

杜仲化学成分、药理活性和质量控制现状研究进展

王娟娟^{1,2}, 秦雪梅^{1*}, 高晓霞¹, 张斌³, 王佩义⁴, 郝晋琪⁴, 杜冠华⁵

1. 山西大学 中医药现代研究中心, 山西 太原 030006

2. 太原天中益耀科技有限公司, 山西 太原 030006

3. 广誉远中药股份有限公司, 北京 100010

4. 山西广誉远国药有限公司, 山西 太谷 030800

5. 中国医学科学院药物研究所, 北京 100050

摘要: 杜仲中所含化学成分多达138种, 主要包括木脂素类、环烯醚萜类、苯丙素类、黄酮类、多糖类、杜仲胶、抗真菌蛋白等。其药理作用主要有降压、增强免疫力、调血脂、降血糖、保肝利胆、利尿、保护神经细胞、调节骨代谢、补肾护肾、安胎等。综述了杜仲在化学成分、药理作用方面的研究成果, 并对药材质量控制现状进行分析, 发现部分市售杜仲药材质量达不到《中国药典》2015年版的标准, 而且不同的炮制方法对杜仲药材的品质有影响。

关键词: 杜仲; 质量现状; 木脂素类; 环烯醚萜类; 苯丙素类; 降压活性; 增强免疫力

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)15-3228-10

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.15.031

Research progress on chemical compounds, pharmacological action, and quality status of *Eucommia ulmoides*

WANG Juan-juan^{1,2}, QIN Xue-mei¹, GAO Xiao-xia¹, ZHANG Bin³, WANG Pei-yi⁴, HAO Jin-qi⁴, DU Guan-hua⁵

1. Modern Research Center for Traditional Chinese Medicine, Taiyuan 030006, China

2. Taiyuan Tianzhong Yiyao Technology Limited Company, Taiyuan 030006, China

3. GuangYuYuan Traditional Chinese Medicine Co., Ltd., Beijing 100010, China

4. Shanxi Guangyuyuan Traditional Chinese Medicine Co., Ltd., Taigu 030800, China

5. Institute of Materia Medica, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100050, China

Abstract: The chemical components reached 138 types in *Eucommia ulmoides*, including mainly lignans, iridoids, phenylpropanoids, flavonoids, polysaccharides, gutta-percha, and antifungal protein. Modern pharmacological actions included lowering blood pressure, enhancing immunity function, reducing blood fat, lowering blood sugar, protecting liver, cholagogic, diuresis, protecting nerve cells, regulating bone metabolism, tonifying kidney and so on. Research progress on *E. ulmoides* was reviewed in the fields of chemical components, pharmacological actions and quality status. The quality status analysis found that some *E. ulmoides* on sale was not up to the pharmacopoeia standard, and processing methods have effect on the quality for *E. ulmoides*.

Key words: *Eucommia ulmoides* Oliv.; quality status; lignans; iridoids; phenylpropanoids; hypotensive activity; enhancing immunity function

杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliv. 为杜仲科杜仲属多年生落叶乔木, 单科, 单种植物, 是我国特有的第三纪孑遗植物, 资源稀少, 属国家级珍稀濒危植物, 已将其列为国家二级珍贵保护树种^[1]。杜仲药材为杜仲树的干燥树皮, 是中国名贵滋补药材^[2-3]。

《神农本草经》称: “杜仲, 又名思仙、木绵、思仲、玉丝皮等, 主腰脊痛, 补中益精气, 坚筋骨, 强志, 除阴下痒湿、小便余沥”; 《名医别录》记载: “杜仲性温味甘, 补肝肾、强筋骨”; 《本草正》记载: “止小水梦遗、暖子宫、安胎气”。历版《中国药典》均

收稿日期: 2016-12-26

基金项目: 山西省重点研发计划重点项目 (201603D3113006)

作者简介: 王娟娟 (1988—), 女, 硕士, 主要从事龟龄集中配方药材的化学成分和药理研究。Tel: 18935139095 E-mail: 836060987@qq.com

*通信作者 秦雪梅, 女, 教授, 博士生导师, 研究方向为中药质量控制与活性成分研究、中医药代谢组学研究。

Tel: (0351)7018379 E-mail: qinxm@sxu.edu.cn

收载杜仲皮作为药材,具有补肝肾、强筋骨和安胎的功效,主治肝肾不足、腰膝酸、筋骨无力、晕眩、妊娠漏血和胎动不安^[4-5]。

杜仲在中国的药用历史悠久,药用价值极高,是经典养生中成药龟龄集中的重要组分。对其化学成分、药理活性与临床应用的研究不断深入,并取得显著进展。本文综述了近年来在杜仲活性成分及药理作用方面所取得的研究成果,并对杜仲的资源和质量现状进行分析,以期对杜仲的合理利用与龟龄集的现代研究提供借鉴。

1 杜仲资源概况

杜仲是我国特有的经济物种,原产于我国西南诸省山区,喜温暖而凉爽的气候,属喜光树种,在强光、全光条件下才能良好生长,适应性较强,适宜生长在沙质土壤和含腐殖质较多的土壤和石灰岩山地,在 pH 值为 4.5~8.0 的土壤中生长良好,海拔高度一般在 300~2 500 m。且杜仲能耐 44 °C 的高温,也能耐-40 °C 的严寒,年降雨量在 1 000 mm 左右的地区均可生长,在我国有丰富的资源。其天然分布中心在秦岭以南山地,四川、贵州、湖北、湖南、陕西、甘肃、云南、广西、广东、河南、浙江、安徽、江西等省均有分布^[6]。根据自然地理特点及其经济性状和形态特点上的差异,陈品良等^[7]将杜仲划分为 7 个主要分布区:(1)秦巴山区;(2)大娄山区;(3)鄂西山区;(4)武陵山区;(5)伏牛山-桐柏山-大别山区;(6)浙、赣、皖交界山区;(7)南岭山区。并且发现不同产地杜仲在叶片形态、树皮和种子形态方面均有差异,且不同特征类型的树皮中药效成分松脂醇 4',4''-二吡喃葡萄糖苷(PDG)的量也有较大差异;黄伟^[8]研究发现湖北、贵州、陕西、河南、四川等不同产地杜仲的 PDG 量差异较大,因此杜仲为“异地异种”型多元道地药材。

杜仲药材的药用部位为树皮,但杜仲需生长 15~20 年以上才能剥皮药用^[9],皮剥树死,这样不仅长期供不应求,而且也严重破坏杜仲药材资源。为了解决这一问题,可采取 2 方面的措施,一方面开始杜仲人工种植,但杜仲为“异地异种”型多元道地药材,其品种复杂,在长期应用中质量优劣难以评价;另一方面在采集时采用局部剥皮法。同时,为解决杜仲药源供不应求的问题,科学家开展了寻求代用品、开辟新药源的研究。由于杜仲是单科、单属、单种植物,寻找新药源只能从杜仲植物的非

