

核桃分心木化学成分及功能活性研究进展

洪茜茜¹, 叶永丽¹, 张银志¹, 孙秀兰¹, 耿树香², 徐德平^{1*}

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650201)

摘要:核桃分心木是核桃内部的木质隔膜, 含有黄酮(3.89%~5.44%)、酚类(2.39%~3.54%)、皂苷(1.86%~5.98%)及木脂素类等功能性成分, 赋予其多种功能活性, 如抑菌、抗氧化、抗衰老、抗肿瘤及降血糖血脂等。但是作为核桃副产物之一, 分心木未得到充分利用, 核桃资源附加值得不到提升。深入研究分心木的化学成分及活性, 有望广泛应用于食品、医学以及工业等领域。该文对近年来有关核桃分心木的化学成分、功能活性及应用进行综述, 以期能为分心木功能成分的进一步研究和开发利用提供参考。

关键词:核桃分心木; 化学成分; 功能活性; 应用; 产品开发

Research Progress on Chemical Constituents and Functional Activities of *Diaphragma juglandis* Fructus

HONG Qian-qian¹, YE Yong-li¹, ZHANG Yin-zhi¹, SUN Xiu-lan¹, GENG Shu-xiang², XU De-ping^{1*}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China;

2. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650201, Yunnan, China)

Abstract: *Diaphragma juglandis* Fructus is the walnut internal wooden diaphragm, containing flavonoids (3.89%–5.44%), phenols (2.39%–3.54%), saponins (1.86%–5.98%), lignans and other functional substances, giving *Diaphragma juglandis* Fructus many functional activities, such as antibacterial, antioxidant, anti-aging, anti-tumor, hypoglycemic and blood lipid, etc. But *Diaphragma juglandis* Fructus as a walnut by-product is not fully utilized, and the additional value of walnut resources couldn't be improved. It is expected to be widely used in food, medicine, industry and other fields for the further development of functional components and activities of *Diaphragma juglandis* Fructus. In this paper, chemical components, the development and application of functional action of *Diaphragma juglandis* Fructus were reviewed, in order to provided references for the further development and utilization of functional components of *Diaphragma juglandis* Fructus.

Key words: *Diaphragma juglandis* Fructus; chemical composition; functional activities; application; product development

引文格式:

洪茜茜, 叶永丽, 张银志, 等. 核桃分心木化学成分及功能活性研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 194–202.

HONG Qianqian, YE Yongli, ZHANG Yinzhi, et al. Research Progress on Chemical Constituents and Functional Activities of *Diaphragma juglandis* Fructus[J]. Food Research and Development, 2021, 42(7): 194–202.

核桃分心木(*Diaphragma juglandis* Fructus), 属于核桃果实的木质隔膜, 简称分心木, 又称核桃隔膜、核桃瓣膜, 呈薄片状, 多弯曲体、质脆、体轻、易折断。传

基金项目: 云南省重大科技专项计划项目(2018ZG003)

作者简介: 洪茜茜(1996—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 天然产物开发。

* 通信作者: 徐德平(1965—), 男(汉), 博士, 研究方向: 天然产物开发。

统中医学认为, 分心木味苦、涩, 性平, 具有健脾固肾、固涩收敛、利尿清热等功效^[1-2], 常用于遗精、尿频、带下、淋病、尿血以及暑热泻痢等疾病的治疗^[3]。作为传统药物之一, 分心木常被用来补肾驱寒, 或按一定比例与石榴外皮配比用于染发、染布^[4-5]; 在伊朗传统医学中, 常被用于治疗糖尿病^[6]。近些年来, 研究者们对分心木的研究主要集中在成分提取鉴定分析和功能活

性评价两个方面,已提取出黄酮类、酚酸类以及醌类等物质,并测定了部分成分的含量^[7-10]。此外,体内外研究发现分心木除了传统的补肾作用外,还具有抗氧化、抗菌^[11]、抗炎^[12]以及抗肿瘤^[13]等作用,可用于保健食品、医药等相关领域的产品开发。

核桃分心木资源丰富,但其主要用于工业,如制作燃料或者与核桃壳烧制成活性炭,利用率不高,造成了资源的浪费。本文总结了核桃分心木的化学成分和功能活性,并分析了以分心木为主要原料的产品研发的可行性,以期为分心木的进一步研究和深加工提供参考,增加核桃资源附加值和经济收益。

