

泡桐植物源的综合利用研究阐述

胡伟华*, 常德龙, 黄文豪, 张云岭

国家林业局泡桐研究开发中心, 郑州 450003

摘要: 本文从泡桐的花、叶、果、皮的有效成分提取、利用到对其材质的改性研究、加工利用现状进行了全面阐述, 为更好的开发和利用泡桐资源提供参考

关键词: 泡桐; 有效成分; 木材改性; 加工利用

中图分类号: S792.43

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2016.S.037

Review on Utilization of *Paulownia* Plant Resources

HU Wei-hua*, CHANG De-long, HUANG Wen-hao, ZHANG Yun-ling

China Paulownia Research Center, Zhengzhou 450003, China

Abstract: This paper overall stated on extracting effective constitutes from paulownia flowers, leaves, fruits and bark etc. utilization of wood modification, current uses of wood, provided references for better development and utilization with *paulownia* resources.

Key words: paulownia; effective constitutes; wood modification

泡桐为玄参科泡桐属 (*Paulownia*) 多年生落叶乔木, 共 9 种, 均产我国, 在我国 20 多个省(市、区) 都有自然分布和人工栽培, 现有泡桐约 10 亿株。黄淮海平原是我国泡桐的主要栽培区, 除东北北部、内蒙古、新疆北部、西藏等地区外, 全国均有分布。泡桐具有抗干旱、耐盐碱的特点, 不仅生长迅速, 材质优良, 且其花、叶、果、皮、根均可入药, 叶还可用作饲料、肥料、除臭剂、杀虫剂等^[1,2]。近年来, 国内外对该属植物的化学成分和药理多有研究^[3], 发现泡桐植物具有抑菌、消炎、抗病毒、抗氧化等药用价值。泡桐材质优良, 有丝绢光泽、尺寸稳定、不翘不裂等优点, 而广泛的应用于家具制作。但由于泡桐木锯解后表面易出现红、褐等色斑而大大降低木材的品质和价格, 另一方面由于其木质软, 也而限制了它的广泛应用。对泡桐材的改性处理后, 既能保持其原有的优点, 又能增加其表面强度, 使其应用得以拓展。目前对泡桐材的改性研究主要集中在(1) 材色处理; (2) 尺寸稳定性; (3) 增强处理; (5) 防腐处理; (7) 阻燃处理等方面。对泡桐材的加工利用, 主要有乐器、家具的制作以及桐木拼版、桐木墙壁板、桐木薄木贴面板等, 强化后的桐木板可用于桐木木地

板的开发、及隔音材料的应用。本文对泡桐目前所进行的研究工作及研究进展状况做一全面的综述, 以期给予研究者们对泡桐研究状况有一个较全面的了解, 以便更加深入的挖掘泡桐开发应用的潜力, 能使泡桐有更加广泛的应用, 为社会创造出更多的经济效益。

1 泡桐的化学成分研究

1.1 泡桐花的化学成分研究

1.1.1 泡桐花中精油成分提取与分析

泡桐花呈喇叭状, 有白、紫两种花色, 具有天然的清香, 微甜, 有一定的药用功能。它可疏风散热、清热解毒、清肝明目、燥湿止痢, 主治上呼吸道感染、支气管肺炎、急性扁桃体炎、腮腺炎、疔肿等病症^[4]。泡桐花中含有丰富的精油成分, 主要是是茴香烯、3-辛酮、对甲氧基茴香醚、茴香酸甲酯等多种挥发性醚类、酮类、酯类以及各种烯烃类化合物。郑敏燕等^[5]用固相萃取、气质联用的方法对毛泡桐花的挥发性成分进行了分析, 鉴定出 58 种挥发性成分。王晓等^[6]用水蒸气蒸馏法提取泡桐花中的精油, 结合 GC-MS 技术从中分离出 91 个组分, 并鉴定了 69 个成分。张玉玉等^[7]采用蒸馏萃取和顶空固相微萃取法, 结合气质联用, 分析了泡桐花的挥发性成分, 鉴定出 67 种挥发性化合物。魏希颖等^[8]还