药用器官入手。近年来有研究表明,杜仲叶与皮有相似的化学成分和药理作用^[3,10];龚桂珍等^[11]用高效液相色谱(HPLC)法对杜仲叶和皮中的化学成分进行比较,发现许多成分在种类和量上均存在差异,并且在不同萃取溶剂中所含的化学成分也不尽相同,杜仲叶中还含有一些杜仲皮中未曾发现的成分,以杜仲叶代替杜仲皮入药时应特别注意,故《中国药典》2005 年版一部将杜仲叶单独收载为一种药材,其具有与杜仲皮相同的补肝肾、强筋骨功效,但杜仲皮还有安胎的功效,二者功效不完全相同^[5]。杨林军等^[12]对杜仲板皮和枝皮中桃叶珊瑚苷、绿原酸、京尼平苷和 PDG 这 4 种有效成分量进行比较,发现两者中各成分的量存在一定差异。

2 化学成分

近年来,为了更精确地衡量杜仲中各类活性成分的量以及类型,许多学者开展了极为丰富的研究与实践。经研究发现杜仲的皮、叶、枝条、果实和花中含有相似的化学成分,大致可分为木脂素类、环烯醚萜类、苯丙素类、黄酮类、多糖类、杜仲胶和抗真菌蛋白^[13-14]。

2.1 木脂素类

木脂素是一类由苯丙素氧化聚合而成的天然产物,多以二聚体的形式存在,少数为三聚体和四聚体,是杜仲化学成分中研究最多、结构最清晰、成分最明确的一类化合物^[15]。木脂素类化合物的结构母核有 5 种(图 1),分别是双环氧木脂素类(I)、单环氧木脂素类(II)、环木脂素类(环橄榄脂素类,III)、新木脂素类(IV)和倍半木脂素类(V)^[16-18]。迄今分离得到的木脂素类化合物达 32 种(表 1),其中多为苷类化合物,包括松脂醇二葡萄糖苷、丁香脂素二葡萄糖苷、杜仲素 A、橄榄素、柑桔素 B、1-羟基松脂醇葡萄糖苷和 1-羟基松脂醇二葡萄糖苷等^[19-26]。有研究发现丁香脂素二葡萄糖苷具有抗疲劳、抗癌、增强记忆力和较强的抑制 cMAP 磷酸二酯酶的作用^[27-29]。

2.2 环烯醚萜类

环烯醚萜类是臭蚁二醛的缩醛衍生物,在新鲜的杜仲植物组织中量较高,主要分布于杜仲皮及叶中^[13-15]。现已从杜仲中分离得到 29 种环烯醚萜类化合物(表 2),主要包括京尼平苷酸、京尼平苷、桃叶珊瑚苷、筋骨草苷、杜仲苷类和杜仲醇类^[19,24,30-38]。其中,京尼平苷酸、京尼平苷可作为抗衰老的重要成分,在降低血压的同时,可提高机体抗肿瘤能力^[39]。