1 化学成分

现代研究结果表明,分心木含有多糖、黄酮、酚类、皂苷、粗脂肪、粗蛋白及氨基酸等物质,含量分别为2.48%~5.4%^[14-15]、2.54%~9.09%^[16]、2.39%~3.54%^[17]、1.86%~5.98%^[18]、1.35%~3.12%、1.09%~2.02%、1.00%~3.21%^[19]。于文蛟等^[10]以没食子酸为对照品测定采自新

疆伊犁巩留、阿克苏、和田的核桃分心木多酚含量,分别为1.12%、0.88%、0.63%。耿树香等研究发现核桃分心木产地不同其黄酮含量有所差异^[20];分心木的黄酮含量随海拔升高而增加^[19]。这可能是因为生态环境随海拔升高而恶化,从而刺激了次生代谢产物的生成。另有研究表明,分心木总黄酮含量与外表颜色深浅无关;总皂苷含量则不同,颜色越深含量越低^[21]。

分心木单体活性成分主要为黄酮类、酚酸类、木脂素类、醌类以及甾体类等,详见表1。其中,黄酮类化合物(2S,3S)-花旗松素-3-O- α -D-阿拉伯呋喃糖苷和(2S,3S)-花旗松素-3-O- α -L-a-阿拉伯呋喃糖苷是一对同分异构体,其苷元、成苷位置以及糖的种类均相同,仅在糖的绝对构型上有差异。苷元、成苷位置相同,糖基分别为吡喃型和呋喃型阿拉伯糖的黄酮苷类化合物在同一植物中较常见^[22-24],而在分心木中发现的这对异构体较为少见,其结构的完整鉴定扩大了黄酮类化合物的生物多样性。木脂素类化合物南烛木糖甙 lyoniside 和 nudiposide 亦是一对异构体。

表1 核桃分心木中的化学成分

Table 1 Chemical composition of *Diaphragma juglandis* Fructus

单体性质	单体名称	化学式	含量范围/($\mu\text{g/g}$)	参考文献
黄酮类	槲皮素	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$	4.76~17.43	[9, 25-28]
	二氢槲皮素	$\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_7$	33.99~153.31	[9, 25-27]
	槲皮苷	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{11}$	145.42~983.58	[9, 29]
	异槲皮苷	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$	20.89~116.68	[9, 25]
	儿茶素	$\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$	251.69~693.32	[9, 30]
	杨梅素	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_8$	11.22~28.13	[9]
	柚皮素	$\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_5$	89.50~115.72	[9, 31]
	异樱花素	$\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_3$		[16]
	胡桃苷 A	$\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{O}_5$		[25-26]
	金丝桃苷	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$	4.20~60.27	[9, 25]
	落新妇苷	$\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	9.19~31.62	[9]
	山柰酚	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_6$		[30]
	山柰酚-3-O- α -L-鼠李糖苷	$\text{C}_{20}\text{H}_{18}\text{O}_9$		[30]
	5,7,8,3',4'-黄酮醇-3-O- α -D-鼠李糖苷	$\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$		[32]
	槲皮素-3-O-(4"-O-乙酰基)- α -L-鼠李糖苷	$\text{C}_{23}\text{H}_{22}\text{O}_{12}$		[31, 33]
	槲皮素-3-O-(6"-没食子酰基)- β -D-半乳糖苷	$\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{O}_{16}$		[25-27]
	槲皮素-3-O-(6"-没食子酰基)- β -D-葡萄糖苷	$\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{O}_{16}$		[25]
	(2S,3S)-花旗松素-3-O- α -D-阿拉伯呋喃糖苷	$\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{O}_{11}$	519.60~2 181.84	[9, 30, 33]
	(2S,3S)-花旗松素-3-O- α -L-阿拉伯呋喃糖苷	$\text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{O}_{11}$		[25, 27, 33]
	酚酸类	没食子酸	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$	89.87~219.09
原儿茶酸		$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$	44.28~154.04	[9, 34-35]
没食子酸乙酯		$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$		[25, 34]
没食子酸甲酯		$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_5$	34.32~355.66	[9, 35]
香草酸		$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$	20.33~151.56	[9, 35]
对羟基苯甲酸		$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$		[25, 32]

