

柘树化学成分及生物活性的研究进展[△]

杨久琳*,张 岩[#](上海理工大学系统生物医学研究中心,上海 200093)

中图分类号 R284 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2015)06-0861-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2015.06.50

摘要 目的:为柘树相关的中药研究、新药开发提供科学依据。方法:查阅国内外相关文献,进行整理、归纳和综述。结果:目前从柘树中分离并鉴定的化合物包括氧杂蒽酮类、黄酮类和异黄酮类、木脂素类等,其具有抗肿瘤作用、抗氧化作用、抗微生物活性、抗炎活性等广泛的药理学作用。结论:柘树植物资源丰富,具有悠久的民间用药历史,随着其化学成分和生物活性研究的不断深入,其展现出广阔的应用前景。

关键词 柘树;化学成分;生物活性;研究进展

柘树 *Cudrania tricuspidata*(Carr.)Bur.为桑科柘属植物,又名柘木、柘刺、柘桑,广泛分布于我国河北南部、华东、中南、西南等省区,在韩国、日本以及俄罗斯东部地区也有分布。柘树根可治疗风湿关节疼痛、黄疸、淋浊、闭经、跌打损伤以及疔疮痈肿等症,是一种传统的中药材^[1]。目前,从柘属植物中分离到大量异戊烯基氧杂蒽酮类化合物、黄酮类化合物及异黄酮类化合物。这些化合物表现出显著多样的生物活性^[2],如抗肿瘤、抗炎、抗菌、抗脂质过氧化以及抑制酪氨酸酶等活性。在临床上,柘树的根及藤茎提取物已经被制成“柘木糖浆”和“柘木注射液”,用来治疗消化道肿瘤^[3]。因此,目前迫切需要对柘树进行深入的化学成分研究,确定柘树各种生物活性作用的化学物质,为新药开发提供科学依据。

1 柘树的化学成分研究概况

部分院校已经拥有了较为完善的临床药学教育体制甚至是成套教材^[12];多数高等院校和医院也积极开展合作,重视学生的临床实践能力;临床药学的工作也逐步得到医疗工作者、患者和社会的认可;国家也出台了相应政策保障临床药学工作的顺利开展。

虽然目前由于种种因素,我国的临床药学工作还不能达到发达国家的水平,在教育体系和医疗卫生机构中还存在一些不足,但只要立足实际,借鉴发达国家的临床药学服务理论和经验,不断探索与创新,并结合临床药师的实际需求,合理改革临床药学教育体系,做好人才培养模式的长远规划,更好地满足医疗卫生系统对临床药学人才的需求,就能促进我国临床药学工作持续发展。

参考文献

- [1] 车发亮.试论临床药学的推广方法[J].中国医药指南,2012,10(36):379.
- [2] 蒋君好,秧茂盛,刘新,等.高等临床药学教育现状调研及对策建议[J].中国高等医学教育,2010(11):20.

[△]基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81202894)

* 硕士研究生。研究方向:药理学。E-mail: yangjiulinrg@163.com

[#] 通信作者:副研究员,博士生导师,博士。研究方向:天然产物活性、分子药理学与营养学。电话:021-65710368。E-mail: medicineyan@aliyun.com

综合国内外相关的文献报道,目前从柘树中分离并鉴定的化合物主要为氧杂蒽酮类、黄酮类和异黄酮类、木脂素类等,详见表1。

1.1 氧杂蒽酮类化合物

目前,已从柘树中分离出30余种氧杂蒽酮类化合物,其结构主要包括6种类型:2,3-或6,7-并四氢呋喃环;2,3-或6,7-并吡喃环;3,4-并呋喃环且6,7-并吡喃环;3,4-和7,8-并吡喃环;3,4-并吡喃环;含氧取代。