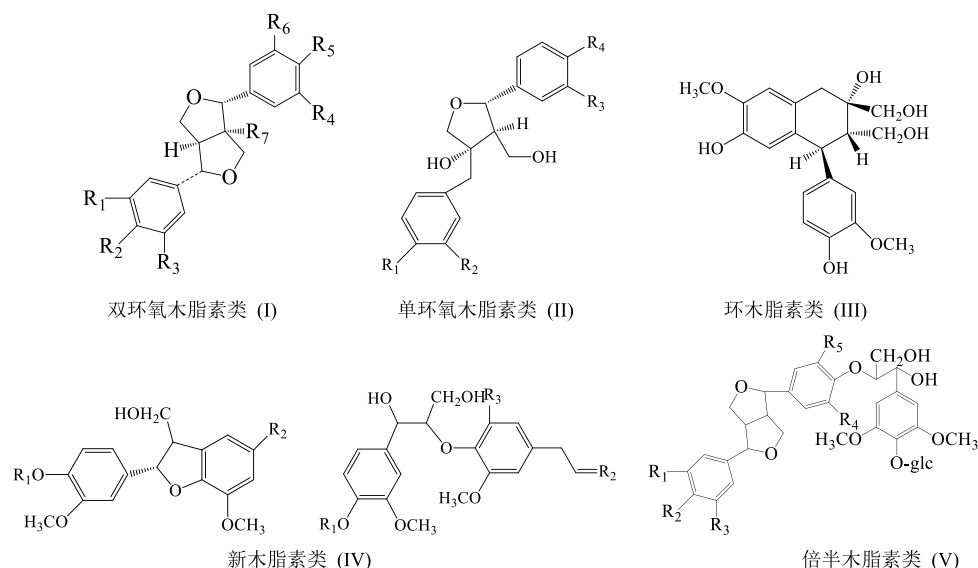


图1 杜仲中木脂素类成分母核结构

Fig. 1 Skeletons of lignans in *E. ulmoides*

表1 杜仲中的木脂素类化合物

Table 1 Lignans in *E. ulmoides*

编号	化合物名称	结构类型	文献
1	表松脂醇 [(+)-epipinoresinol]	I	19
2	中松脂醇 [(+)-medioresinol]	I	19
3	松脂醇 [(+)-pinoresinol]	I	20
4	丁香脂素 [(+)-syringaresinol]	I	19
5	杜仲素 A [(+)-eucommin A (medioresinol 4'-O-β-D-glucopyranoside)]	I	21
6	中松脂醇 4',4''-二吡喃葡萄糖苷 [(+)-medioresinol 4',4''-di-O-β-D-glucopyranoside]	I	21
7	松脂醇葡萄糖苷 [(+)-pinoresinol-O-β-D-glucopyranoside]	I	20
8	松脂醇 4',4''-二吡喃葡萄糖苷 [(+)-pinoresinol 4',4''-di-O-β-D-glucopyranoside]	I	20
9	丁香脂素 4'-葡萄糖苷 [(+)-syringaresinol 4'-O-β-D-glucopyranoside]	I	21
10	丁香脂素 4',4''-二吡喃葡萄糖苷 [(+)-syringaresinol 4',4''-di-O-β-D-glucopyranoside]	I	22
11	1-羟基松脂醇 [(+)-1-hydroxypinoresinol]	I	23
12	1-羟基松脂醇 4'-吡喃葡萄糖苷 [(+)-1-hydroxypinoresinol 4'-O-β-D-glucopyranoside]	I	23
13	1-羟基松脂醇 4''-吡喃葡萄糖苷 [(+)-1-hydroxypinoresinol 4''-O-β-D-glucopyranoside]	I	23
14	1-羟基松脂醇 4',4''-二吡喃葡萄糖苷 [(+)-1-hydroxypinoresinol 4',4''-di-O-β-D-glucopyranoside]	I	23
15	橄榄脂素 [(-)-olivil]	II	23
16	橄榄脂素 4'-吡喃葡萄糖苷 [(-)-olivil 4'-O-β-D-glucopyranoside]	II	24
17	橄榄脂素 4''-吡喃葡萄糖苷 [(-)-olivil 4''-O-β-D-glucopyranoside]	II	24
18	橄榄脂素 4',4''-二吡喃葡萄糖苷 [(-)-olivil 4',4''-di-O-β-D-glucopyranoside]	II	21
19	环橄榄脂素 (cyclo-olivil)	III	23
20	柑桔素 B (erythro and threo-guaiacyl glycerol-β-coniferyl aldehyde ether)	III	25
21	赤式-二羟基脱氢二松柏醇 (erythro-dihydroxydehydrodiconiferyl)	III	19
22	苏式-二羟基脱氢二松柏醇 (threo-dihydroxydehydrodiconiferyl)	III	19
23	脱氢二松柏醇二糖苷 [(-)-dehydrodiconiferyl 4,γ'-di-O-β-D-glucopyranoside]	III	25
24	二氢脱氢二松柏醇 [(+)-dihydrodehydrodiconiferyl alcohol]	III	25
25	赤式甘油-β-松柏醇醛醚 [(+)-erythro-guaiacylglycerol-β-coniferyl aldehyde ether]	III	19
26	苏式甘油-β-松柏醇醛醚 [(+)-threo-guaiacylglycerol-β-coniferyl aldehyde ether]	IV	19
27	耳草醇-C-4',4''-二吡喃葡萄糖苷 (hedyotol-C-4',4''-di-O-β-D-glucopyranoside)	V	25
28	耳草醇-C-4'',4'''-二吡喃葡萄糖苷 (hedyotol-C-4'',4'''-di-O-β-D-glucopyranoside)	V	24
29	甘油-β-丁香脂素乙醚-4'',4'''-二吡喃葡萄糖苷 (guaiacylglycerol-β-syringaresinol ether-4'',4'''-di-O-β-D-glucopyranoside)	V	26
30	(+)-松脂醇香草酸醚二吡喃葡萄糖苷 [(+)-pinoresinol vanillic acid ether diglucopyranoside]	V	26
31	(+)-丁香脂素香草酸醚二吡喃葡萄糖苷 [(+)-syringaresinol vanillic acid ether-diglucopyranoside]	V	26
32	(-)-丁香丙三醇-β-丁香脂素醚二糖苷 [(-)-syringylglycerol-β-syringaresinol ether-4'',4'''-di-O-β-D-glucopyranoside]	V	25

表 2 杜仲中的环烯醚萜类化合物

Table 2 Iridoids in *E. ulmoides*

编号	化合物名称	文献	编号	化合物名称	文献
33	筋骨草苷 (ajugoside)	30	48	eucomosides B	19
34	桃叶珊瑚苷 (aucubin)	24	49	eucomosides C	19
35	车叶草苷 (asperuloside)	31	50	京尼平 (genipin)	35
36	车叶草酸 (asperuloside acid)	31	51	京尼平苷 (geniposide)	24
37	梓醇 (catalpol)	32	52	京尼平苷酸 (geniposidic acid)	35
38	1-去氧杜仲醇 (1-deoxyeucommiol)	24	53	哈帕苷乙酸酯 (harpagide acetate)	30
39	去乙酰车叶草酸 (deacetyl asperuloside acid)	31	54	地支普内酯 (loliolide)	34
40	二氢查耳酮 (dihydrochalcone)	33	55	雷朴妥苷 (reptoside)	30
41	表杜仲醇 (epieucommiol)	26	56	鸡屎藤苷-10-O-乙酸酯 (scandoside 10-O-acetate)	31
42	杜仲醇苷 (eucommioside)	30	57	杜仲苷 (ulmoside)	30
43	杜仲醇苷 I (eucommioside I)	24	58	京尼平苷酸三聚体 (ulmoidoside A)	36-38
44	杜仲醇 (eucommiol)	34	59	京尼平苷酸四聚体 (ulmoidoside B)	36-38
45	杜仲醇 I (eucommiol I)	24	60	京尼平苷酸三聚体乙酸酯 (ulmoidoside C)	36-38
46	杜仲醇 II (eucommiol II)	24	61	京尼平苷酸四聚体乙酸酯 (ulmoidoside D)	36-38
47	eucomosides A	19			

桃叶珊瑚苷能用于伤口的消炎处理,还可以显著提高伤口的自愈能力^[13]。

2.3 苯丙素类

苯丙素类是形成木脂素的前体,普遍存在于杜仲根皮、茎皮、绿叶和落叶中^[16,40]。迄今为止,杜仲中发现的苯丙素类化合物有 15 种(表 3),包括咖啡酸、二氢咖啡酸、松柏酸、绿原酸、愈创木丙三醇、绿原酸甲酯、丁香苷、间羟基苯丙酸等^[23,34,41-45]。目前,对杜仲中苯丙素类的报道较少且主要集中在绿原酸的研究上。杜仲全树均含有绿原酸,杜仲叶中绿原酸质量分数可达 5.28%,是杜仲皮中的 18.57 倍,因此杜仲叶中绿原酸的量常作为评价杜仲叶品质的重要依据,《中国药典》2015 年版中使用薄层色谱法和 HPLC 法对杜仲叶中绿原酸的量进行测定。万春华等^[46]利用正交试验筛选最佳提取条件(30%甲醇提取 20 min),采用反相液相色谱法测定杜仲叶中绿原酸的量,操作简单、快速、准确、分离度好。魏锐^[47]用 HPLC 法以汉中地区杜仲叶为原料,测定了不同月份杜仲叶中绿原酸量的变化,发

现 6 月份绿原酸的量最高。

目前,对绿原酸提取纯化方法的报道较多,绿原酸还具有广泛的抗菌、抗病毒、抗氧化、降压、兴奋中枢神经、显著增加胃肠蠕动和促进胃液分泌等药理作用,是保健品、食品、药品、化妆品等的重要原料。

2.4 黄酮类

黄酮类化合物是杜仲的主要有效成分之一,其量的高低是判断杜仲生药材及其产品质量的重要指标。现已从杜仲中分离鉴定出 18 种黄酮类化合物(表 4),包括山柰酚、紫云英苷、陆地锦苷、金丝桃苷等^[35,48-52]。黄酮类化合物富含于杜仲叶和雄花中,皮和果实中较少^[16]。黄酮类化合物具有止咳、祛痰、平喘、护肝、抗菌、抗衰老、抗氧化和调节心血管系统等多种作用。

