

王 维,叶世芸,殷少文,等. 干燥温度及生长年限对黔产青钱柳质量的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):173-178.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.033

干燥温度及生长年限对黔产青钱柳质量的影响

王 维,叶世芸,殷少文,郑立肯

(贵州中医药大学,贵州贵阳 550000)

摘要:旨在研究干燥温度及生长年限对黔产青钱柳质量的影响。采用紫外分光光度法、高效液相色谱法对不同干燥温度和不同生长年限下的青钱柳进行多糖、总三萜、槲皮素、山柰素含量的测定,用主成分分析法进行综合评分,对评分结果进行随机区组设计的方差分析。结果表明,干燥温度和生长年限对青钱柳中多糖、总三萜、槲皮素、山柰素含量综合得分的影响具有显著差异。青钱柳的最佳干燥温度为 80 ℃,生长年限在 7 年左右为宜。研究结果为青钱柳的产地加工、产品研发及种植提供了一定的科学依据。

关键词:青钱柳;干燥温度;生长年限;多糖;总三萜;槲皮素;山柰素;主成分分析

中图分类号:R282.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)01-0173-06

青钱柳[*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja]系胡桃科青钱柳属,是我国特有的高大速生阔叶多用途乔木^[1],于冰川世纪保存至今,是国家重点保护的濒危植物之一。据《中国中药资源志要》记载,其叶具有清热解毒、止痛、治疗顽癣等功能^[2],其根、茎、枝均可入药。青钱柳目前以保健茶的形式出现在大众视野中。青钱柳茶是以初春嫩叶为原料,经过炒制而成的^[3]。茶饮气清香、色泽呈红棕色、味甘甜,具有生津止渴、清热解暑的功效,特别适宜现代“三高”类慢性疾病人群饮用^[4]。虽然青钱柳叶一直被当作茶来饮用,但青钱柳并不属于普通食品范畴,到 2013 年青钱柳叶被正式批准为新食品原料,可以作为普通食品食用,因此有关青钱柳茶的基础性研究也需随之加强。

现代研究表明,从青钱柳中已分离获得的成分主要有多糖类、三萜类、黄酮类、酚酸类和无机元素类等^[5]。青钱柳多糖具有降血脂^[6-7]、降血糖^[8]、降血压^[9]、免疫调节^[10-12]等作用。青钱柳中总三萜^[13-14]包括熊果酸、齐墩果酸、科罗素酸等,具有减

轻 β 胰岛细胞的损伤和抑制其凋亡^[15]、促进小鼠胚胎成纤维细胞对葡萄糖的消耗、调节酪氨酸蛋白的磷酸化平衡^[16-19]等作用。青钱柳黄酮类化合物具有抗氧化、增强心血管的作用,能降低“三高”发病率^[20-21]等。由此可见,青钱柳的保健功能是有有效物质群多靶点的共同作用结果。

本研究同时测定样品中的多糖、总三萜、槲皮素、山柰素含量,以确定青钱柳的最佳干燥温度和适宜的生长年限,为青钱柳的产业化种植、产地加工、产品开发提供理论依据^[22]。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

Agilent 1260 高效液相色谱仪,购自安捷伦科技(中国)有限公司;Agilent C₁₈柱(规格:250 mm × 4.6 mm,5 μ m,型号 PN880975-902),购自北京国谱科技有限公司;UV-2501PC 紫外光谱仪,购自日本岛津公司;HH-4 数显恒温水浴锅,购自金坛市晶玻实验仪器厂;KQ-100E 超声波清洗器,购自昆山市超声仪器有限公司;TDL-5A 低速自动平衡离心机,购自湖南星科科学仪器有限公司;101-1A 电热鼓风干燥箱,购自天津天泰仪器有限公司;XS205 电子天平,购自瑞士梅特勒-托利多仪器(中国)有限公司。

槲皮素对照品(批号:20160322)、山柰素对照品(批号:20160113)、齐墩果酸对照品(批号:20160511)、D-无水葡萄糖标准品(批号:20151119),购自上海金穗生物科技有限公司;色谱级甲醇(批号:20130410),购自天津市科密欧化学