1.2 黄酮类和异黄酮类化合物

黄酮类和异黄酮类化合物是柘属植物的特征性成分之一,已从柘树中分离出50多个。其黄酮类和异黄酮类成分具有细胞毒性,是抗肿瘤的活性成分之一。

1.3 木脂素类

- [3] 杨男,胡志强,王凌,等.我国临床药学学校教育的现状调查与分析[J].中国新药杂志,2013,22(20):2453.
- [4] 陈旋,袁芳,李明亚.多单位协同临床药学人才培养模式的探索[J].安徽医药,2013,17(8):1455.
- [5] 包宁疆,邵宏,聂小燕,等.我国临床药师培训试点情况调查与分析[J].中国药学杂志:英文版,2011,20(4):410.
- [6] 胡明,张伶俐,蒋学华,等.我国医院药学服务及临床药学开展现状调查:三:临床药学相关者态度意向调查[J].中国药房,2009,20(16):1278.
- [7] 霍强,刘浩,张春福,等.临床药学人才培养模式之思考[J].中国医院药学,2009,29(17):1486.
- [8] 李小芳.临床药学在我国医学发展中的作用[J].临床合理用药,2011,4(7A):82.
- [9] 帅翔,娄红祥,邵伟,等.长学制临床药学专业的开设[J].药学教育,2004,20(2):15.
- [10] 梁海珊,张新平.国外临床药学教育模式对我国药学教育的启示[J].医学与社会,2011,24(3):94.
- [11] 汤静,潘慧,徐松,等.临床药师的认知度和需求情况调研[J].中国临床药学杂志,2009,18(2):101.
- [12] 张泰松,邵伟,张庆柱,等.发挥综合性大学优势,加强长学制临床药学专业建设[J].药学教育,2011,27(3):20.

(收稿日期:2014-07-08 修回日期:2014-10-17)

(编辑:申琳琳)

表1 柘树的主要化学成分

分类	化合物名称	参考文献	
氧杂蒽酮类	Cudraxanthone A,B,C,D	[4]	
	Cudraxanthone E,F,G	[5]	
	Cudraxanthone H,I,J,K	[6]	
	Cudraxanthone L,M,N,O,S	[7]	
	Gerontoxanthones A,B,C,E,G,I	[8]	
	Toxyloxanthones C,D	[9]	
	Alvaxanthone	[9]	
	Isolvaxanthone	[9]	
	Iso cudranixanthone A	[9]	
	Padixanthone	[9]	
	8-prenyltoxyloxanthone C	[9]	
	Cudrafrutixanthone A	[9]	
	6-去氧捷卡尔宾(6-deoxyisocaroubin)	[5]	
	1,3,5-三羟基-4-异戊烯基氧杂蒽酮(1,3,5-trihydroxy-4-prenylated xanthenes)	[10]	
	黄酮类	柘树黄酮B,C,D(CudraflavoneB,C,D)	[8]
		2,3-二氢山奈酚(2,3-dihydrokaempferol)	[8]
		刺桐宁C(Erythrinin C)	[8]
		桑色素(Morin)	[8]
		二氢桑色素(Dihydromorin)	[8]
		散形酮(Umbelliferone)	[8]
甘草黄酮C(Livoflavone C)		[10]	
Erythravarone A		[10]	
Derrone		[10]	
红花素(Carthamin)		[10]	
柘树黄酮C(Cudraflavone C)		[10]	
香橙素(Aromadendrin)		[10]	
6-异戊烯基芹菜素(6-prenylapigenin)		[11]	
8-异戊烯基芹菜素(8-prenylapigenin)		[11]	
柚皮苷元(Naringenin)		[11]	
5,7,2',4'-四羟基黄酮(5,7,2',4'-tetrahydroxy-flavanone)		[11]	
桂木生黄素(Artocarpesin)		[11]	
山奈酚(Kaempferol)		[11]	
山奈酚-7-O-葡萄糖苷(Kaempferol-7-O-glucoside)		[11]	
山奈酚-3,7-二葡萄糖苷(Kaempferol-3,7-diglucoside)		[11]	
Gericudranin A,B,C		[10,12]	
槲皮素(Quercetin)		[13]	
杨属苷(Populinin)		[13,14]	
槲皮黄苷(Quercimeritrin)		[14]	
Udraflavone A		[15]	
柘树二氢黄酮(Cudraflavone A)		[14,16]	
花旗松素(Taxifolin)		[13]	
圣草酚(Eriodictyol)	[17]		
草大戟素(Steppogenin)	[17]		
柚皮素-7-O-β-D-葡萄糖苷(Naringenin-7-O-β-D-glucoside)	[17]		
(2S,3S)-2,3-反式二氢桑色素-7-O-β-D-葡萄糖	[18]		
环桂木黄素(Cycloartocarpesin)	[19]		
异黄酮类	Cudraflavones A,B	[15]	
	Cudraflavones C,D	[8]	
	Cudraiso flavone A	[15]	
	怀特酮(Weigteone)	[14]	
	染料木素(Genistein)	[20]	
	5,7,4'-三羟基二氢异黄酮	[21]	
	Cudraflavone F-G	[22]	
	Cudraflavones E-F	[22]	