2.5 多糖类

杜仲多糖是近年来在杜仲中新发现的活性成分。杜仲多糖为天然植物提取物,是经农业部审定批准可在生产中使用的饲料添加剂新产品。目前从

表 3 杜仲中的苯丙素类化合物

Table 3 Phenylpropanoids in *E. ulmoides*

编号	化合物名称	文献	编号	化合物名称	文献
62	抗坏血酸 (ascorbic acid)	41	70	愈创木基丙三醇 (guaiacyl-glycerol)	23
63	咖啡酸 (caffeic acid)	34	71	异绿原酸 A (isochlorogenic acid A)	44
64	咖啡酸乙酯 (caffeic acid ethyl ester)	42	72	异绿原酸 C (isochlorogenic acid B)	44
65	绿原酸 (chlorogenic acid)	42	73	绿原酸甲酯 (methyl chlorogenate)	34
66	对香豆酸 (<i>p</i> -coumaric acid)	34	74	间羟基苯丙酸 [3-(3-hydroxyphenyl) propionic acid]	43
67	松柏苷 (coniferin)	42	75	紫丁香苷 (syringin)	34
68	松柏醇 (coniferol)	34	76	阿魏酸 (ferulic acid)	45
69	二氢咖啡酸 {dihydrocaffeic acid [3-(3,4-dihydroxyphenyl) propionic acid]}	43			

表 4 杜仲中的黄酮类化合物
Table 4 Flavonoids in *E. ulmoides*

编号	化合物名称	文献
77	黄芪苷 (astragalin)	35
78	黄芩素 (baicalein)	48
79	陆地锦苷 (hirsutin)	49
80	金丝桃苷 (hyperoside)	50
81	异槲皮素 (isoquercitrin)	35
82	山柰酚 (kaempferol)	48
83	山柰酚-3- <i>O</i> -芸香苷 (kaempferol-3- <i>O</i> -rutinoside)	35
84	山柰酚-3- <i>O</i> -6''-乙酰葡萄糖苷 (kaempferol-3- <i>O</i> -6''-acetyl-glucopyranoside)	51
85	木犀草素 (luteolin)	50
86	烟花苷 (nicotiflorin)	51
87	木蝴蝶素 (oroxylin A)	48
88	槲皮素 (quercetin)	35
89	槲皮素-3- <i>O</i> -桑布双糖苷 (quercetin 3- <i>O</i> -sambu-bioside)	35
90	槲皮素-3- <i>O</i> -木糖-(1→2)-葡萄糖苷 [quercetin 3- <i>O</i> -xylopy-ranosyl-(1→2)-glucopyranoside]	50
91	槲皮素-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -吡喃阿拉伯糖-(1→2)- β - <i>D</i> -葡萄糖苷 [quercetin 3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -arabinopyranosyl-(1→2)- β - <i>D</i> -glucopyranoside]	51
92	芦丁 (rutin)	35
93	汉黄芩素 (wogonin)	48
94	汉黄芩苷 (wogonside)	52

杜仲药材中得到的糖类有蔗糖和多糖,而多糖又包括杜仲多糖 A 和杜仲多糖 B^[14,53],经研究发现杜仲多糖对网状内皮系统有活化作用,可增强机体非特异性免疫功能,还有降血糖、抗肝纤维化、抗肿瘤和提高机体耐缺氧能力的作用^[54-57]。

2.6 杜仲胶

杜仲胶又名古塔胶或巴巴拉胶 (balata),是杜仲中量较高的一类成分,存在于杜仲树的叶、皮、根中,是一种天然高分子物质,其主要化学成分为反式-聚异戊二烯,具有绝缘性强、耐水湿、抗酸碱、热塑性好和形状记忆性等特性,是一种重要的化工原料,也可用作新型的医用功能材料^[58-59]。

2.7 抗真菌蛋白

杜仲抗真菌蛋白是近年来发现的一类植物蛋白质,具有单链、不含糖、相对分子质量小和热稳定的特点,与其他抗真菌蛋白相比还具有抗菌谱广的优点。经研究发现,其主要分布在杜仲树皮中,根中分布较少,在叶中未检测到,且分布较稳定,不随生长季节而改变^[60-61]。

2.8 氨基酸类及维生素

对杜仲所有成分进行分析,已确认杜仲中含有人体所必需的 17 种游离氨基酸,包括苏氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、赖氨酸等,以及人体所需的 15 种微量元素,包括锌、铜、镁、铁、钙、磷和钾等^[9]。

杜仲叶和皮中含有丰富的维生素 E 和 β -胡萝卜素,还含有维生素 B₂ 及微量的维生素 B₁,杜仲抗衰老和增强细胞免疫力的功能正是与此相关^[15]。

3 药理活性

3.1 降压作用

杜仲被认为是高质量、无副作用的天然降压中药材,并且其降压作用经过了多年来的临床实践证明。目前已知的降压成分包括松脂醇二葡萄糖苷、脱氢二松柏醇二糖苷、PDG、柑桔素 B、咖啡酸、阿魏酸、京尼平、京尼平苷酸、槲皮素和芦丁^[45]。研究发现,杜仲中松脂醇二葡萄糖苷和丁香脂素 4',4''-二吡喃葡萄糖苷对血压具有双向调节作用(低血压者能升高血压,高血压者能降低血压),降压效果尤为明显,而且疗效平稳,无毒副作用^[14,17]。杜仲的提取工艺、炮制与制剂剂型对降压作用有一定影响,杜仲水煎液比醇提液的降压作用强,煎剂作用强于酊剂,炒杜仲强于生杜仲^[62]。杜仲叶较皮具有更佳的降压效果^[15]。研究表明,杜仲主要是通过诱导血管内皮产生舒血管物质 NO、内皮依赖性超极化因子 (EDFH) 来达到降压的功效^[63-65]。不同部位的血管降压机制也不完全一致,对主动脉、颈动脉等大血管的扩张作用是由血管内皮产生的 NO 介导的,而对于外周血管是由 EDFH 和 NO 共同参与。EDFH 主要作用在末梢直径为 200~450 μ m 的

阻力血管上,内皮依赖性舒张反应主要由 EDFH 介导。

3.2 增强免疫力作用

杜仲的水提液和乙醇提取液能激活单核巨噬细胞系统和腹腔巨噬细胞系统的活性,又能对迟发型超敏反应起抑制作用,从而对细胞免疫起到双向调节的作用。杜仲叶浸提物制剂对小鼠的非特异性免疫功能、细胞免疫功能和体液免疫功能都有显著促进作用^[53,60]。王宇华等^[66]通过小鼠碳粒廓清实验研究表明,生杜仲和盐杜仲均可提高小鼠非特异性免疫功能,且生杜仲和盐杜仲的醇煎液作用更显著。叶颖霞等^[67]研究表明杜仲叶多糖有增强免疫抑制小鼠免疫功能的作用。