续表 1 核桃分心木中的化学成分

Continue table 1 Chemical composition of *Diaphragma juglandis* Fructus

单体性质	单体名称	化学式	含量范围/($\mu\text{g/g}$)	参考文献
木脂素类	核桃素 D	$\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_4$		[25-27, 32]
	绿原酸	$\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{O}_9$	32.49~126.57	[9, 34]
	鞣花酸	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_{13}$	518.38~1 733.64	[9, 34-35]
	对苯二甲酸二甲酯	$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$		[29]
	二氢红花菜豆酸	$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_7$	13.53~793.85	[25, 35]
	香草酸 4-O- β -D-葡萄糖苷	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_{17}$		[25]
	香草醛	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$	20.33~151.56	[30, 33, 35]
	咖啡酸	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_9$		[17]
	2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_{22}$		[36]
	紫丁香酸	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_{23}$	11.44~26.76	[9, 35]
	(-)-丁香脂素	$\text{C}_{22}\text{H}_{26}\text{O}_8$		[37]
	(+)-松脂素	$\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{O}_6$		
	(+)-(7R,7'R,7''S,7'''S,8S,8'S,8''S,8'''S)-4'',4'''-dihydroxy-3,3',3''',5,5'-hexamethoxy-7,9';7',9'-diepoxy-4,8'';4',8'''-bisoxy-8,'-dineolignan-7'',7'''-9'',9'''-tetraol	$\text{C}_{42}\text{H}_{50}\text{O}_{16}$		
	2,3-二羟基-1-(4'-羟基-3'-甲氧基苯基)-丙-1-酮	$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_5$		
	3-羟基-1-(4'-羟基-3'-甲氧基苯基)-丙-1-酮	$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_4$		
	3',4'-二甲氧基苯丙二醇	$\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_4$		
	(2S)-3,3-二-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-丙-1,2-二醇	$\text{C}_{17}\text{H}_{20}\text{O}_6$		
	3-羟基-1-(4'-羟基-3',5'-二甲氧基苯基)-丙-1-酮	$\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_5$		
	(1R,5R,6R)-6-[4'-O-[8''-(7''-(4''-hydroxy-3''-methoxyphenyl)) glyceol]-3',5'-dimethoxyphenyl]-3,7-dioxabicyclo [3.3.0] octan-2-one	$\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{O}_{10}$		
curcasinlignan B	$\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{O}_6$			
evofolin-B	$\text{C}_{17}\text{H}_{18}\text{O}_6$			
(7S,8R)-dihydrodehydrodiconiferyl alcohol	$\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_6$			
pinnatifidanin C I	$\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{O}_7$			
(+)-(7S,8S)-4,1'-dihydroxy-3,3',5'-trimethoxy-7,8,9-trinor-8,4'-oxyneolignan-7,9-diol	$\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_8$			
八角莲醇	$\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_7$			
1-(4'-羟基-3'-甲氧基苯基)-2-[4''-(3-羟丙基)-2'',6''-二甲氧基苯基]-丙-1,3-二醇	$\text{C}_{21}\text{H}_{28}\text{O}_8$			
lyoniside			[30]	
nudiposide				
(-)-5'-甲氧基异落叶松脂素-9'-O- β -D-吡喃木糖苷				
(+)-lyoniresinol-3 α -O- β -D-glucopyranoside				
akeqintoside A				
醌类	2-乙氧基胡桃醌	$\text{C}_{13}\text{H}_9\text{O}_4$		[16, 25]
	胡桃醌	$\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_3$		[17]
	大黄素	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_5$		[32]
	4,8-二羟基-1-四氢萘醌	$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3$		[25]
	(4S)-4-羟基-1-四氢萘醌	$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_2$		[25]
	4-羟基- α -萘酮-4-O- β -D-吡喃葡萄糖苷			[30]
	4,5-二羟基- α -萘酮-4-O- β -D-吡喃葡萄糖苷			[27, 30]
4,5,8-三羟基- α -萘酮-5-O- β -D-吡喃葡萄糖苷			[27, 30]	
甾体类	β -谷甾醇	$\text{C}_{29}\text{H}_{50}$		[26, 27, 32-33]
	齐墩果酸	$\text{C}_{30}\text{H}_{48}\text{O}_3$		[32]
	胡萝卜苷	$\text{C}_{35}\text{H}_{60}\text{O}_6$		[27, 30, 33]
其他	blumenol B	$\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}_3$		[38]
	(+)-去氢催吐萝芙木醇	$\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_3$		
	2-hydroxycinchonic acid	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NO}_3$		
	C-藜芦酰乙二醇	$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_5$		
	litchiol A	$\text{C}_{21}\text{H}_{32}\text{O}_{10}$		