续表1

分类	化合物名称	参考文献
异黄酮类	染料木素-5-甲醚(Genistein-5-methylether)	[13]
	香豌豆酚(Orbol)	[20]
	6-C-异戊烯基香豌豆苷元(6-C-prenylorobol)	[13]
	3'-O-甲基香豌豆苷元(3'-O-methylorobol)	[13]
	Gerontoisoflavone A	[13]
木脂素类	五味子素(Schizandrin)	[23]
	联苯二辛烯类木脂素(Diphenyl dioctene lignans)	[23]
	戈米辛A,H(Gomisin A,H)	[23]
	丁香脂素(Syringaresinol)	[23]
甾醇、萜类	β-谷甾醇(β-sitosterol)	[23]
	β-胡萝卜苷(β-daucosterin)	[23]

缪春辉等^[23]采用硅胶柱层析和Sephadex LH.20凝胶柱层析,分析了柘木80%乙醇提取物,从脂溶性部分分离出4种木脂素类化合物:丁香脂素、五味子素、戈米辛(Gomisin)A、H。

1.4 其他

柘树中还存水苏碱(Stachydrine)、伞形花内酯(Umbelliferone)、白藜芦醇(Resveratrol)、L-芳樟醇、石竹烯氧化物、大戟烷-7,24-二烯-3-醇、大戟烷-7,24-二烯-3-乙酸酯、蔗糖、杂多糖和5种氨基酸(脯氨酸、谷氨酸、精氨酸、丙氨酸、天门冬氨酸)。

2 柘树的生物活性研究概况

2.1 抗肿瘤作用

柘树是一种传统抗癌中草药,现代药理研究也主要集中在它的抗肿瘤作用上。Seo WG等^[24]研究发现,柘树乙酸乙酯提取物对人体白血病HL-60细胞具有时效和量效的细胞毒活性。肿瘤细胞在该提取物中培养6h,发现DNA碎裂、形态改变、浓缩成碎片粒子,结果表明柘树粗提物通过细胞凋亡途径对HL-60细胞产生细胞毒活性。张志等^[25-26]通过体外和体内试验评价柘树黄酮的抗肿瘤活性,研究发现柘树黄酮对胃癌细胞BGC-823、人肺癌细胞A549和小鼠淋巴细胞白血病细胞L1210较敏感,半数抑制浓度(IC₅₀)分别为6.11、12.20和12.73 μg/ml。同时体内试验结果显示,柘树黄酮能有效抑制B16黑色素瘤(250 mg/kg时抑瘤率为50.54%),并对SKOV-3卵巢癌裸鼠移植肿瘤的生长有很好的抑制作用(250 mg/kg时抑瘤率为46.38%)。