研究了泡桐花脂溶性成分和水溶性成分对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的体外抑菌作用。

1.1.2 泡桐花中其它成分研究

泡桐花中除含有丰富的精油成分,还含有三萜、倍半萜、黄酮类、 β -谷甾醇、环烯醚萜苷、苯丙素苷、木脂素苷等多种化学成分^[9-11]。张培芬等^[12]利用柱色谱和波谱分析方法从白花泡桐花醋酸乙酯部分分离鉴定了:槲皮素、山柰酚等 11 个黄酮类化合物;杜欣等^[13]从毛泡桐花中获得了洋芹素等 5 个黄酮类的化合物。

孟志芬等^[14,15]通过单因素试验和正交试验对微波法提取毛泡桐花总黄酮的工艺进行了优化,并研究了黄酮类提取物对猪油的抗氧化性能。

牛江龙等^[16]用高效液相色谱法分析测定了兰考泡桐花中洋芹素和熊果酸的含量。刘临等^[17]利用乙醇超声波提取,通过对检测波长、流动相组成及流速的探讨,建立了毛泡桐花中熊果酸和齐墩果酸的高效液相色谱分析方法。为泡桐花的开发利用提供了重要的理论依据

1.2 泡桐叶的化学成分研究

1.2.1 泡桐叶的采集时间、部位与活性成分含量研究

泡桐树枝叶繁茂,泡桐叶可用做饲料、肥料、除臭剂、杀虫剂等的添加剂。泡桐叶中含有粗脂肪、粗蛋白、以及大量的铁、锰、锌等矿质元素,具有良好的饲用价值^[18,19],用泡桐叶作饲料,不仅能促进动物生长,而且能提高动物抗病能力。泡桐叶所含化学成分的类型主要有环烯醚萜苷、苯丙素、木脂素苷、黄酮类、倍半萜、三萜等^[20]。泡桐叶中含有洋芹素、木樨草素、山楂酸、熊果酸、齐墩果酸、胡萝卜苷、 β -谷甾醇等多种化合物,罗定强等^[21,22]对不同生长期光泡桐叶中熊果酸、齐墩果酸含量进行了高效液相色谱含量测定,结果表明:不同生长期的光泡桐叶在 10 月份含熊果酸 1.78% 和齐墩果酸 0.29% 均达到最高,这对泡桐叶的适时采收和有效利用提供了依据。李科等^[23,24]通过乙醚索氏提取,用 HPLC 进行含量测定,比较研究了不同产地、不同月份白花泡桐叶中熊果酸的含量。陈旅翼等^[25]采用高效液相色谱法测定含量,比较研究了白花泡桐不同部位熊果酸含量,结果表明白花泡桐不同药用部位熊果酸含量差别较大,叶 > 种子 > 花 > 果壳。由此可见,不同采集时间,不同的采集部位及不同的泡桐品种,其中熊果酸的含量都有不同程度的差别。

1.2.2 泡桐叶中熊果酸提取工艺研究

泡桐叶有效活性成分的提取分离和纯化利用引起了更广泛的关注。邹盛勤等^[26]采用正交实验设计、高效液相色谱法测定含量,对乙醇浓度、超声波时间、超声波功率、料液比对熊果酸提取率的影响进行了研究,结果表明,毛泡桐叶粉末用 95% 乙醇(物料比 1:6)超声波提取 2 h 超声功率 200 W 时,提取液中熊果酸平均为 0.75%,提取率最高。余晓晖等^[27,28]采用高效液相色谱法对白花泡桐叶超微粉和常粉中的熊果酸提取率进行比较研究并采用大孔吸附树脂对白花泡桐叶中熊果酸进行富集,得到纯度为 83.02% 的熊果酸。付建明等^[29]用乙醇回流经水液预处理的泡桐叶,经石油醚除杂、活性炭脱色、大孔吸附树脂动态吸附、乙醇结晶,得到纯度在 95% 以上的熊果酸晶体。师伯省等^[30]采用二步法,对兰考泡桐叶中熊果酸进行了提取纯化,其将水预处理的泡桐叶用乙醇提取,经碱除杂、酸沉淀、石油醚除杂、活性炭脱色提高熊果酸的纯度,再用硅胶柱层析的方法分离得到纯度大于 95% 的熊果酸。易艳萍等^[31]用酶解前处理,采用“醇提凝析法”分离制备熊果酸,得到纯度为 99.61% 的熊果酸,得率为 30.5%。这些研究精化了从泡桐叶中提取熊果酸的提取工艺,为以后的工业化生产提供了理论依据。