2 功能活性

2.1 抑菌作用

众多研究表明,从植物、动物和微生物中提取的各种多糖以及多酚类化合物具有抑菌活性,通过破坏细菌细胞壁和细胞膜来发挥杀菌作用。核桃分心木的水溶性多糖 (polysaccharide fraction isolated from *Diaphragma juglandis* Fructus, DJP-2)可以显著抑制革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌的生长,且呈现剂量依赖性(0.2 mg/mL ~1.2 mg/mL)。抑菌活性大小为:金黄色葡萄球菌>铜绿假单胞菌>大肠杆菌>粪肠球菌^[1]。高效液相色谱分析得核桃瓣膜中多酚类物质,主要为没食子酸、原儿茶酸、绿原酸、儿茶素、芦丁以及鞣花酸,能够有效抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的生长,且抑菌效果随浓度增加而增强,最低抑菌浓度均为 59.0 μg/mL^[34]。

此外,闫艳华等^[39]对比分析了经不同溶剂提取得到的分心木粗提物的抑菌效果。结果显示,提取溶剂不同粗提物的抑菌效果存在差异,抑菌能力为甲醇提取物>乙醇提取物>水提物>石油醚提取物,且抑菌能力随有机溶剂浓度缩小而降低。也有研究发现乙酸乙酯萃取层的抗菌谱比正丁醇萃取层窄;分离自这两个萃取层的单体化合物对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、白色念珠菌以及黑曲霉这5种菌表现为不一样的抑菌效果。酚酸类化合物抑菌活性最强,特别是没食子酸乙酯,黄酮类良好,萜酮苷类次之,二氢吐叶醇苷类最弱;黄酮类化合物成苷前后抑菌活性有所差异;苯酚成苷比成醛的抗菌谱窄^[27]。结构类似的化合物不一定具有类似的抑菌活性,同一化合物并非都会抑制所有同性质菌的生长,说明化合物的抑菌活性除了与自身结构和菌种性质有关,还存在其它的影响因素,这需要进一步研究才能准确把握抑菌机制。

2.2 抗氧化、抗衰老作用

自由基是一个或多个含有活性分子的未配对电子,破坏核酸、蛋白质、碳水化合物和脂质,导致包括早期衰老、癌症和动脉粥样硬化在内的多种疾病。抗氧化剂可以清除这些自由基,通过最终减少氧化应激来防止细胞损伤,从而对人体健康产生有益的影响。探索天然抗氧化剂及其在人体健康中的作用是一个新兴的领域。一些生物来源,如药用植物、蔬菜、香料和水果,已被评估为潜在安全的天然抗氧化剂的来源^[40]。核桃分心木中含有的黄酮、酚酸类等化合物赋予其显著的抗氧化能力。研究发现,核桃分心木的粗提物、纯化的多糖、多个单体化合物可以清除 ABTS⁺、DPPH[·]、羟基自由基(hydroxyl radical, OH[·])、超氧阴离子自由基(superoxide radical, O₂^{-·})、过氧化氢(hydrogen perox-

ide, H₂O₂)等^[41],还原 Cu²⁺、Fe²⁺等离子^[11,27],延缓亚油酸酸败^[42],抑制大鼠肝组织匀浆自发性脂质过氧化^[17],表明其具有显著的体外抗氧化能力,且存在明显的量效关系。综合分析结果显示,含羟基的黄酮类和酚酸类单体化合物抗氧化能力明显优于其它物质。小鼠体内实验(指标:体重、脏器系数、小鼠肝脏和血清中超氧化物歧化酶活力和丙二醛含量)与体外实验互相印证了分心木酚酸类物质高效的抗氧化能力^[17]。另有研究发现,分心木的黄酮类化合物可以使 D-半乳糖诱导后的衰老小鼠脑组织的不饱和脂肪酸含量较之模型组有明显增加,尤其是二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸,可抑制小鼠的衰老^[43]。