收稿日期:2018-11-01

基金项目:贵州省国内一流建设学科(中药学)(编号:GNYL[2017]008号);2017年大学生创业训练计划(编号:2015-4130000526);2015年贵阳中医学院院内项目(编号:042150036)。

作者简介:王 维(1994—),女,贵州遵义人,硕士研究生,研究方向为中药及民族药质量控制和新药研发。E-mail:935110865@qq.com。

通信作者:叶世芸,教授,研究方向为中药及民族药质量控制和新药研发。E-mail:lihaolora@sina.com。

试剂有限公司;香草醛(批号:20150305),购自上海谱振生物科技有限公司;苯酚(批号:20150604),购自国药集团化学试剂有限公司;浓硫酸(批号:20130101),购自川东化工集团。

1.2 试样来源和预处理

样品采自黔东南苗族侗族自治州剑河县雷山镇八万山林场(108.58°E、26.64°N)的不同生长年限的青钱柳。经贵阳中医学院叶世芸教授鉴定为胡桃科青钱柳属青钱柳。叶片除杂后,分别在阴干(25℃)及60、70、80、90、100℃条件下干燥(其水分含量约为4.0%),打粉,过60目筛备用。

1.3 试验方法

1.3.1 多糖含量测定方法 通过正交试验设计和全波段扫描,确定样品多糖含量的测定方法:称取适量青钱柳供试品,用石油醚进行脱脂处理后,加80%乙醇回流2h,残渣用无水乙醇洗涤后抽滤,滤液用Sevage法除蛋白,加入无水乙醇过夜醇沉,离心。弃上清液,沉淀依次用95%乙醇、无水乙醇、乙醚、丙酮各洗涤2次,残渣干燥至恒质量,即为青钱柳多糖。取青钱柳多糖和D-无水葡萄糖标准品,加蒸馏水分别配制浓度为0.15mg/mL的青钱柳多糖溶液和1.001mg/mL D-无水葡萄糖标准品溶液。取青钱柳试样2.0g,精确称量,置于圆底烧瓶中,加入80%乙醇50mL,在90℃水浴回流1h,趁热抽滤,滤渣中加入80mL蒸馏水,于90℃水浴回流1h,趁热抽滤,滤液使用离心机于常温、5000r/min离心10min,上清液用蒸馏水定容至500mL。取上述多糖溶液、D-无水葡萄糖溶液和供试品溶液各2mL,分别置于10mL容量瓶中,各加0.6mL苯酚与5mL98%硫酸,在100℃水中显色20min,冷却至室温,在488nm处测定其吸光度。测得青钱柳多

糖与D-无水葡萄糖间的换算因子 $f=2.654$ 。根据吸光度和换算因子,计算供试品中多糖含量。

1.3.2 总三萜含量测定方法 通过正交试验设计和全波段扫描,确定样品中总三萜含量的测定方法:取适量脱脂的青钱柳供试品,精确称量,加70%乙醇溶液25mL,超声提取60min,取续滤液和齐墩果酸标准品各0.2mL,分别置于10mL试管中,蒸干后各加入5%香草醛-冰醋酸溶液0.2mL和高氯酸溶液0.8mL,在60℃水浴中加热15min,取出冷却后加入4mL冰醋酸,用70%乙醇定容至10mL,在546.5nm处测定其吸光度。以齐墩果酸计,计算样品中总三萜含量。

1.3.3 槲皮素和山柰素含量测定方法 通过正交试验设计和全波段扫描,确定样品中槲皮素和山柰素含量的测定方法:精确称量适量青钱柳供试品,加入80%甲醇50mL,加热回流1h,冷却,用80%甲醇补足减失的质量,摇匀,过滤,精确量取续滤液25mL,精确加入37.5%盐酸4mL后置90℃水浴中加热水解1h,取出,迅速冷却,转移至50mL容量瓶中,用80%甲醇定容至刻度,摇匀,用0.45μm滤膜过滤,用Agilent C₁₈(250mm×4.6mm,5μm)色谱柱,在流动相为甲醇:0.4%磷酸(65:35)、进样量10μL、流速1mL/min、检测波长360nm的色谱条件下,以槲皮素和山柰素为标准品,测定样品中的含量。