1.2.3 泡桐叶中苷类成分研究

对泡桐叶中苷类成分研究的开展较早,但研究的人员较少。在 20 世纪 30 年代到 60 年代期间,Mamao 等日本学者^[32-34]从泡桐树干和树叶中分别分离得到有糖苷、丁香花苷等。

1.3 泡桐皮及果实的化学成分研究

泡桐皮有治疗痔疮、淋病、丹毒、跌打损伤的功效。司传领等^[35]用柱色谱、薄层色谱等方法,对毛泡桐皮的化学成分进行了研究,从 70% 丙酮提取物乙酸乙酯萃取相中分离到 5 种化合物:对香豆酸、咖啡酸、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷和肉苁蓉甙。杨燕子等^[36]用 HPLC 法测定毛泡桐皮中丁香苷的含量,并通过对提取溶剂、超声波时间、HPLC 流动相组成等因素的研究,建立了用 HPLC 法检测毛泡桐皮中丁香苷含量的方法。王占斌等^[37]以毛泡桐皮为原料,通过乙醇浸提,大孔吸附树脂纯化,得到了毛泡桐皮中黄酮类化合物,测定了其对于猪油的抗氧化能力,进一步说明了泡桐皮中黄酮类抗氧化物质的活性。

司传领等^[38]还对泡桐果进行了研究,从泡桐果

70%丙酮提取物中分离得到:毛蕊花苷、异毛蕊花苷、紫葳新苷和异紫葳新苷4种化合物,并通过对其抑菌实验表明这4部分均具有较高的抑菌活性。

随着科学技术的发展及各种分离、检测方法的应用,黄酮类、萜类等具有更多药用价值的生物活性物质被发现,更加促进了对泡桐研究的积极性,使得泡桐的有效成分得以更好的被利用。

2 泡桐的材质改性研究

泡桐材质轻、纹理清晰、尺寸稳定,不翘不裂等优点,其板材出口日本及东南亚各国,用于家具制作和室内装饰板等。但泡桐又因其质轻软易变色等缺点,限制了自身的开发利用。要拓宽泡桐材的应用面,需要对其进行改性处理。目前,对泡桐木材的改性处理研究主要有泡桐材的脱色处理、防变色处理、表面硬化、表面镀膜以及阻燃处理等方面。

2.1 泡桐材的脱色处理

泡桐材的脱色处理概括起来有以下几种:

(1)用冷水浸泡:该法浸泡时间长,由于温度低,脱色效果不好(2)用温水浸泡:有利于内含物的溶出,浸泡时间短,为提高脱色效果,中间需换2~3次水;(3)用石油醚、乙醇(1:1)等有机溶剂配成一定的比例进行浸泡,虽有一定效果,但有机溶剂易挥发、易燃,给环境造成很大污染且很不安全。(4)用稀盐酸(0.1N)、稀氢氧化钠(0.1N)、稀草酸、淡氨水等溶液浸泡的或用过氧化氢涂刷。这些方法虽可消除部分色斑,但不久色斑又会重新出现。胡伟华^[39,40]等研究的含有脱色剂、渗透剂、防变色剂以及抑制剂在内的综合配方,对变色材进行处理处理后1年的材色,L值为76.99、a值为5.64、b值为18.30、TW值为35.87、 ΔE 为24.31。处理前的板材相比L值提高26.63、TW值提高19.65、a、b分别降低5.25、1.73、 ΔE 降低20.13,处理后板材色泽自然、光亮,有一定的处理深度。可使等外材跃为二等材,减少三等材数量,从而可增加近2000元/ M^3 的经济效益。