李正言^[27]利用MTT还原法,对柘树中分离得到的二氢桑色素和环桂木黄素进行抗人宫颈癌HeLa细胞和胃癌SGC.7901细胞的体外活性筛选。结果显示,二氢桑色素和环桂木黄素对人宫颈癌HeLa细胞和胃癌SGC.7901细胞均有不同程度的抑制作用,其中对人宫颈癌HeLa细胞的抑制效果与阳性药5-氟尿嘧啶相比作用强度依次为:环桂木黄素>5-氟尿嘧啶>二氢桑色素;对胃癌SGC.7901细胞的抑制效果与阳性药5-氟尿嘧啶相比作用强度依次为:5-氟尿嘧啶>环桂木黄素>二氢桑色素。

2.2 抗氧化作用

近年来,国内外学者研究发现,柘树中不少成分具有显著的抗氧化及清除自由基的活性。Lee YJ等^[28]从柘树根皮中分离出槲皮素-7-O-β-D-葡萄糖苷和山奈酚-7-O-β-D-葡萄糖苷,研究发现这些化合物对二苯代苦味酰基苯肼自由基(DDPH)

有很强的清除作用;同时,人类低密度脂蛋白硫代巴比妥酸反应物(TBARS)检测也显示了其有效的抗脂质过氧化反应作用。从柘树根皮中分离到一个邻苯二酚类的氧杂蒽酮^[29],兼有抗氧化作用和对肿瘤细胞株(HT-29、HL-60、SK-OV3、AGS、A549)的细胞毒活性。

张可炜等^[30]对柘树提取物的抗氧化作用进行了研究,柘树根水提液经D3520大孔吸附树脂吸附、30%乙醇洗脱、浓缩、冻干,所得组分黄酮含量约为30%。采用Fe²⁺诱发卵黄多不饱和脂肪酸氧化,紫外线、H₂O₂和Fe²⁺诱导建立细胞膜脂质过氧化模型,结果表明柘树提取物具有良好的清除自由基作用,其活性随浓度增大而增强。Nam S等^[31]对柘树提取物中挥发性物质运用醛或羧酸和丙二醛/气相色谱法(MA/GC)两种抗氧化检测方法进行研究,结果显示柘树抗氧化活性与剂量有明显关系,其中在醛和羧酸法的测定中柘树茎提取物在500 μg/ml水平时抗氧化活性为(77.02 ± 0.51)%,MA-GC法测定柘树根部提取物在160 μg/ml水平时抗氧化活性为(76.17 ± 0.27)%。

2.3 抗微生物活性

吕强等^[32]在抗结核药物筛选中发现,柘树根的乙醇提取物有较好的抗结核作用。在试管中采用改良苏通半流琼脂培养基,接种强毒人型结合菌(H37RV)3×10⁻² mg,结果显示柘树各提取物的抗结核作用以乙醇提取物为佳,其最低抑菌浓度为6.3~12.5 μg/ml,其次为桑色素、水提物及山柘酚-7-葡萄糖苷。在动物实验中,每只小鼠经尾静脉注射结核菌1 mg。柘木注射液治疗组自感染后第2天开始给药(1.5 g/d),至感染对照组达T50时停药,结果显示,柘木注射液组比感染对照组半数动物死亡时间延长5 d。Bajpai VK等^[33]的研究表明,柘树果实精油(CTEO)对食源性病原菌包括蜡样芽胞杆菌、单核细胞增生李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌、鼠伤寒沙门氏菌和大肠杆菌O157:H7均有抑菌效果,抑制区直径分别为(21.0 ± 1.0)、(19.0 ± 0.3)、(21.0 ± 0.1)、(15.0 ± 0.2)、(15.0 ± 0.1)mm。