2.3 镇静催眠作用

据报道,在世界范围内,大约 9%~15%的总人口患有失眠并伴有白天症状^[44]。通常使用药物治疗失眠,但这类药物会带来诸如过量中毒、耐受性和成瘾性等弊端。长期使用处方药(如苯二氮卓类药物)会导致习惯化和戒断症状^[45]。面对这些限制,人们倾向于寻求天然药物来治疗或减轻失眠症状。中草药是最受欢迎的治疗失眠的中药疗法之一^[46-47],其含有的黄酮、多糖类、木脂素类等成分均有镇静催眠的作用^[48],故含有此类成分的分心木可能在镇静催眠方面具有良好的疗效。赵焕新^[30]发现分心木能缩短戊巴比妥钠诱导的小鼠入睡潜伏时间、延长睡眠持续时间、趋势性降低小鼠自主活动,具有一定的镇静催眠活性。分子水平研究显示,分心木提取物通过增加脑内相关神经递质 γ-氨基丁酸的含量、降低去甲基肾上腺素和多巴胺的含量发挥镇静催眠的功效,与阳性药地西洋的作用趋势一致^[30]。另有研究发现分心木醇提物和水提物镇静催眠效果有所差异,与水提物相比,醇提物能显著缩短睡眠潜伏时间,并与戊巴比妥钠协同作用提高睡眠发生率,大幅度延长睡眠时间^[49]。上述研究为分心木应用于治疗失眠提供了理论支持,为其后续的保健品开发、镇静助眠功效的临床应用奠定了一定基础。

2.4 降血糖作用

2型糖尿病是一种代表性的长期代谢性内分泌疾病,会导致许多严重的健康问题,包括心脏病、中风、糖尿病视网膜病变、肾功能衰竭等^[50]。分心木中的水溶性多糖 DJP-2 在体外剂量依赖性地抑制 α-淀粉酶和 α-D-葡萄糖苷酶的酶活,降低链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠的血糖,体内外实验表明其对餐后高血糖有良好的调节作用。此外,DJP-2 还能有效地抑制晚期糖基化终产物形成的3个阶段,有助于 DJP-2 应用于氧化应激和年龄相关的各种疾病的治疗^[51]。程艳刚等^[52]发现

分心木总黄酮亦可显著竞争性抑制这两种酶的酶活,且对二者的抑制作用是可逆抑制,可开发成治疗糖尿病的药物,增加其价值。有研究发现分心木水提物和乙醇提取物可分别调节链脲佐菌素诱导的糖尿病小鼠^[6]以及四氧嘧啶诱导的糖尿病大鼠^[53]的血糖水平,抑制肝损伤,减轻血脂异常参数,表明分心木是一种潜在的降血糖剂,且在一定程度上可以预防糖尿病患者常见的心血管并发症。

2.5 抗肿瘤、免疫增强作用

核桃分心木的提取物以及所分离的部分单体化合物,与抗肿瘤作用密切相关,因此推测其具有抗肿瘤、免疫增强的作用。水溶性多糖 DJP-2 能有效抑制人肝癌细胞 HepG-2 和人胃癌细胞 BGC-82 的增殖,显著增强吞噬作用;刺激一氧化氮、肿瘤坏死因子- α 和白细胞介素(interleukin, IL)(IL-6 和 IL-1 β)的产生,并以剂量依赖的方式促进其相应的 mRNA 表达^[54]。分心木水提物在一定浓度范围(50 $\mu\text{g/mL}$ ~400 $\mu\text{g/mL}$)内,对人结肠癌细胞 HCT-116d 增殖抑制效果显著,且该效果呈剂量依赖性,其 IC_{50} 值为(208.78 \pm 4.22) $\mu\text{g/mL}$,与结肠癌临床一线化疗药物 5-氟尿嘧啶有协同作用^[13];分心木水提物和醇提物均能显著抑制小鼠体内宫颈癌细胞(U27)的生长,抑瘤率分别为 48.8%和 30.5%,而且通过苏木精-伊红染色显微镜下的组织学形态发现水提物的活性比醇提物强^[16]。单体化合物 4,8-二羟基-1-四氢萘酮明显抑制人乳腺癌细胞 MCF-7 和人口腔鳞癌细胞 BHY 的生长增殖,其通过半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶 caspase-3 通路来诱导 MCF-7 细胞的

凋亡^[55];胡桃醌对 HepG-2 和人骨髓性白血病细胞 HL-60 的增殖细胞具有明显的抑制作用^[56],对于人胃癌细胞 MGC-803、人肺癌细胞 A549、人骨髓性白血病细胞 K562 和人宫颈癌细胞 HeLa 均有较好的细胞毒性^[57]。

2.6 其它作用

核桃分心木中的黄酮类、酚酸类、醌类以及甾体类等化合物使其具有上述功能活性外的其它功能。分心木中的没食子酸、没食子酸乙酯和(+)-去氢催吐萝芙木醇在 25 $\mu\text{mol/L}$ 浓度时抑制了脂多糖刺激的 RAW 264.7 细胞的一氧化氮的产生,表明分心木具有抗炎作用,可用于治疗炎性相关疾病^[58]。分心木水提物可以显著增加旷场实验中小鼠穿越方格数和后肢直立次数,降低水迷宫实验中逃避潜伏期时所用时间,表明其能改善小鼠记忆力,提高运动探究能力^[59]。