2.2 泡桐材的防变色处理

泡桐的防变色处理是指在泡桐锯解后,未等其发生颜色变化,而将其进行处理不再使其发生变色的方法。对泡桐材变色预防的研究很多,日本采用的是自然脱色法,即将泡桐材露天堆放,任其风吹雨淋,该法周期长,效果也不理想。国内对其的研究主要分两大类:一类是用溶剂浸泡即用水作溶剂,把木

材中的变色成分溶解出来;另一类是用化学方法处理,即用氧化剂或还原剂处理木材,使木材中的变色成分分解或使变色成分的发色团改变结构,或利用酸性或碱性药剂处理木材,使其结构发生变化,达到防变色目的。溶剂浸泡法根据温度、压力的变化及溶剂流动与否可分为常温、变温法,常压、加压减压法以及静水、流水浸泡法等。日本的牧野耕三用减压法处理泡桐材取得良好的处理效果^[41],该法是在密闭容器中注入水,使木材湿润,然后减压使木材中溶于水的变色物质抽出来。它处理周期短,但需消耗一定的电能。国内泡桐板材加工企业多用常温常压浸泡法,该法省能,不需加温设备,缺点是受气候条件限制,凭经验确定浸泡时间,无法对浸泡效果进行控制,质量幅度变化较大,效果不理想。王燕军等^[42]泡桐变色预防研究得出使用碱金属盐类和弱碱类比其它药物预防泡桐变色效果优良,处理后泡桐材白度比对照高127.4%,返色率低于对照28.0%。且对桐材力学性质、桐材质量无显著不良影响,使一等材率提高40%。常德龙等对泡桐变色预防研究采用防变色剂来抑制多酚氧化酶的活性,耐光剂改变木材内吸收成分的结构,渗透剂改善木材渗透性,加快某些变色物的溶出。处理后的板材在一年后仍能达到外贸出口A级板标准,且色泽自然,造价低,并能带来近800元/ M^3 的新增效益。孙薇^[43]等从生防菌株来源、生防菌的作用机制、生防菌的防护性能以及生防制剂应用4个方面总结了国内外木材变色生物防治技术的研究现状,从生防菌株来源、生防菌的作用机制、生防菌的防护性能以及生防制剂应用4个方面总结了国内外木材变色生物防治技术的研究现状,为泡桐的木材变色生物防治研究提供了参考。

2.3 泡桐木材表面强化处理

泡桐材具有优良的物理特性,体积膨胀系数小(0.269~0.371),尺寸稳定,不翘不裂,热传导率低(0.06~0.086),介电常数和介质损耗正切小等。但与其它阔叶材相比,它的木材密度低(0.247~0.328 g/ CM^2),力学强度差,表面硬度及耐磨度低,因而限制了其应用。常德龙,胡伟华等采用横向压缩木材低分子树脂浸渍固定压缩变形的处理方法处理泡桐材^[44,45],达到表面硬化的目的。处理后泡桐材的尺寸稳定性好,回弹率小,无鼓泡现象。经处理后的板材表面硬度可由0.22 Mpa增加到0.366 Mpa压缩率为50%。表面硬化处理后的泡桐木,可用于桐