2.4 抗炎活性

Yang G等^[34]对柘树氯仿相提取物抑制脂多糖激发巨噬细胞RAW264.7生成NO和前列腺素E₂进行研究,发现受一定浓度柘树甲醇提取物影响,诱导的NO合成酶及环氧酶2(COX-2)的蛋白水平明显降低,同时,肿瘤坏死因子(TNF)-α、白细胞介素(IL)-1β和IL-6明显减少。Jeong GS等^[35]从柘树根中分离出化合物Cudraxanthone A(ctxA),研究发现ctxA能诱导血红素氧合酶1(HO-1)的表达,增加其在巨噬细胞中的活性,抑制巨噬细胞炎性介质释放。Shi L等^[36]研究了3种柘树根多糖(CTPS-1、CTPS-2、CTPS-3)直接及协同有丝分裂原伴刀豆球蛋白A和脂多糖对小鼠脾淋巴细胞增殖的影响以及3种多糖对腹腔巨噬细胞(MΦ)吞噬功能的影响。结果表明,3种多糖在6.25~100 μg/ml质量浓度范围内可显著刺激小鼠脾淋巴细胞增殖,显著增强小鼠腹腔MΦ吞噬中性红的能力,且3种多糖可增强T、B淋巴细胞的增殖活性,进而促进机体细胞和体液免疫应答。

Oh PS等^[37]探讨从柘树中分离出的糖蛋白(CTB)对过敏反应的抑制作用,研究结果表明,糖蛋白对卵清蛋白(OVA)处理的BALB/c小鼠血清中免疫球蛋白(Ig)和IL-4有抑制作用;同时,CTB糖蛋白可抑制p38丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)的磷酸化以及RBL-2H3细胞核因子(NF)-κB转录活化。Shim JU等^[38]研究CTB糖蛋白对双酚A(BPA)刺激人类肥大细胞

(HMC-1)的炎症反应的调节作用,结果表明,与炎症相关的细胞因子IL-4、IFN-γ、IL-1β和COX-2的基因表达下降。通过上述两项研究,推测CTB糖蛋白可作为炎症的过敏性疾病的一个强有力的抗炎剂。

2.5 其他作用

孙琳等^[39]采用改良Longa法制作大鼠局灶脑缺血再灌注模型,观察局灶脑缺血再灌注后热休克蛋白HSP 70、c-fos的表达及其与细胞凋亡的关系,探讨柘树制剂(质量浓度1 mg/ml,含黄酮30%)对脑缺血后神经细胞损伤的保护作用。结果表明,柘树制剂对脑缺血再灌注损伤有保护作用。Zheng ZP等^[18]的研究表明,从柘树枝干中分离出的反式二氢桑色素、氧化白藜芦醇和Steppogenin具有显著的酪氨酸酶抑制活性,其IC₅₀值分别为(21.54 ± 0.84)、(2.85 ± 0.26)、(2.52 ± 0.66) μmol/L。Kim YS等^[40]为确定治疗肥胖的有效药物,筛选115种中药提取物,测试其对猪胰脂肪酶的体外抑制活性。结果,柘树叶提取物表现出显著的抑制作用,对脂肪酶活性的IC₅₀值为9.91 μg/ml。同时,动物实验对大鼠灌胃含有柘树叶制剂的脂肪乳剂,研究其抗脂质吸收的影响,结果发现大鼠血浆中甘油三酯水平处理组与未处理组相比显著降低,提示柘树叶片可用于治疗肥胖。

3 结语

通过整理国内外关于柘树化学成分和生物活性的研究文献,发现柘树植物资源丰富,具有悠久的民间用药历史,疗效显著。其化学成分和生物活性研究正不断深入,并将逐步阐释药效物质基础。目前,有关柘树药理作用研究主要集中在抗肿瘤以及辅助治疗上,而对柘树在抗氧化、抗炎等方面的研究相对较少,我们期待着柘树在抗癌以外领域中也会有较好的表现。研究者正在不断通过现代生物学技术验证柘树的传统疗效,并为新的强效天然保健产品、中药新药的开发提供充分的科学依据。