3.3 调血脂、降血糖作用

刘静等^[68]研究表明杜仲叶黄酮具有较好的调血脂作用。目前认为绿原酸、槲皮素、桃叶珊瑚苷和京尼平苷等成分与调血脂作用有关^[17]。张红霞等^[69]研究了杜仲叶 20%乙醇提取物对 α -葡萄糖苷酶活性及葡萄糖转运蛋白的影响,发现其可通过抑制 α -葡萄糖苷酶活性来降低葡萄糖吸收和转运,达到降血糖的作用。刘国荣等^[55]研究表明杜仲多糖对四氧嘧啶致糖尿病小鼠有一定的降血糖作用。韩国民间常用杜仲叶治疗糖尿病,研究发现其中的黄酮醇糖苷可抑制糖化作用,作用效果可与氨基呱相媲美^[62],杜仲在糖尿病治疗领域极具开发潜力。

3.4 保肝、利胆、利尿作用

经研究报道,杜仲具有显著的抗免疫性肝损伤和抗肝纤维化作用,对四氯化碳所致的肝损伤具有保护作用^[70]。杜仲中含有的绿原酸有利胆作用,能增加胆汁和胃液分泌。杜仲的各种制剂对麻醉犬均有利尿作用,且无“快速耐受”现象,对正常大鼠、小鼠亦有利尿作用,利尿作用与桃叶珊瑚苷有关^[53]。

3.5 神经细胞保护作用

经研究报道,杜仲通过部分的抑制乙酰胆碱酯酶(AChE)活性,起到神经保护作用,可能用于治疗神经退行性疾病如阿尔茨海默病(AD)。杜仲可通过减轻有髓神经的损伤而保护神经根,减轻非机械压迫性髓核对神经根损伤后所导致的机械痛觉过敏,提高痛阈。此外还可通过减轻有髓神经的损伤、增强阴茎组织中神经元型一氧化氮合酶(nNOS)表达,来治疗性功能障碍^[71-72]。

3.6 调节骨代谢作用

杜仲具有促进骨细胞增殖、抗骨质疏松的作用。主要机制:(1)刺激成骨细胞增殖、分化和成熟,

并抑制破骨细胞生长^[73];(2)促进骨髓间充质细胞的增殖与骨向分化^[74];(3)促进矿物质化,增加骨密度,改善骨小梁微体结构^[75]。杜仲对骨代谢平衡具有良好的调节作用,同时杜仲具有保护关节软骨,抗骨性关节炎的作用^[76]。杜仲中木脂素、桃叶珊瑚苷、京尼平苷、京尼平苷酸、山柰酚和杜仲籽总苷类与上述作用有关^[73,76-78]。

3.7 补肾、护肾及安胎作用

研究发现杜仲可改善肾阳虚证引起的腰膝酸软、性欲减退、畏寒肢冷、精神萎靡、阳虚水泛等症状,以及减少流产次数,起到安胎的作用^[79-80]。有研究报道^[66]杜仲可以保护镉对大鼠造成的肾损害,可以减缓单侧输尿管阻塞造成的大鼠肾间质纤维化^[70]。

3.8 其他作用

此外杜仲提取物还能够抑制人类免疫缺陷病毒(HIV) gp41 六螺旋结构的形成,是潜在的 HIV 抑制剂^[45]。近年研究表明杜仲还有抗衰老作用,可促进人体皮肤、骨骼和肌肉中蛋白质胶原的合成和分解,促进代谢,预防衰老;杜仲还具有一定的抗肿瘤、消炎^[15]、抗菌和镇静催眠^[14]作用。

近年来研究表明,使用含杜仲叶提取物的化妆品,可美白肌肤、消除老年斑,还能够促进头发黑色素细胞的分裂和提高其细胞活性,有较好的防止白发产生的效果。饮用杜仲茶还可减肥,防治牙齿松动,预防牙周病、老年痴呆症,治疗畏寒症等。不但能降低烟、酒、有机磷农药对人体的危害,而且能抑制染色体异常,预防细胞癌变^[81]。

4 杜仲质量控制研究

4.1 市售杜仲药材质量分析

《中国药典》2015 年版一部收载了杜仲的性状、显微鉴别和理化鉴别,对其醇溶性浸出物进行限定,并将 PDG 作为杜仲的质控成分,其量采用 HPLC 法进行测定且规定不得少于 0.10%^[5]。赵骏铭等^[82]利用超高效液相色谱(UPLC)法,以乙腈-水为流动相,对杜仲的 PDG 量进行测定,与药典 HPLC 方法相比,可将 PDG 色谱峰和杂质峰分离开,具有高速、高分离度、节约溶剂等优势。

1984 年由国家医药管理局和卫生部联合制定了《七十六种药材商品规格标准》,主要根据杜仲皮长宽厚、色泽等因素规定了杜仲的 4 个等级^[83](表 5),从表 5 中可知,最后一个等级(三等)的杜仲商品已将枝皮、根皮和碎块等列入,故等级不同价

表 5 杜仲药材的商品规格标准

Table 5 Commercial specification of *E. ulmoides*

等级	标准
特等	干货，呈平板状，两端切齐，去净粗皮；表面呈灰褐色，里面黑褐色，质脆；断处有胶丝相连，味微苦，整张长 70~80 cm，宽 50 cm 以上，厚 0.7 cm 以上，碎块不超过 10%；无卷形，杂质，霉变
一等	干货，呈平板状，两端切齐，去净粗皮；表面呈灰褐色，里面黑褐色、质脆。断处有胶丝相连；味微苦，整张长 40 cm 以上，宽 40 cm 以上，厚 0.5 cm 以上，碎块不超过 10%；无卷形、杂质、霉变
二等	干货，呈板片状或卷曲状；表面呈灰褐色，里面青褐色、质脆；断处有胶丝相连，味微苦；整张长 40 cm 以上，宽 30 cm 以上；碎块不超过 10%；无杂质、霉变
三等	干货；凡不合特、一、二等标准，厚度最薄不得小于 0.2 cm，包括枝皮、根皮、碎块，均属此等；无杂质、霉变

格差异大。彭应枝^[84]从形态和量的角度对市售杜仲药材进行了评价，观察形态发现部分杜仲药材多为统货，含有枝皮、嫩皮，很多批次药材未去栓皮粗皮，部分药材厚度达不到药典要求，这说明市售的杜仲药材并没有完全按加工规范处理，同时说明杜仲商品学意义上的等级分类在市场上的应用并不广泛；在量的角度上，来自于不同产地的市售杜仲药材中 PDG 的量有 41.7% 未达到药典标准。黄伟^[8]对湖北、贵州、河南和陕西等地的杜仲 PDG 的量进行了 HPLC 测定，发现河南、陕西产地杜仲的 PDG 量最高，而湖北宜昌、贵州遵义的杜仲 PDG 量达不到药典标准，这可能与该地区气候、生长环境有关，也可能是采收处理不规范所致。