木木制地板及其它建筑装饰材料的开发。刘喜明、于再君等^[46]采用脲醛树脂浸渍法提高泡桐抗弯性能,以树脂增重率来表示脲醛树脂的相对浸渍量,泡桐的抗弯弹性模量和抗弯强度在一定范围内随树脂增重率的增加而提高,经过脲醛树脂浸渍后,泡桐的破坏极限有所提高,抗弯破坏过程呈波动下降的特性。常德龙等^[47]用气密性氨基树脂和硅烷偶联剂封闭桐木胶合板,真空磁控溅射镀膜镍钛合金原子膜,使镀膜木材经过了紫外灯光照射,较高室内温度、湿度的环境老化。试验结果显示:屏蔽效能保持在 58 dB 以上,老化后镀膜木材电磁屏蔽效能稳定。镀膜木材的表现状态,通过视觉观察,没有发现异常,镀膜木材经老化后,仍然表面平整、细腻、光滑、色泽均匀,没有出现变色、开裂、鼓泡等缺陷,使用的气密性氨基树脂封闭剂和硅烷偶联剂,耐高温、耐潮湿、耐久性能好,起到了对木材保护、封闭的效果。木材与金属复合后作为电磁屏蔽材料,能有效地抑制通过空间传播的各种电磁波及由此产生的电磁干扰,提高电子系统和电子设备电磁兼容性,保证信息的安全^[48,49],是实现木材高性能化和功能化、开发新材料、提高木材附加值的重要方法之一。这些研究拓展了泡桐材的应用领域,为更有效的利用泡桐材奠定了基础。

2.4 泡桐木材阻燃研究

木材的阻燃处理方法可分为物理和化学两种:物理方法是将木材(可以是一些木材的加工余料或一些经处理的枝桠材)与水泥、石膏、石棉、纤维等难燃或不燃材料混在一起,制成阻燃效果良好的水泥刨花板,石膏纤维板等阻燃装饰材料,也可用难燃涂料,膏状物覆盖在木材表面,隔断木材与火焰和氧气的直接接触,实现阻燃。化学方法是将阻燃剂浸注入木材内部,使其具有阻燃性能的处理方法。它又可分为常压浸渍、高压灌注两种方法。

陈志林等^[50]以磷酸氢胺、硼砂为主剂,加增效剂及脲素等,配制浓度分别为 10%、20%、30%、40%的阻燃液,采用正交实验设计,常压浸渍法处理泡桐材,通过对浓度、时间、温度和载药率分析以及对阻燃性能和流失性的检验得出:阻燃剂浓度为 20%、浸渍时间为 24 h、浸渍温度为 40 ℃时,效果最佳。该阻燃剂减小可燃气体的生产,减少传递,防止明火的产生,且价格便宜,经济效益显著,对泡桐材的处理阻燃效果明显,在生产上是可行的,但阻燃剂的某些性能还需进一步完善。该阻燃剂也对板材、

胶合板的单板或刨花板的贴面板浸泡,生产阻燃性能较好的木质阻燃板,可应用到室内装饰和湿度较小的禁火场所。

3 泡桐材的加工利用

3.1 利用泡桐声学性能的加工利用

泡桐材可用于乐器的制造,源于泡桐的声学性能好。东北林业大学刘一星教授等对泡桐木材的声学性能进行了深入的研究,对比了泡桐材与云杉对照样动态弹性模量与动态刚性模量之比 E/G, (E/G 值高,其音色更趋于丰富,其乐音的自然程度、旋律的突出性比较显著)。泡桐 E/G 的平均值分别为 55.220 和 51.513,云杉的 E/G 平均值分别为 21.978 和 22.102,泡桐的 E/G 值明显高于云杉。因此泡桐在人耳的听觉心里上要比云杉更趋于自然婉转。泡桐是阔叶材中的环孔材,具有丰富的导管,泡桐内部的导管可以视为多个小的共鸣腔,而音色 = 纯音 + 变换 + 混合方式,也就是说音色与振源特性和谐音有直接关系,泡桐结构的复杂使得其在振源特性上就已经与云杉有区别,导致泡桐谐波衰减率快,音色趋于多变柔和,频值较复杂。这点更加确切的说明了泡桐材的声学性能,为进一步开发其在乐器制造方面的应用提供参考。