1.3.4 方法学考察 以“1.3.1”“1.3.2”“1.3.3”节的优化条件处理样品,进行方法学考察,结果见表1,上述3种测定过程中,样品在一定时间范围内稳定,仪器精密度良好,重现性高,样品中待测物质与仪器响应值呈良好的线性关系,加样回收符合测定要求,所以方法稳定、可行。

表1 青钱柳中多糖、总三萜、槲皮素、山柰素测定的方法学考察

测定项目	稳定性	吸光度与精密度	重复性	线性关系与范围	平均加样回收率
多糖含量	10 min 内平均吸光度 (\bar{D})=0.56; RSD=1.76% (n=6)	平均吸光度 (\bar{D})=0.26; RSD=2.40% (n=6)	多糖含量的均值 (\bar{m})=5.62%; RSD=1.48% (n=6)	$y=6.3413x-0.9976$ ($r=0.9988$); 0.01001~0.10010 mg/mL	98.95%; RSD=2.00% (n=6)
总三萜含量	25 min 内平均吸光度 (\bar{D})=0.67; RSD=0.30% (n=6)	平均吸光度 (\bar{D})=0.44; RSD=0.27% (n=6)	总三萜含量的均值 (\bar{m})=0.38%; RSD=2.11% (n=6)	$y=52.8640x-0.0923$ ($r=0.9997$); 0.0041~0.0246 mg/mL	99.55%; RSD=2.24% (n=6)
槲皮素含量	10 h 内平均峰面积 (\bar{D}_m)=787.05; RSD=1.51% (n=10)	平均峰面积 (\bar{D}_m)=831.00; RSD=0.17% (n=6)	槲皮素含量的均值 (\bar{m})=0.1564%; RSD=1.53% (n=6)	$y=33.845x-0.9677$ ($r=0.9998$); 3.12~99.80 μg/mL	100.5%; RSD=3.0% (n=6)
山柰素含量	10 h 内平均峰面积 (\bar{D}_m)=583.40; RSD=0.81% (n=10)	平均峰面积 (\bar{D}_m)=770.48; RSD=0.10% (n=6)	山柰素含量的均值 (\bar{m})=0.1089%; RSD=1.39% (n=6)	$y=37.834x+2.3083$ ($r=0.9999$); 3.23~103.40 μg/mL	98.4%; RSD=0.9% (n=6)

注:x为浓度,y为峰面积。测定波长同“1.3”节。

2 结果与分析

不同干燥温度 and 不同生长年限下的青钱柳样品中多糖、总三萜、槲皮素、山柰素的含量,结果见表 2。

根据“1.3.1”“1.3.2”“1.3.3”节的方法,测定

表 2 青钱柳样品中多糖、总三萜、槲皮素、山柰素含量的测定结果

生长年限 (年)	干燥温度 (℃)	多糖含量 (%)	总三萜含量 (%)	槲皮素含量 (%)	山柰素含量 (%)
3	25(阴干)	2.56	0.19	0.27	0.21
	60	3.20	0.33	0.29	0.33
	70	3.36	0.37	0.21	0.29
	80	4.10	0.45	0.28	0.37
	90	3.68	0.44	0.19	0.28
	100	1.94	0.37	0.27	0.21
4	25(阴干)	2.52	0.24	0.15	0.27
	60	3.32	0.30	0.10	0.21
	70	4.42	0.31	0.16	0.31
	80	4.68	0.30	0.17	0.33
	90	3.43	0.32	0.14	0.26
	100	3.39	0.23	0.13	0.24
5	25(阴干)	4.04	0.22	0.20	0.35
	60	3.19	0.27	0.25	0.31
	70	4.51	0.23	0.23	0.34
	80	5.32	0.34	0.23	0.42
	90	4.25	0.21	0.18	0.30
	100	1.55	0.18	0.13	0.09
6	25(阴干)	2.69	0.34	0.06	0.14
	60	2.33	0.39	0.09	0.20
	70	3.22	0.48	0.10	0.22
	80	5.39	0.55	0.10	0.25
	90	3.86	0.43	0.07	0.19
	100	3.55	0.32	0.03	0.13
7	25(阴干)	2.87	0.27	0.17	0.17
	60	2.37	0.32	0.11	0.20
	70	4.18	0.27	0.16	0.27
	80	5.49	0.41	0.21	0.34
	90	2.43	0.26	0.17	0.03
	100	2.00	0.25	0.04	0.14
8	25(阴干)	4.41	0.22	0.18	0.20
	60	4.14	0.21	0.18	0.23
	70	4.35	0.20	0.26	0.26
	80	5.48	0.20	0.23	0.30
	90	3.43	0.21	0.12	0.30
	100	3.09	0.22	0.18	0.20
9	25(阴干)	2.33	0.32	0.02	0.07
	60	2.89	0.31	0.05	0.10
	70	2.93	0.47	0.08	0.09
	80	3.19	0.48	0.06	0.12
	90	1.46	0.33	0.02	0.07
	100	1.43	0.31	0.00	0.02
10	25(阴干)	3.46	0.21	0.10	0.16
	60	3.11	0.26	0.14	0.19
	70	4.21	0.26	0.13	0.18
	80	4.56	0.26	0.18	0.23
	90	3.47	0.27	0.04	0.06
	100	3.97	0.27	0.07	0.11
11	25(阴干)	2.25	0.50	0.12	0.14
	60	2.95	0.42	0.15	0.17
	70	2.07	0.63	0.16	0.18