4.2 炮制对杜仲品质的影响

杜仲的炮制有盐炙、黄酒炙、蜜炙、清炒、土炒、炒炭、煅炭和砂炒等方式^[85-86]，临床应用中多以盐炙品入药^[87]。许晓嘉等^[88]比较了不同批次杜仲盐炙品和生品中 PDG 的量、水分、总灰分和浸出物的量，还按文献方法对杜仲生品和盐炙品的指纹图谱进行了比较，得出杜仲生品和盐炙品水分、总灰分、浸出物量均符合药典规定，但盐炙杜仲中的水分较生杜仲降低，浸出物的量也有所降低，总灰分量比生杜仲有所增加；盐炙杜仲中 PDG 的量明显下降；杜仲生品较盐炙品的 HPLC 图谱上的峰数多且量高，盐炙杜仲的部分成分（包括 PDG）的量有所下降，但绿原酸等的量有所升高，同时还出现了杜仲对照指纹图谱上不具备的指纹峰，此类峰可能是某种成分的降解物或是在盐制过程中产生的新物质。狄留庆等^[89]比较了不同产地杜仲盐制前后 PDG、浸出物量以及指纹图谱的变化，结果发现杜仲盐制后 PDG 均有不同程度的下降，醇溶性浸出物因产地的不同而呈现不同的变化，杜仲盐制后指

纹图谱的变化与许晓嘉等的指纹图谱结果相一致。上述研究都是只选取单一的炮制方式研究对杜仲品质的影响，缺乏系统性，且评价指标单一。肖娟等^[90]以桃叶珊瑚苷、京尼平苷酸、绿原酸、京尼平苷、PDG 和芦丁这 6 种有效成分为主要评价指标，结合醇浸出物量和炮制过程的损耗率，依据数据指标的重要性差异给出指标的权重系数，得到综合评分，比较不同辅料炮制（盐炙、酒炙、蜜炙、清炒和土炒等）对杜仲品质的影响，发现盐炙、清炒、酒炙法和糯米炙法所得杜仲成品质量优于杜仲原药材，这种方法更能合理地反映出炮制方式对炮制品质量的影响。

5 展望

杜仲是我国特有的药材，药用历史悠久。杜仲化学成分多达 138 种，种类繁多，具有广泛的药理活性，在医药领域有广阔的应用前景。目前，杜仲化学成分与药理活性研究较深入，但杜仲的资源紧缺，枝皮和叶替代板皮作为药用是否对其质量和疗效有一定影响还需深入研究。杜仲基原不同，其形态和药效成分的量均有一定差异，且受杜仲采收处理的影响，导致市售杜仲质量参差不齐，会严重影响杜仲单味药制剂和以杜仲配伍的中成药的质量和疗效，因此区分不同产地来源对于杜仲的质量评价具有重要意义；杜仲炮制对有效成分量、浸出物等指标均会产生一定的影响，可能还会产生新物质，因此不仅需要加大对市售杜仲质量控制的监管力度，还需全面提升杜仲质量标准的研究，建立指纹图谱与代谢组学的方法，完善杜仲商品规格等级。对于杜仲的炮制意义还需结合药理作用进行探讨：通过杜仲炮制品和生品对相应动物模型的药理作用来比较，确认杜仲炮制品补肝肾、安胎、降压、增强免疫力、调血脂和降血糖等作用较杜仲生品是否增强，以

及是否产生新的药理作用,进一步明确二者在药理作用方面的变化是否与炮制过程中生成某些有益的新成分或是除去某些对机体有副作用的成分有关。

参考文献

- [1] 陈建明. 关于杜仲的概述 [J]. 遵义科技, 2004, 11(3): 142-146.
- [2] 李芳东, 杜红岩. 杜仲 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2001.
- [3] 张康健, 王 蓝, 马柏林, 等. 中国杜仲次生代谢物 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] 中国药典 [S]. 一部. 2005.
- [5] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [6] 杨峻山, 张聿梅, 姜声虎. 杜仲研究的现状与展望 [J]. 自然资源学报, 1997, 12(1): 60-67.
- [7] 陈品良, 吴俊元, 贺善安. 杜仲种质资源的现状及保护对策 [J]. 植物资源与环境学报, 1992(4): 6-11.
- [8] 黄 伟. 杜仲不同产地遗传差异及化学组分分析 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.
- [9] 向 斯. 龟龄集探秘 [M]. 北京: 故宫出版社, 2013.
- [10] 陈 廉, 常复蓉, 王殿俊, 等. 杜仲皮和叶的对比实验研究 [J]. 南京中医学院学报, 1986, 10(2): 40-43.
- [11] 龚桂珍, 宫本红, 张学俊, 等. 杜仲叶和杜仲皮中化学成分的比较 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(7): 167-172.
- [12] 杨林军, 黄文平, 吴永忠, 等. 杜仲板皮和枝皮中 4 种有效成分差异性比较 [J]. 中草药, 2015, 46(4): 584-587.
- [13] 刘丽君. 杜仲化学活性成分及其药理学研究概况 [J]. 亚太传统医药, 2013, 9(5): 82-83.
- [14] 栾庆祥. 杜仲化学成分和药理作用研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2016, 44(9): 153-156.
- [15] 向 丽, 张贵君, 王晶娟. 杜仲的化学成分, 药理活性及质量控制研究进展 [A] // 第四届中国中药商品学术大会暨中药鉴定学科教学改革与教材建设研讨会论文集 [C]. 北京: 中国商品学会, 2015.
- [16] 范彦博, 周 妍, 刘大鹏, 等. 杜仲主要化学成分分类总结 [J]. 中国药师, 2014, 17(10): 1756-1760.
- [17] 冯 晗, 周宏灏, 欧阳冬生. 杜仲的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中国临床药理学与治疗学, 2015, 50(6): 713-720.
- [18] 李 欣, 刘 严, 朱文学, 等. 杜仲的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(10): 378-382.
- [19] Deyama T, Ikawa T, Kitagaw S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. V. Isolation of dihydroxy dehydrodiconiferyl alcohol isomers and phenolic compounds [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(5): 1785-1789.
- [20] Deyama T. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. I. Isolation of (+)-medioresino di-*O*- β -*D*-glucopyranoside [J]. *Chem Pharm Bull*, 1983, 31(9): 2993-2997.
- [21] Deyama T, Ikawa T, Kitagaw S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. II. Isolation and structures of three new lignan glycosides [J]. *Chem Pharm Bull*, 1985, 33(9): 3651-3657.
- [22] Feng S, Ni S, Sun W. Preparative isolation and purification of the lignan pinoresinol diglucoside and liriodendrin from the bark of *Eucommia ulmoides* Oliv. by high speed countercurrent chromatography [J]. *J Liq Chromatogr R T*, 2007, 30(1): 135-145.
- [23] Deyama T, Ikawa T, Kitagaw S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. III. Isolation and structures of a new lignin glycoside [J]. *Chem Pharm Bull*, 1986, 34(2): 523-527.
- [24] Deyama T, Kitagaw S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. IV. Isolation of a new sesquilignan glycoside and iridoids [J]. *Chem Pharm Bull*, 1986, 34(12): 4933-4938.
- [25] Deyama T, Ikawa T, Kitagaw S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. VI. Isolation of a new sesquilignan and neolignan glycosides [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(5): 1803-1807.
- [26] Deyama T, Nishibe S, Yoshihisa N. Constituents and pharm-acological effects of *Eucommia* and siberian ginseng [J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2001, 22(12): 1057-1070.
- [27] 李健民, 徐艳明, 朱魁元, 等. 杜仲抗氧化生物活性研究进展 [J]. 中医药学报, 2010, 38(2): 137-139.
- [28] 管淑玉, 苏薇薇. 杜仲化学成分与药理研究进展 [J]. 中药材, 2003, 26(2): 124-129.
- [29] Nishibe S, Kinoshita H, Takeda H, et al. Phenolic compounds from stem bark of *Acatopanax senticosus* and their pharmacological effect in chronic swimming stressed rats [J]. *Chem Pharm Bull*, 1990, 38(6): 1763-1765.
- [30] Bianco A, Bonini C C, Iavarone C, et al. Structure elucidation of eucommioside (2-*O*- β -*D*-glucopyranosyl eucommiol) from *Eucommia ulmoides* [J]. *Phytochemistry*, 1982, 21(1): 201-203.
- [31] Takamura C, Hirata T, Ueda T, et al. Iridoids from the green leaves of *Eucommia ulmoides* [J]. *J Nat Prod*, 2007, 70(8): 1312-1316.
- [32] Kim B H, Park K S, Chang I M. Elucidation of anti-inflammatory potencies of *Eucommia ulmoides* bark and plantago asiatica seeds [J]. *J Med Food*, 2009, 12(4): 764-769.
- [33] 高秀梅, 王 虹, 苏艳芳, 等. 杜仲化学成分作为植物