3.2 泡桐的家具制作

泡桐木材的色调给人以美好的心理感觉,可以增加温暖感、稳定感和舒畅感。泡桐材的尺寸稳定性好,胀缩性很小,无翘裂、变形等,便于抛光、油漆等特点适于做各种家庭用具同时也是做箱、柜、桌、椅等家具的优良材料。由于制品镶拼严密,不翘裂,少或不漏气,所以适于制造衣柜、衣箱,与其他树种比较还可以减少空中湿气直接入内的机会。此外,泡桐木材色较浅,易经漂白、染色加工制成人造红木、人造乌木等效果。因其无特殊气味,可制成各种用途的家具。日本对桐木家具的制造相对国内而言解决了桐木家具制作过程中桐木质软,无法开榫、嵌钉的难题,解决了家具制作的链接键的问题。且在款式、用途上有很大的创新。李江晓等^[51]对泡桐木材质的视觉特性在家具设计的应用进行了分析研究,在人类视觉特性的基础上,基于泡桐材色、纹理、光泽、反射性及节疤等视觉特点将家具设计的内涵转向包括视觉、听觉、触觉、嗅觉等在内的更丰富的感觉系统。未来的桐木家具将会给人们带来更好的视觉享受。

3.3 泡桐的加工利用的其它几个方面

3.3.1 桐木室内装饰薄板(泡桐墙壁板)

利用桐木纹理美观,色泽淡雅等优点开发的新型室内墙壁装饰薄木,此产品已在日本等国得以广泛应用,国内有国家林业局泡桐研究开发中心完成产品的研究与制作

3.3.2 桐木拼板

用泡桐原木加工成的小块木板按各种形式和要求在宽度方向上进行胶粘拼合而成的板材。在许多桐木加工厂家都有该产品的生产,已是成熟技术

3.3.3 建筑、装饰用桐木改性材

利用泡桐速生丰产和材色优美等特点,将桐木硬化改性,克服其材质松软等特点,可用于建筑、装饰及家具生产。产品质量达到国家规定建筑、装饰、家具用材的强度标准

3.3.4 刨切薄木贴面

利用桐木纹理美观,色泽淡雅等优,将其旋切成薄片,然后胶粘、热压于整理好的C级板上,使板材等级提高的一种方法

3.3.5 泡桐镀膜加工

用气密性氨基树脂和硅烷偶联剂封闭桐木胶合板,真空磁控溅射镀膜镍钛合金原子膜,木材与金属复合后作为电磁屏蔽材料,能有效地抑制通过空间传播的各种电磁波及由此产生的电磁干扰,提高电子系统和电子设备电磁兼容性。可作为屏蔽性用材。

4 结语

泡桐全身是宝,泡桐花、叶、果、皮中都含有丰富的有效成分,随着提取、分离、纯化技术的提高,会有更多的有效成分得到充分利用。泡桐材也会随着改性研究的不断深入,在保持其自身优点的基础上,拓展其应用领域,发挥其更大的作用。

参考文献

- 1 Shen H(沈慧). The application of leaves of *Paulownia* in aquaculture. *Mod Animal Husband* (当代畜禽养殖业), 2011,1:53.
- 2 Jia C(贾朝). Study of *Paulownia* in eliminating odor pollution. *China Sci Technol Edu* (中国科技教育), 2011,3:21-23.
- 3 Li ZR(李宗然), et al. Study on the development strategy of *Paulownia*. *Forest Sci Technol Manage*, 1996,3:44-46.
- 4 Niu CS(牛春山). 陕西树木志. Beijing: China Forestry