表 2(续)

生长年限 (年)	干燥温度 (℃)	多糖含量 (%)	总三萜含量 (%)	槲皮素含量 (%)	山柰素含量 (%)
11	80	3.12	0.79	0.17	0.19
	90	1.89	0.47	0.13	0.16
	100	1.80	0.32	0.12	0.14
20	25(阴干)	1.62	0.27	0.02	0.05
	60	2.31	0.31	0.03	0.06
	70	1.40	0.35	0.03	0.06
	80	3.65	0.57	0.03	0.06
	90	2.28	0.32	0.02	0.04
	100	1.21	0.26	0.01	0.04

对青钱柳中的多糖、总三萜、槲皮素、山柰素 4 种成分进行主成分分析。根据主成分分析的原理^[23],结合特征值和累计贡献率,考虑到更为全面

地评价干燥温度和生长年限对青钱柳质量的影响,选择前 2 个主成分,方差累计贡献率达 83.028%,其特征值分别为 2.335、0.987,结果见表 3。

表 3 主成分总方差分析

主成分	初始特征值			提取平方和载入		
	特征根	方差(%)	累计贡献率(%)	特征根	方差(%)	累计贡献率(%)
F_1	2.335	58.363	58.363	2.335	58.363	58.363
F_2	0.987	24.665	83.028	0.987	24.665	83.028
F_3	0.526	13.155	96.184	0.526	13.155	96.184
F_4	0.153	3.816	100.000	0.153	3.816	100.000

根据主成分系数矩阵(表 4),2 个主成分的线性拟合方程为

$$F_1 = 0.348X_1 - 0.071X_2 + 0.371X_3 + 0.406X_4;$$

$$F_2 = 0.104X_1 + 0.998X_2 + 0.008X_3 + 0.078X_4。$$

表 4 主成分系数矩阵

成分	主成分系数			
	1	2	3	4
多糖(X_1)	0.348	0.104	-1.061	0.864
总三萜(X_2)	-0.071	0.998	0.092	0.054
槲皮素(X_3)	0.371	0.008	0.864	1.368
山柰素(X_4)	0.406	0.078	0.137	-1.982

由于所测得的 4 个指标可以由 F_1 和 F_2 进行评价,对 2 个主成分线性拟合中的系数作加权平均,对指标权重进行归一化处理,得综合评分模型如下,结果见表 5。

$$F = 0.252X_1 + 0.225X_2 + 0.241X_3 + 0.282X_4。$$

通过对综合评分进行方差分析,生长年限 $F = 8.721, P = 0.000 < 0.05$,干燥温度 $F = 17.106, P = 0.000 < 0.05$,两者对结果有显著影响,结果见表 6。

结合综合得分排序,80℃时,各生长年限下的青钱柳综合得分最高。在 80℃条件下,7 年生的综合得分最高。

在青钱柳的产地加工研究过程中,生长年限较短

的青钱柳,叶片薄而色泽浅,用传统的炒茶机容易加工成型,成品外观性状佳;而生长年限较长的青钱柳,叶片厚而色泽深,在加工过程中,叶片容易碎裂,成品性状较差^[24]。在干燥的过程,温度过低,干燥所需要的时间较长,会造成叶片颜色加深及有效成分降低,并且效率低下,不适合工业化生产,而高温会使叶片炭化,破坏有效成分。通过本研究,得出最佳的干燥温度是 80℃,最佳的生长年限为 7 年。