参考文献

- [1] 辛宁,廖月葵,谭齐燕.穿破石、柘木的生药学比较鉴别[J].中药材,2002,25(2):94.
- [2] 李彩侠,张赆彬,吴亚卿.荷叶中黄酮类化合物的提取工艺研究[J].上海理工大学学报,2006,28(1):5.
- [3] 薛芳,许占民.中国药物大全:中药卷[M].2版.北京:人民卫生出版社,1998:50-54.
- [4] Fujimoto T, Hano Y, Nomura T. Components of root bark of *Cudrania tricuspidata* structures of four new isoprenylated xanthenes, eudraxanthone A, B, C and D[J]. *Planta Med*, 1984, 50(3):218.
- [5] Hano Y, Matsumoto Y, Sun JY, et al. Structures of three new isoprenylated xanthenes, cudraxanthenes E, F and G[J]. *Planta Med*, 1990, 56(4):399.
- [6] Hano Y, Matsumoto Y, Sun JY, et al. Structures of four new isoprenylated xanthenes, cudraxanthenes H, I, J and K[J]. *Planta Med*, 1990, 56(5):478.
- [7] Hano Y, Matsumoto Y, Shimnohara K, et al. Structures of four new isoprenylated xanthenes, cudraxanthenes L, M, N and O from *Cudrania tricuspidata*[J]. *Planta Med*, 1991, 57(2):173.
- [8] Hano Y, Matsumoto Y, Shimnohara K, et al. Cudraflav-