- Press, 1990:1067.
- 5 Zheng MY(郑敏燕), et al. Analysis of volatile compounds from the flower of *P. tomentosa* by SPME-GC/MS. *J Chin Mass Spectr Soc* (质谱学报), 2009,30(2):88-93.
- 6 Wang X(王晓), et al. Chemical composition of the essential oil from *Paulownia tomentosa* flowers. *Chem Ind Forest Prod* (林产化学与工业), 2005,25:99-102.
- 7 Zheng YY(张玉玉), et al. Analysis of the volatile compounds from the flower of *Paulownia elongate*. *Chem Ind Forest Prod* (林产化学与工业), 2010,30(3):88-92.
- 8 Wei XY(魏希颖), et al. Analysis of oil in the flospaulowniae by GC-MS and study on antibacterial function. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2008,20:87-90.
- 9 Duan WD(段文达), et al. Chemical constituents from the flower of *Paulownia fortune* (Seem.) Hemsl. *J Chin Med Mater* (中药材), 2007,30:168-170.
- 10 Chen J, et al. Determination of flavonoids in the flowers of *Paulownia tomentosa* by high-performance liquid chromatography. *J Anal Chem*, 2009,64:282-288.
- 11 Du X(杜欣). Chemical constituents from the flower of *Paulownia tomentosa* (Tunb.) Steud. Lanzhou: Lanzhou University (兰州大学), MSc. 2003.
- 12 Zhang PF(张培芬), et al. Flavones from flowers of *Paulownia fortune*. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2008,33:2629-2632.
- 13 Du X(杜欣), et al. Isolation and structural elucidation of flavones from flower of *Paulownia tomentosa*. *Chin Tradit Herbal Drugs* (中草药), 2004,35:245-247.
- 14 Meng ZF(孟志芬), et al. Study on the extraction of flavonoids from *Paulownia tomentosa* Steud flowers by microwave method. *Chem World* (化学世界), 2009,11:675-680.
- 15 Meng ZF(孟志芬), et al. Preliminary study on the antioxidant activity of flavonoids from *Paulownia tomentosa* Steud flower. *Chin J Spectrosc Lab* (光谱实验室), 2008,25:914-917.
- 16 Niu JL(牛江龙), et al. Determination of apigenin and ursolic acid in flowers of *Paulownia* by HPLC. *Chin Tradit Patent Med* (中成药), 2010,32:1561-1564.
- 17 Liu L(刘临), et al. HPLC determination of ursolic acid and oleanolic acid in flowers of *Paulownia tomentosa* Steud. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2006,34:3881-3883.
- 18 Shen H(沈慧). Application of *Paulownia* in aquaculture. *Modern Animal Husbandry* (当代畜禽养殖业), 2011,1:53.
- 19 Chen YL(陈乙林). Application of the leaves of *Paulownia* in aquaculture. *Farm Sci Technol* (农家科技), 2008,5:34.