3 应用

目前,分心木应用于食品行业常常作为保健茶、酒、醋、汤料以及着色剂等原料,发挥其健脾补肾、利尿消肿、改善肾虚、降血糖血脂、抗氧化、抗衰老及抗疲劳等作用;在医药方面,分心木则常与其它中草药复配,协同作用,或者利用其抑菌作用制成阴道栓;另外,分心木改善黑色素沉积的功能使其可应用于化妆品行业,可作为枕头填料发挥镇静助眠作用,还可制成猫砂、燃料、活性炭、环保涂料、染料等,提高分心木利用率,拓展以核桃分心木为原料的产品市场,具体见表 2。

现如今分心木一般以原料或者粗提物应用于食

表 2 核桃分心木产品开发

Table 2 Product development of *Diaphragma juglandis* Fructus

类别	产品	原料	工艺	特点	参考文献
食品	茶	核桃分心木、玫瑰花、枸杞、干玉米须、冻干柠檬片、冰糖	浸渍、干燥、粉碎、混合即得袋泡茶	健脾补肾、利尿消肿、美容养颜	[60]
		分心木、黄芪、甘草、西洋参、当归、大枣、枸杞、橘皮、升麻、白术	黄酒炮制、麸制、加工干燥、包装为片状茶;黄酒炮制、超声辅助提取过滤、真空浓缩、喷雾干燥、包装为速溶茶	总黄酮含量 7.16%~16.36%,多糖 6.46%~12.12%,可缓解肾虚衰老导致的头晕疲倦、腰酸腿疼等问题,无毒副作用	[61]
		分心木、茶叶	喷洒晾青、揉捻和堆渥过程中分心木提取液反复向茶叶均匀	协同茶叶增强降血脂功能	[62]
酒		核桃分心木、枸杞	制作酒曲,分心木破碎,加酒曲发酵,过滤,倒罐,成品	促进免疫、抗衰老、抗肿瘤、清除自由基、抗疲劳、抗辐射、保肝等	[63]
		核桃花、叶、分心木及壳	酶解、发酵	具有饮用滋补的双重作用	[64]
醋		分心木、黄芪、西洋参、枸杞、当归、糯米	浸泡蒸煮、淋水冷却、糖化酒精发酵、原料超声辅助提取、醋醅固态发酵、淋醋、煎醋灌装		[65]
汤料		南烛子、分心木、梅花参、巴戟天、鳖甲、五味子、海兔肉粉、木薯淀粉	清洗烘干、混合除杂、灭菌装袋	益肾固精作用,制备工艺简单卫生	[66]
着色剂		分心木	微波加热、冷冻粉碎至粉末;超声辅助提取过滤,取滤液冷冻喷雾干燥既得	着色效果好,无有害物质,可在食品加工技术领域得到广泛应用	[67]