3 讨论

在以往青钱柳相关的研究中,都是以一个指标性成分或一类有效物质进行其质量的评价,本研究通过正交试验设计,优选确定了青钱柳样品处理条件和测定方法。对 60 批不同干燥温度和不同生长年限下的青钱柳进行多糖、总三萜、槲皮素、山柰素指标的含量测定,全面确定青钱柳最佳的生长年限和最优的炮制工艺。

通过查阅相关文献,青钱柳的采收期已有研究报道^[25],而产地加工及生长年限对其品质的影响无研究报道。本试验对黔产青钱柳中多糖、总三萜、槲皮素、山柰素含量进行主成分分析并结合随机区组的试验方差分析,确定青钱柳的最佳干燥温度为 80℃,生长年限在 7 年左右为宜。

表 5 青钱柳样品主成分因子及品质综合得分

生长年限 (年)	干燥温度 (℃)	<i>F</i> ₁	<i>F</i> ₂	<i>F</i>	排序
3	25(阴干)	1.063	0.474	0.812	5
	60	1.332	0.690	1.044	4
	70	1.339	0.743	1.062	3
	80	1.649	0.907	1.306	1
	90	1.434	0.845	1.151	2
	100	0.834	0.590	0.696	6
4	25(阴干)	1.025	0.524	0.801	6
	60	1.256	0.662	0.987	5
	70	1.701	0.795	1.310	2
	80	1.804	0.813	1.381	1
	90	1.328	0.697	1.043	3
	100	1.309	0.602	1.005	4
5	25(阴干)	1.607	0.669	1.214	4
	60	1.310	0.627	1.012	5
	70	1.777	0.727	1.340	2
	80	2.083	0.927	1.591	1
	90	1.653	0.676	1.246	3
	100	0.611	0.349	0.488	6
6	25(阴干)	0.991	0.630	0.808	5
	60	0.898	0.648	0.753	6
	70	1.213	0.832	1.006	3
	80	1.975	1.130	1.577	1
	90	1.416	0.846	1.140	2
	100	1.277	0.699	1.010	4
7	25(阴干)	1.112	0.583	0.873	3
	60	0.924	0.582	0.752	4
	70	1.604	0.727	1.229	2
	80	2.097	1.008	1.622	1
	90	0.902	0.516	0.720	5
	100	0.750	0.469	0.609	6
8	25(阴干)	1.667	0.695	1.261	3
	60	1.586	0.660	1.199	4
	70	1.702	0.674	1.277	2
	80	2.100	0.795	1.566	1
	90	1.345	0.591	1.025	5
	100	1.208	0.558	0.928	6
9	25(阴干)	0.824	0.567	0.684	4
	60	1.043	0.618	0.838	3
	70	1.052	0.781	0.889	2
	80	1.147	0.821	0.960	1
	90	0.520	0.487	0.467	5
	100	0.484	0.460	0.436	6
10	25(阴干)	1.291	0.583	0.988	4
	60	1.193	0.599	0.930	6
	70	1.568	0.712	1.202	2
	80	1.729	0.753	1.316	1
	90	1.228	0.635	0.962	5
	100	1.433	0.691	1.109	3
11	25(阴干)	0.849	0.745	0.748	4
	60	1.121	0.740	0.922	2
	70	0.808	0.859	0.753	3
	80	1.170	1.129	1.059	1
	90	0.738	0.679	0.658	5

表 5(续)

生长年限 (年)	干燥温度 (℃)	<i>F</i> ₁	<i>F</i> ₂	<i>F</i>	排序
20	100	0.705	0.518	0.594	6
	25(阴干)	0.572	0.442	0.488	4
	60	0.817	0.555	0.676	2
	70	0.498	0.500	0.456	5
	80	1.265	0.953	1.072	1
	90	0.794	0.560	0.663	3
	100	0.423	0.389	0.377	6