- 雌激素的新用途：中国，CN200910070365.0. [P]. 2010-02-17.
- [34] 赖娟华，徐丽瑛，饶 华，等. 杜仲叶化学成分和药理作用研究概况 [J]. 实用中西医结合临床，2004，4(2): 67-68.
- [35] Takamura C, Hirata T, Yamaguchi Y, *et al.* Studies on the chemical constituents of green leaves of *Eucommia ulmoides* Oliv. [J]. *J Nat Med*, 2007, 61(2): 220-221.
- [36] Yahara S, Kata K, Nakazawa Y, *et al.* New iridoid trimers and tetramers from *Eucommia ulmoides* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1990, 38(1): 267-274.
- [37] 贾智若，朱小勇，李 兵，等. 不同产地杜仲叶挥发油成分的 GC-MS 分析 [J]. 中国实验方剂学杂志，2013，19(19): 118-122.
- [38] 马 博，张 媛，张达义，等. 杜仲的化学成分及其药理作用研究进展 [J]. 西部中医药，2013，26(12): 153-159.
- [39] 陈永强，翟 芳，董娟娥，等. 杜仲的医疗保健功能及其机理研究 [J]. 云南林业科技，2002(3): 76-79.
- [40] 刘 慧，刘仲华，张 盛. 杜仲中活性成分的研究进展 [J]. 农产品加工·学刊，2011(8): 12-18.
- [41] 林 森，楚清脆，田秀慧，等. 杜仲及其保健品中生物活性成分的毛细管电泳/电化学检测 [J]. 分析测试学报，2007，26(3): 389-392.
- [42] 成 军，白焱晶. 杜仲叶苯丙素类成分的研究 [J]. 中国中药杂志，2002，27(1): 38-40.
- [43] Hattori M, Che Q M, Gewali M B, *et al.* Studies on Du-Zhong leaves (III): Constituents of the leaves of *Eucommia ulmoides* (1) [J]. *Shoyakugaku Zasshi*, 1988, 42(1): 76-80.
- [44] Si C L, Deng X J, Wang D, *et al.* Study on Chemical compositions of *Eucommia ulmoides* Oliv. Inner bark and its extractives [J]. *Chem Indust Forest Pro*, 2008, 28(5): 7-10.
- [45] 罗丽芳，吴卫华，欧阳冬生，等. 杜仲的降压成分及降压机制 [J]. 中草药，2006，37(1): 150-152.
- [46] 万春华，倪永年，龙洲雄，等. 反相液相色谱法测定杜仲叶中绿原酸 [J]. 食品科学，2007，28(1): 255-257.
- [47] 魏 锐. 不同月份杜仲叶中绿原酸含量分析及提取工艺研究 [D]. 汉中：陕西理工学院，2011.
- [48] Xin C, Wang Y F, Su Y F, *et al.* A rapid ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric method for the qualitative and quantitative analysis of ten compounds in *Eucommia ulmoides* Oliv. [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2012, 57(5): 52-61.
- [49] 成 军，赵玉英，崔育新，等. 杜仲叶黄酮类化合物的研究 [J]. 中国中药杂志，2000，25(5): 284-286.
- [50] 付桂明，万 茵，张 硕，等. 杜仲叶总黄酮超临界流体提取工艺优化及其成分的液质联用分析 [J]. 食品科学，2007，28(12): 128-131.
- [51] Tang S H, Wang Z G, Ma C M, *et al.* Simultaneous determination of ten bioactive constituents in *Eucommia ulmoides* leaves and tochu tea products by high-performance liquid chromatography-diode array detector-mass spectrometry (HPLC-DAD-MS) [J]. *J Trad Med*, 2008, 25(4): 112-118.
- [52] 姚丽娜. 杜仲的化学成分研究 [D]. 天津：天津大学，2010.
- [53] 马 山，卢少海，田景振. 杜仲药效成分和药理学的研究概况 [J]. 食品与药品，2013，15(6): 449-451.
- [54] Gonda R, Tomodo M, Shimizu N, *et al.* An acidic polysaccharide having activity on the reticuloendothelial system from the bark of *Eucommia ulmoides* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1990, 38(7): 1966-1969.
- [55] 刘国荣，邱立朋，周延萌，等. 杜仲多糖对糖尿病小鼠降血糖作用及其机制研究 [J]. 泰山医学院学报，2010，31(9): 659-661.
- [56] 周程艳，艾凌艳，王 美，等. 杜仲多糖抗肝纤维化作用的实验研究 [J]. 中草药，2011，42(2): 324-329.
- [57] 辛晓明，郭桂丽，王 浩，等. 杜仲多糖对环磷酰胺致小鼠毒性的影响 [J]. 时珍国医国药，2009，20(7): 1664-1665.
- [58] 杨 丹，黄慧珍. 杜仲胶的研究与发展 [J]. 世界橡胶工业，2009，36(7): 13-17.
- [59] 严瑞芳. 杜仲橡胶的开发及应用概况 [J]. 橡胶科技市场，2010(10): 9-13.
- [60] 秦国利. 浅析杜仲的化学成分及药理作用 [J]. 中国医药指南，2012，10(26): 613-614.
- [61] 马长乐，李 靖，刘小烛. 杜仲抗真菌蛋白的时空表达特性 [J]. 贵州农业科学，2012，40(8): 169-170.
- [62] 丁嘉信，李慧芬，崔伟亮，等. 杜仲的化学成分，药理及炮制研究进展 [A] // 中华中医药学会中药炮制分会 2011 年学术年会论文集 [C]. 北京：中华中医药学会，2011.
- [63] 许激扬，宋 妍，季 晖. 杜仲木脂素化合物舒张血管作用机制 [J]. 中国中药杂志，2006，31(23): 1976-1978.
- [64] Kwan C Y, Zhang W B, Deyama T, *et al.* Endothelium-dependent vascular relaxation induced by *Eucommia ulmoides* Oliv. bark extract is mediated by NO and EDHF in small vessels [J]. *N-S Arch Pharmacol*, 2004, 369(2): 206-211.
- [65] 李世康，何 巍. 内皮依赖性超极化因子的研究现状 [J]. 广西医学院学报，2008，25(3): 488-490.
- [66] 王宇华，许惠琴，狄留庆，等. 生杜仲和盐杜仲对小鼠免疫功能的影响和抗疲劳作用研究 [J]. 中药药理与临床，2008，24(2): 49-50.
- [67] 叶颖霞，林 岚，赵菊香，等. 杜仲叶多糖对免疫抑制小鼠免疫功能的影响 [J]. 中药材，2015，38(7): 1496-1498.