续表2 核桃分心木产品开发

Continue table 2 Product development of *Diaphragma juglandis Fructus*

类别	产品	原料	工艺	特点	参考文献
医药	药酒	杨梅提取物、分心木、酸枣仁、梨树皮、芭蕉头、水杨梅根、生龙牡、丹参、五味子、地黄、46度玉米酒	冷浸、萃取	强肾固精、补气活血、固本壮阳、活血祛瘀,方便保存,无任何毒副作用	[68]
	中药复方	分心木、刺五加、大枣提取物	粉碎、浸泡、发酵、加水过滤、冷冻干燥,得到发酵分心木和刺五加,再与大枣提取物混合均匀	协同增效,补中益精,健脾固肾,改善睡眠,停止服用后不易复发	[69]
		仙鹤草、鸡冠花、分心木、苦参、苍术	加水浸泡熬煮、过滤、冷却至室温(25℃)加醋酸氯、搅拌均匀即得	改善和维护阴道内菌群的平衡及酸碱平衡,修复破损的阴道和宫颈黏膜	[70]
		分心木、黄芪、五味子、人参、绿茶叶、枸杞、红枣		治疗前列腺炎	[71]
		益智仁、远志、分心木、丹参、黄芪、桃仁、柏子仁、柴胡、炒枣仁、白芍、黄芩、赤芍		治疗帕金森病,且具有补肝血、除肝风的功能	[72]
		马宝、分心木、牛尾蒿、芦根、猪牙皂、寻骨风、茄根、芫荽果、葶苈		治疗缺铁性贫血,有效率平均高达95%(共360例)	[73]
		石南藤、茴香、分心木、淫羊藿、川椒、川乌、川牛膝、大蒜、氯化钠		缓解红斑狼疮引起的各种瘙痒、感染等	[74]
		黄精、虫草、益智仁、分心木、乌梅、牡蛎、鸡内金、桃仁、石斛、柴胡		能在3h~6h内驱除人体血清中95%的弓形虫,同时杀灭其他寄生虫,无毒副作用	[75]
		核桃分心木、茴香、佛手片、红藤、九香虫、艾蒿、藿香、桂枝、辣蓼		可用于慢性胃病的治疗,效果好疗程短,服用20d后总有效率可高达90%以上	[76]
		仙鹤草、阿胶份、分心木、灵芝孢子粉、地绵草、鹿茸、丹参		治疗心脏病,尤其是冠状动脉硬化导致	[77]
		枸杞子、分心木、益智仁		改善认知障碍	[78]
其它	阴道栓	分心木、黄芪、五味子、金樱子、苍术、赤芍、肉苁蓉、玉米须		改善帕金森、痴呆等疾病导致的流涎与夜尿频繁的症状	[79]
		分心木、浮小麦、淡竹叶、大枣		具有固肾安胎,止呕的功效	[80]
		分心木、明胶、甘油、聚乙二醇	处方量明胶加水膨胀与甘油和聚乙二醇搅拌均匀;分心木醇提干燥搅拌均匀;主药与基质混匀恒温脱泡,灌注凝固脱膜和包装	具有抑菌效果,阴道局部用药	[81]
	护肤品	蚕丝胶蛋白、白芨、乳酸杆菌/豆浆发酵产物滤液、分心木和紫背天葵提取物、白藜芦醇		预防和改善皮肤黑色素沉积;从肌肤内部、细胞层面上加快黑色素的产生及排出	[82]
	枕头	核桃隔膜和叶	分心木切片;核桃叶烘干脱水;无纺布包裹制药包装;按比例装入枕芯外套;枕芯装入枕套封口	具有镇静催眠作用,在人睡眠时使用,大脑皮层直接接触枕头,提高睡眠质量	[82]
	非结块型猫砂	核桃壳颗粒、分心木粉、柠檬酸、碳酸氢钠、麦饭石粉	煎煮、冷却至室温(25℃)、香菇液浸泡、超声并过滤、真空干燥、粉碎	吸水速度快,方便收拾,使用寿命长	[83]
	结块型猫砂	核桃壳颗粒、分心木粉、瓜尔胶、柠檬酸、碳酸钙、硅铝酸盐、麦饭石粉	香菇液浸泡、超声辅助处理、过滤、真空干燥、粉碎	安全无污染,结团能力强,无粉尘,吸水速率快,成团强度高,除臭能力好	[84]
	生物质燃料	秸秆、分心木、纳米氧化锌、过氧化物酶、乙酰丙酮铈	秸秆与分心木粉碎,加水加热加酶密封搅拌,与其它原料混合,降温加压后升温,保温期间抽真空,后降至室温(25℃)	燃烧值高,燃烧时间长,燃烧无烟无味、清洁环保,成型率高,原料结合力高	[85]
	活性炭	分心木	粉碎、加热密封搅拌、过滤沉淀烘干,与叶蜡石混合研磨,超声搅拌至干,马弗炉中加热保温	吸附性能优越,强度高,耐水性好	[86]
	环保涂料	分心木、六次甲基四胺、丙烯酸乳液、丙烯酸羟丙酯、赤玉土、颜料、热固性丙烯酸树脂	六次甲基四胺处理赤玉土,与其它原料混合作用加热,形成液态胶状的共聚物	稳定性极好,涂布率高,安全环保,易施工,使用寿命长	[87]
	染液	分心木	分心木与提取剂按照预设质量比混合;在预设温度下提取;经过预设时间后过滤获得染液	用于纺织品的染色,特别是真丝织物;提取使用过程均不会污染环境	[88]

品医药行业,功能定位宽泛而不够精准。后续研究应针对分心木有效功能成分的明确,其作为功能性食品基料添加到食品中,开发出具有特定功能的食品;且可与其它中药功能成分复配直接制成胶囊类药物,解决中药复配煎煮麻烦耗时、不便携带的弊端。