- 20 Liang FT(梁峰涛). Studies on chemical constituents of the extractives by petroleum from the leaves of *Paulownia fortune* (Seem.) Hemsl. Lanzhou; Lanzhou University (兰州大学), MSc. 2007.
- 21 Luo DQ(罗定强), et al. Ursolic acid content of leaves of *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud in different month. *J Chin Med Mater* (中药材), 2008, 31:1474-1475.
- 22 Luo DQ(罗定强), et al. Determination of oleanolic acid in flowers of *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud in different growth by HPLC. *Chin J Hospital Pharm* (中国医院药学杂志), 2009, 29:1056-1057.
- 23 Li K(李科), et al. Determination of ursolic acid content and luteolin content in leaves of *Paulownia fortune* in different places by HPLC. *Pharm Biotechnol* (药物生物技术), 2011, 18:251-255.
- 24 Nazierbieke W(吾鲁木汗·那孜尔别克), et al. Determination of ursolic acid content and luteolin content in leaves of *Paulownia fortune* in different months by HPLC. *Hunan Agric Sci* (湖南农业科学), 2011, 21:102-105.
- 25 Chen LJ(陈旅翼), et al. Determination of ursolic acid content of *Paulownia fortune* (Seem.) Hemsl. in different parts. *J Chin Med Mater* (中药材), 2007, 30:914-915.
- 26 Yu XH(余晓晖), et al. Study on ursolic acid extraction rate by ultramicro smashing and conventional smashing from leaves of *Paulownia fortune*. *J Chin Med Mater* (中药材), 2008, 31:1562-1564.
- 27 Zou SQ(邹盛勤), et al. Optimum extraction of ursolic acid in *Paulownia tomentosa* by orthogonal test. *Amino Acids Biotech Res* (氨基酸和生物资源), 2007, 29(3):51-53.
- 28 Yu XH(余晓晖), et al. 大孔吸附树脂对白花泡桐叶中熊果酸的富集研究. *Chin Tradit Patent Med* (中成药), 2010, 32:773-775.
- 29 Fu JM(付建明), et al. 以泡桐叶为原料制备熊果酸的方法, CN 101205248A, 2008.
- 30 Shi BS(师伯省), et al. 二步法从河南泡桐叶中提取分离高纯度熊果酸工艺. *健康天地*, 2010, 9:112-113.
- 31 Yi YP(易艳萍), et al. Preparation and RP-HPLC analysis of ursolic acid from *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud leaves. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2008, 19:779-780.
- 32 Masao K, et al. A glucoside from *Paulownia*. *Japan*, 1931, 93:27.
- 33 Koiti I. Lignin of *Paulownia imperialis*. *J Chem Soc Japan*, 1941, 62:186-189.
- 34 Takahashi K, et al. Studies on constituents of medical plants. iv. Chemical structure of paulownin, a component of wood of *Paulownia tomentosa* Steud. *Yakugaku Zasshi*, 1963, 83:1101-1105.
- 35 Si CL(司传领), et al. Chemical constituents of *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. var. *tomentosa* Inner Bark. *J Cellul Sci Technol* (纤维素科学与技术), 2009, 17(4):47-52.
- 36 Yang YZ(杨燕子), et al. HPLC 法测定毛泡桐皮中丁香苷的含量. 色谱分析在药物分析中的应用专题学术研讨会论文集. Beijing, 2004:77-78.
- 37 Wang ZB(王占斌), et al. Analysis the antioxidation of flavonoids obtained from *Paulownia tomentosa* China Feed (中国饲料), 2012, 6:22-24.
- 38 Si CL(司传领), et al. Antibacterial phenylpropanoid glycosides from *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. var. *Tomentosa* Fruit. *Chem Ind Forest Prod* (林产化学与工业), 2007, 27:37-40.
- 39 Hu WH(胡伟华), et al. 泡桐色斑消除方法探讨. *J Henan Forest Sci Technol*, 1995, 4:26-32.
- 40 Hu WH(胡伟华), et al. Techniques of treatment of hybrid paulownia wood for the prev and removal of stain. *Chem Ind Forest Prod* (林产化学与工业), 1998, 18(3):83-88.
- 41 牧野耕三等. 桐材变色及防止对策. 第29届日本木材学大会研究发表要旨, 1979.
- 42 Wang YJ, et al. Study on prevention of wood discoloration of *Paulownia*. *J Henan Agric Univ*, 1992, 26:400-405.
- 43 Sun W(孙薇), et al. Research on biological control of wood sapstain. *World Forestry Res* (世界林业研究), 2009, 22(6):49-53.
- 44 Chang DL(常德龙), et al. Study on strengthening the surface of paulownia wood with low molecular resin. *China Forest Prod Ind* (林产工业), 1997, 24(6):7-10.
- 45 Chen YH(陈玉和). Compressed and stiffened paulownia wood(I) The factors affecting the springback rate of the paulownia wood. *J Central South Forest Univ* (中南林学院学报), 1997, 17(1):46-51.
- 46 Liu XM(刘喜明), et al. Increase of bending strength of *Paulownia* by urea-formaldehyde impregnation. *J Longyan Univ* (龙岩学院学报), 2008, 26(3):54-56.
- 47 Chang DL(常德龙), et al. Aging of wood sputtered with nickel-titanium atoms. *J Northeast Forest Univ* (东北林业大学学报), 2011, 39(12):80-81.
- 48 Chen Q(陈穷). 电磁兼容性工程设计手册. Beijing: National Defense Industry Press, 1993.
- 49 荒木庸夫. 电磁妨害的防止封策. 东京: 东京露横大罫出版社, 1978.
- 50 Chen ZL(陈志林), et al. 泡桐木材阻燃研究初报, 第二届全国泡桐研讨会论文集. 1997.
- 51 Li JX(李江晓). 包装工, 2009, 30:109-113.