- [68] 刘 静, 濮智颖, 李爱玲, 等. 杜仲叶黄酮降血脂及抗氧化作用的研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 5631-5632.
- [69] 张红霞, 杨丹丹, 王 凤, 等. 杜仲叶乙醇提取物的降糖作用机理 [J]. 食品科学, 2014, 35(17): 197-203.
- [70] 张京京, 杜红岩, 李 钦, 等. 杜仲药理与毒理研究进展 [J]. 河南大学学报: 医学版, 2014, 33(3): 217-222.
- [71] Kwon S H, Lee H K, Kim J A, *et al.* Neuroprotective effects of *Eucommia ulmoides* Oliv. bark on amyloid beta 25-35-induced learning and memory impairments in mice [J]. *Neurosci Lett*, 2011, 487(1): 123-127.
- [72] 张万宏, 李 刚, 董汉生, 等. 杜仲对糖尿病大鼠扑捉行为和阴茎组织神经传导通路的影响 [J]. 中华男科学杂志, 2006, 12(5): 466-469.
- [73] 张 蓉. 杜仲防治绝经后骨质疏松及其机理研究 [D]. 西安: 第四军医大学, 2008.
- [74] Lin J, Fan Y, Mehl C, *et al.* *Eucommia ulmoides* Oliv. antagonizes H₂O₂-induced rat osteoblastic MC3T3-E1 apoptosis by inhibiting expressions of caspases 3, 6, 7, and 9 [J]. *J Zhejiang Univ Sci B*, 2011, 12(1): 47-54.
- [75] 朱福群, 唐芳瑞, 刘荣华. 杜仲强筋健骨的药理作用及临床应用研究进展 [J]. 江西中医药大学学报, 2015, 27(4): 92-96.
- [76] 史卉妍, 何 鑫, 欧阳冬生, 等. 京尼平苷及其衍生物的药效学研究进展 [J]. 中国药学杂志, 2006, 41(1): 4-6.
- [77] Li Y, Wang M, Li S, *et al.* Effect of total glycosides from *Eucommia ulmoides* seed on bone microarchitecture in rats [J]. *Phytother Res*, 2011, 25(12): 1895-1897.
- [78] 牟丽秋, 杜俊, 胡旖耘, 等. 杜仲中槲皮素、京尼平苷及桃叶珊瑚苷对小鼠成骨样细胞系 MC3T3-E1 增殖和分化的影响 [J]. 药物评价研究, 2015, 38(2): 165-169.
- [79] 范 景, 吕圭源, 李恒辉, 等. 杜仲提取物对雌二醇致肾阳虚小鼠的影响 [J]. 浙江中西医结合杂志, 2009, 19(1): 1-4.
- [80] 黄武光, 曾庆卓. 杜仲叶冲剂主要药效学及急性毒性研究 [J]. 贵州医药, 2000, 24(6): 325-326.
- [81] 杜红岩. 杜仲活性成分与药理研究的新进展 [J]. 经济林研究, 2003, 21(2): 58-61.
- [82] 赵骏铭, 张紫佳, 孙庆龙, 等. 超高效液相色谱法测定杜仲中松脂醇二葡萄糖苷 [J]. 中草药, 2010, 41(11): 1896-1898.
- [83] 七十六种药材商品规格标准 [S]. 1984.
- [84] 彭应枝. 杜仲质量控制研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2014.
- [85] 宋 熾, 朱俊杰, 罗 书. 杜仲的炮制工艺研究 [J]. 中成药, 2008, 30(6): 879-882.
- [86] 刘可鑫, 周 翎, 刘攀峰, 等. 盐制对杜仲化学成分含量变化的影响 [J]. 中成药, 2011, 33(2): 280-284.
- [87] 赵冬霞, 刘志庆, 李 钦. 杜仲炮制的历史沿革 [J]. 河南大学学报: 医学版, 2012, 31(1): 65-66.
- [88] 许晓嘉, 李向日. 杜仲生品和盐炙品质量控制探究 [A] // 中华中医药学会中药炮制分会 2011 年学术年会论文集 [C]. 北京: 中华中医药学会, 2011.
- [89] 狄留庆, 刘圣金, 赵晓莉, 等. 杜仲盐制前后质量变化的比较研究 [J]. 中药材, 2007, 30(5): 525-529.
- [90] 肖 娟, 张水寒, 蔡 萍. 不同炮制方式对杜仲品质的影响 [J]. 现代药物与临床, 2013, 28(6): 874-878.