- ones C and D, two new prenylflavones from the boot bark of *Cudrania tricuspidata* (carr.) bur[J]. *Heterocycles*, 1990, 31(7): 1 339.
- [9] 王永红. 两种桑科药用植物生物活性成分研究[D]. 上海: 复旦大学, 2004.
- [10] Yin YZ, Wang RS, Chen RD, *et al.* Chemical constituents from cell suspension cultures of *Cudrania tricuspidata* [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2012, 37(24): 3 734.
- [11] Chang CH, Lin CC, Kadota S, *et al.* Flavonoids and a prenylated xanthone from *Cudrania cochinchinensis* var *gerontogea*[J]. *Phytochemistry*, 1995, 40(3): 945.
- [12] Lee IK, Kim CJ, Song KS, *et al.* Cytotoxic benzyl dihydroflavonols from *Cudrania tricuspidata*[J]. *Phytochemistry*, 1996, 41(1): 213.
- [13] 李贺然, 邹忠梅, 徐丽珍, 等. 柘属药用植物化学和药理活性研究进展[J]. 国外医学: 中医中药分册, 2003, 25(4): 203.
- [14] Fujimoto T, Nomura T. Components of root bark of *Cudrania tricuspidata*, isolation and structure studies on the flavonoids[J]. *Planta Med*, 1985, 51(3): 190.
- [15] Fujimoto T, Hano Y, Nomura T, *et al.* Components of root bark of *Cudrania tricuspidata* structures of two new isoprenylated flavone: Cudraflavones A and B[J]. *Planta Med*, 1984, 50(2): 161.
- [16] Fujimoto T, Nomura T. Structures of eudraflavanone A and euchrestaflavanone C[J]. *Heterocycles*, 1984, 22(5): 997.
- [17] 杜立基, 张国明. 柘木研究进展[J]. 中国现代中药, 2007, 5(9): 27.
- [18] Zheng ZP, Tan HY, Chen J, *et al.* Characterization of tyrosinase inhibitors in the twigs of *Cudrania tricuspidata* and their structure-activity relationship study[J]. *Fitoterapia*, 2013, 84: 242.
- [19] 伍伟超, 翟延君, 李正言. 柘木化学成分研究[J]. 中药材, 2010, 33(6): 913.
- [20] 史琪荣, 柳润辉, 徐希科, 等. 柘木黄酮类成分研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(1): 77.
- [21] 王红萍. 白鲜皮的化学成分的研究[J]. 中国现代应用药学, 2006, 23(3): 200.
- [22] Chen L, Duan Y, Li C, *et al.* Four new prenylated flavonoids from the roots of *Cudrania tricuspidata*[J]. *Magn Reson Chem*, 2013, 51(12): 842.
- [23] 缪春辉, 顾正兵, 杨根金. 柘木化学成分的研究[J]. 中成药, 2002, 24(3): 211.
- [24] Seo WG, Pae HO, Oh GS, *et al.* Ethyl acetate extract of the stem bark of *Cudrania tricuspidata* induces apoptosis in human leukemia HL-60 cells[J]. *Am J Chin Med*, 2001, 29(2): 313.
- [25] 张志, 吴海健, 皮恩浩, 等. 柘树黄酮体内外抗肿瘤作用研究[J]. 世界临床药物, 2009, 30(10): 601.
- [26] 郝保同, 刘宝林, 王伯春, 等. 玻璃化保存后老鼠黏附成骨细胞形态及存活率的实验观测[J]. 上海理工大学学报, 2010, 32(6): 511.
- [27] 李正言. 柘木化学成分及指纹图谱研究[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2009.
- [28] Lee YJ, Kim S, Lee SJ, *et al.* Antioxidant activities of new flavonoids from *Cudrania tricuspidata* root bark [J]. *Arch Pharm Res*, 2009, 32(2): 195.
- [29] Lee BW, Lee JH, Lee ST, *et al.* Antioxidant and cytotoxic activities of xanthones from *Cudrania tricuspidata*[J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2005, 15(24): 5 548.
- [30] 张可炜, 徐誉泰, 张举仁. 银杏叶和柘树提取物的抗氧化作用[J]. 山东大学学报: 自然科学版, 2000, 35(4): 469.
- [31] Nam S, Jang HW, Shibamoto T. Antioxidant activities of extracts from teas prepared from medicinal plants, *Morus alba* L., *Camellia sinensis* L., and *Cudrania tricuspidata*, and their volatile components[J]. *J Agric Food Chem*, 2012, 60(36): 9 097.
- [32] 吕强, 许国祥. 柘木抗结核作用的初步研究[J]. 中国药学杂志, 1980, 15(12): 36.
- [33] Bajpai VK, Sharma A, Baek KH. Antibacterial mode of action of *Cudrania tricuspidata* fruit essential oil, affecting membrane permeability and surface characteristics of food-borne pathogens[J]. *Food Control*, 2013, 32(2): 582.
- [34] Yang G, Lee K, Lee M, *et al.* Inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide and prostaglandin E2 production by chloroform fraction of *Cudrania tricuspidata* in RAW 264.7 macrophages[J]. *BMC Complement Altern Med*, 2012(12): 250.
- [35] Jeong GS, Lee DS, Kim YC. Cudratricusxanthone A from *Cudrania tricuspidata* suppresses pro-inflammatory mediators through expression of anti-inflammatory heme oxygenase-1 in RAW264.7 macrophages[J]. *Int Immunopharmacol*, 2009, 9(2): 241.
- [36] Shi L, Fu Y. Isolation, purification, and immunomodulatory activity in vitro of three polysaccharides from roots of *Cudrania tricuspidata*[J]. *Acta Biochim Biophys Sin*, 2011, 43(5): 418.
- [37] Oh PS, Lim KT. Anti-inflammatory effect of glycoprotein isolated from *Cudrania tricuspidata* bureau; involvement of MAPK/NF-kappa B signaling[J]. *Immunol Invest*, 2011, 40(1): 76.
- [38] Shim JU, Lim KT. Inhibitory effect of glycoprotein isolated from *Cudrania tricuspidata* bureau on expression of inflammation-related cytokine in bisphenol A-treated HMC-1 cells[J]. *Inflammation*, 2009, 32(4): 211.
- [39] 孙琳, 刘爱芬, 李义召. 脑缺血再灌注后热休克蛋白70、c-fos的表达及柘树制剂的神经保护作用[J]. 临床神经病学杂志, 2005, 18(5): 354.
- [40] Kim YS, Lee Y, Kim J, *et al.* Inhibitory activities of *Cudrania tricuspidata* leaves on pancreatic lipase in vitro and lipolysis in vivo[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2012, doi: 10.1155/2012/878365.

(收稿日期: 2014-07-18 修回日期: 2014-10-29)

(编辑: 周 箐)