表 6 综合评分的方差分析结果

变异来源	平方和	自由度	均方	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
校正模型	4.318	14	0.308	11.716	0.000
综合评分	56.243	1	56.243	2137.000	0.000
生长年限	2.066	9	0.230	8.721	0.000
干燥温度	2.251	5	0.450	17.106	0.000
误差	1.185	45	0.026		
总变异	61.745	60			
修正后的变异	5.502	59			

4 结论

青钱柳是我国重点保护的濒危植物之一,具有很高的开发应用价值。但是,现有的青钱柳资源主要是天然林,不仅数量少,而且多零星分布于深山老林和一些自然保护区中^[26-27]。目前,青钱柳叶的主要食用方式是制成茶,其制法和饮法都与绿茶类似,人们从 20 世纪八九十年代开始就以青钱柳叶为原料制成了系列茶产品,其销售额呈现逐年增加的趋势。但青钱柳茶实质上为单纯的水浸出剂,虽能将青钱柳叶中的大部分多糖溶出,但不能将其中三萜、黄酮等其他对人体有益的有效成分溶出,由此造成大量原材料的浪费。随着青钱柳茶市场份额的不断扩大,缺乏统一的产品标准,无法客观评价青钱柳茶的质量,制约了其后续开发利用。

现今,贵州省建立了青钱柳种植基地,通过对该基地的考察可知,当地的采收季节为清明节前后,此时叶片较为柔软,容易加工,成品性状较佳,但加工方式也只有简单的传统炒茶机,没有对温度的控制。由于设备简单,造成了大量稀有资源的浪费。本研究成果可以用于指导青钱柳加工设备关键参数的设置及幼苗移栽后的最佳采摘年限,并可作为以青钱柳为原料的特医食品、保健食品的开发提供技术指导,最大程度地保留青钱柳的有效物质基础,确保其保健功能。

为了改变青钱柳茶市场混乱的局面,出台青钱

柳的地方或行业标准势在必行,这就需要以青钱柳的前期基础研究作为依据,利用多指标综合评价青钱柳,制定质量标准,同时为黔产青钱柳资源科学合理的开发利用提供参考^[28]。本研究采用主成分分析法,客观分析黔产青钱柳生长年限、采摘时间、炮制工艺、提取方法等几个方面对其质量的影响,以期黔产青钱柳提供更多发展可能,在初制产品基础上向提取保健成分与开发保健食品、化妆品、药品延伸,向中成药多样化、天然饮料、天然食品、天然疗养、体验、休闲旅游等方面发展。既可提高青钱柳产业的效益,又横纵向拓展了该产业空间,拓宽了视野,开拓了思路,营造了良好的发展氛围,实现资源共享,有利于最大限度地开发利用青钱柳^[29]。

参考文献:

