(1): 239-243.
- [10] 梁寒峭,陈建国,刘伟,等. 酿造酱油中特征氨基酸含量检测及对氨基酸态氮贡献的分析[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 198-203.
- [11] 斯日古楞,刘洪涛. 中药酚酸的体内代谢研究进展[J]. 亚太传统医药, 2008, 4(6): 49-51.
- [12] 周英,李敏,杨付梅,等. 绿原酸、咖啡酸、阿魏酸对微血管内皮细胞的损伤作用[J]. 中国药理学通报, 2016, 32(10): 1474-1475.
- [13] 许仁溥,许大申. 阿魏酸应用开发[J]. 粮食与油脂, 2000(6): 7-9.
- [14] 陈建业,温鹏飞,战吉成,等. 葡萄酒中 11 种酚酸的反相高效液相色谱测定方法研究[J]. 中国食品学报, 2006, 6(6): 133-138.

绿原酸的平均含量在 0.026%~0.031%,该研究结果为白茄根质量标准的制定提供一定的参考。

参考文献

- [1] 汪鋈植. 茄根酸性组分对牙周炎的治疗作用及作用机理研究[D]. 成都:成都中医药大学,2004:1.
- [2] 贵州省药品监督管理局. 贵州省中药材、民族药材质量标准[S]. 贵阳:贵州科技出版社,2003.
- [3] 韩煜,杨沫,谢晓梅,等. 不同产地木瓜中绿原酸、原儿茶酸和总酚的含量测定[J]. 中国药房, 2015, 26(24): 3399-3403.
- [4] 李丹,李会军,高雯,等. 一测多评法测定山银花提取物中 6 种绿原酸类成分[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(12): 2305-2310.
- [5] 袁琦,赵辉,蒲晓辉,等. HPLC 法同时测定菊花中绿原酸、黄芩苷和槲皮素的含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(2): 112-115.
- [6] 李晓波,汪瑞波,沈勇,等. HPLC 测定灯盏花不同部位绿原酸、灯盏乙素、3,5-二咖啡酰奎宁酸和 4,5-二咖啡酰奎宁酸含量[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(14): 2237-2240.
- [7] 肖文平,李娟. 金银花中绿原酸的提取和含量测定[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(35): 21675-21676.
- [8] 张元元,李进,陈涛,等. 高效液相色谱法同时测定金银花中绿原酸和木犀草苷的含量[J]. 天津中医药大学学报, 2011, 30(2): 107-109.
- [9] 刘放,陈冰冰,吴小平. HPLC 法测定菊花中绿原酸的含量[J]. 西北药学杂志, 2010, 25(5): 350-352.
- [10] 向昌国,李文芳,聂琴,等. 甘薯茎叶中绿原酸提取方法的研究及含量测定[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 126-130.

本刊提示 来稿请用国家统一的法定计量单位的名称和符号,不要使用国家已废除了的单位。如面积用 hm^2 (公顷)、 m^2 (平方米),不用亩、 尺^2 等;质量用 t (吨)、 kg (千克)、 mg (毫克),不再用担等;表示浓度的 ppm 一律改用 mg/kg 、 mg/L 或 $\mu\text{L/L}$ 。