- [1] 贵州植物志编委会. 贵州植物志(第一卷)[M]. 贵州:贵州人民出版社,1982.
- [2] 中国药材公司. 中国中药资源志要[M]. 北京:科学出版社,1994:159-160.
- [3] 孙 津,田 玮,龚 宇. 保健茶生产加工及销售影响因素和改进措施以青钱柳降糖神茶为例[J]. 中国农业信息,2013(7):163.
- [4] 范冰艳,魏 颖,李沧海,等. 青钱柳化学成分及降血糖活性研究概况[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(13):239-242.
- [5] 谢雪姣,刘国华,武青庭,等. 青钱柳主要化学成分研究进展[J]. 江西中医药,2017,48(12):78-80.
- [6] 李 楠,赵 静,吴 茹,等. 青钱柳多糖对高脂血症大鼠脂代谢及对 *PPAR α* 、*FAS*、*GLUT4* 基因 mRNA 表达的影响[J]. 现代食品科技,2015,31(4):29-35.
- [7] Zeng H Y, Gong D, Zhao B L. Aqueous extract of *Cyclocarya paliurus* (Batal) Iljinskaja lowered lipids by up-regulating the RNA level of lipids metabolism enzymes[C]//中国生物物理学会. 第十次中国生物物理学术大会论文摘要集. 2006:135.
- [8] 张小芳,段小群,卢 曦,等. 青钱柳多糖对糖尿病小鼠血糖水平和胰腺组织形态的影响[J]. 华夏医学,2010,23(1):15-17.
- [9] 王小江,单鑫迪,胡明华,等. 青钱柳叶多糖的结构表征及其抑制 α -葡萄糖苷酶活性研究[J]. 中草药,2017,48(8):1524-1528.
- [10] Yu Y, Shen M Y, Wang Z J, et al. Sulfated polysaccharide from *Cyclocarya paliurus* enhances the immunomodulatory activity of macrophages[J]. Carbohydrate Polymers,2017,174:669-676.
- [11] Xiong L, Ouyang K H, Jiang Y, et al. Chemical composition of *Cyclocarya paliurus* polysaccharide and inflammatory effects in lipopolysaccharide-stimulated RAW264. 7 macrophage [J]. International Journal of Biological Macromolecules,2018,107(B):1898-1907.
- [12] Xie J H, Xie M Y, Nie S P, et al. Separation, purification and partial characterization of a water-soluble polysaccharide from *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja[C]//中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会第五届年会暨第四届东西方食品业高层论坛论文摘要集. 2007:340.
- [13] 张月红. 青钱柳叶三萜类化合物提取纯化、分离鉴定及其抑菌活性研究[D]. 南昌:江西农业大学,2012.
- [14] Cui B S, Li S. New triterpenoid saponins from the leaves of *Cyclocarya paliurus*[J]. Chinese Chemical Letters,2015,26(5):585-589.
- [15] Zhou Q, Shi M Q, Wu X Z, et al. Protective effects of total triterpenoids extracts from *Cyclocarya paliurus*(Batal.) Iljinskaja on STZ-stimulated INS-1 cells through regulating of autophagy and apoptosis[J]. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 2016,30(10):1057-1058.
- [16] 周 琴,伍学智,石孟琼,等. 青钱柳三萜对链脲佐菌素损伤的 INS-1 细胞自噬和凋亡的影响[J]. 中药药理与临床,2017,33(1):89-94.
- [17] Zhang J, Shen Q, Lu J C, et al. Phenolic compounds from the leaves of *Cyclocarya paliurus* (Batal) Iljinskaja and their inhibitory activity against PTPIB[J]. Food chemistry,2010,119(4):1491-1496.
- [18] 王依婷,赵梦鸽,盛雪萍,等. 青钱柳三萜酸对高糖所致的胰岛 α 细胞胰岛素抵抗的影响[J]. 中国药科大学学报,2018,49(2):215-221.
- [19] Fu X, Yin Z P, Shang Guan X C, et al. Stimulation of glucose consumption in 3T3-L1 adipocytes by triterpenoids from *Cyclocarya paliurus* leaves [J]. Modern Food Science and Technology,2014,30(8):31-37.
- [20] 柳旭光. 青钱柳黄酮的提取分离、抗氧化活性及其应用研究[D]. 南宁:广西大学,2012.
- [21] Xie J H, Wang W J, Dong C J, et al. Protective effect of flavonoids from *Cyclocarya paliurus* leaves against carbon tetrachloride-induced acute liver injury in mice [J]. Food and Chemical Toxicology,2018,119:392-399.
- [22] 方升佐,洪香香. 青钱柳资源培育与开发利用的研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2007,31(1):95-100.
- [23] 曲双红,李 华,李 刚. 基于主成分分析的几种常用改进方法[J]. 统计与决策,2011(5):155-156.
- [24] 邹荣灿,吴少锦,焦思棋,等. 青钱柳主要功能性成分含量变异研究进展[J]. 辽宁中医杂志,2018,45(8):1782-1785.
- [25] 吴琳琳,姚文丽,罗 奕,等. 10 个采收期青钱柳 HPLC 指纹图谱建立及 4 种成分测定[J]. 中成药,2017,39(2):347-352.
- [26] 谢明勇,谢建华. 青钱柳研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2008,27(1):113-121.
- [27] 方升佐,杨万霞. 青钱柳的开发利用与资源培育[J]. 林业科技开发,2003,17(1):49-51.
- [28] 李婷婷,石叶蓉,吴彩娥,等. 青钱柳茶的化学成分、农残及挥发性成分分析[J]. 食品与机械,2015,31(4):10-13.
- [29] 石伟昌. 贵州黎平青钱柳茶开发存在的问题及对策[J]. 贵州茶叶,2016,44(2):21-23.