4 展望

核桃分心木具有抗氧化、抗衰老、抑菌、降血糖以及抗肿瘤等多种生理活性,具有广阔的市场前景和经济价值。我国核桃分心木资源丰富,为其工业化开发提供了物质基础。但分心木的产业化开发仍面临着提取工艺落后、纯化工艺不足、市面产品多直接以分心木为原料的问题。综上所述,为了提高核桃分心木在市场上的利用率,需从以下几个方面继续努力:(1)解决分心木与壳分离的技术问题,提高原料的采集率;(2)加大提取纯化以及稳定性加工的生产工艺研究,提高功能成分的产量和质量;(3)目前的功能研究对象多为分心木粗提物,应对单体化合物的功效进行研究,确定其开发价值;(4)理清分心木功能组分各功效的作用机制,进一步阐明协同或拮抗作用;(5)研发产品的多样性,满足市场及消费者的需要。

如今,追求原生态健康生活理念的人越来越多,因而天然产物生物活性成分的开发越来越迫切。开发分心木的潜在价值会受到越来越多研究者的青睐,进而可以对其进行综合开发,以扩大产业领域,增加经济效益。

参考文献:

- [1] HU Q, LIU J, LI J, et al. Phenolic composition and nutritional attributes of *Diaphragma juglandis* Fructus and shell of walnut (*Juglans regia* L.)[J]. Food Science and Biotechnology, 2020,29(2): 187-196.
- [2] 山西省卫生厅. 山西中药志 [M]. 太原: 山西人民出版社, 1959: 314.
- [3] 全国中草药汇编编写组. 全国中草药汇编(上册)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000: 686.
- [4] 菇克娅·沙德克. 维吾尔医常用药材学(下册)[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1953: 53.
- [5] 刘姗姗. 分心木袋泡茶制备工艺研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- [6] ZANGENEH A, ZANGENEH M M, GOODARZI N, et al. Protective effects of aqueous extract of internal septum of walnut fruit on diabetic hepatopathy in streptozotocin-induced diabetic mice [J]. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences, 2018,23(1): 26-37.
- [7] 贺娜, 耿树香, 宁德鲁, 等. 云南核桃分心木氨基酸含量及综合评价[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2018,38(4): 200-205.
- [8] 毕肯·阿不得克里木, 韩艳春, 阿依吐伦·斯马义. 核桃分心木化学成分의 预试验研究[J]. 新疆医科大学学报, 2010,33(9): 1044-1046.
- [9] LIU R, ZHAO Z, DAI S, et al. Identification and quantification of bioactive compounds in *Diaphragma juglandis* Fructus by UHPLC-Q-Orbitrap HRMS and UHPLC-MS/MS [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019,67(13): 3811-3825.
- [10] 于文蛟, 王苗苗, 韩飞, 等. 新疆核桃多酚含量比较研究[J]. 农产品加工, 2018(22): 56-58.
- [11] MENG Q, LI Y, XIAO T, et al. Antioxidant and antibacterial activities of polysaccharides isolated and purified from *Diaphragma juglandis* Fructus[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017,105: 431-437.
- [12] 王丹, 董红敬, 郝翠, 等. 核桃分心木化学成分及抗炎活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2018,30(9): 1548-1553, 1607.
- [13] 李平. 核桃分心木水提液化学成分及抗肿瘤活性分析[D]. 太原: 山西大学, 2017.
- [14] 陈林, 汪开拓, 王兆丹, 等. 三峡库区乌皮香核桃隔膜粗多糖的提取及抗氧化活性[J]. 天然产物研究与开发, 2015,27(6): 1022-1027.
- [15] 王艳, 茹仙古丽·哈斯木, 韩艳春, 等. 苯酚-硫酸法测定维吾尔药核桃分心木多糖的含量[J]. 亚太传统医药, 2012,8(2): 35-37.
- [16] 朱青梅. 维吾尔药材核桃分心木化学成分、质量标准及其活性研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2015.
- [17] 刘丽金. 核桃酚酸类成分抗氧化活性的初步研究[D]. 大理: 大理大学, 2018.
- [18] 韩艳春, 阿布都热合曼·合力力, 阿依吐伦·斯马义. 分光光度法测定维吾尔药核桃分心木中总皂苷的含量[J]. 新疆医科大学学报, 2010,33(3): 286-287.
- [19] 耿树香, 宁德鲁, 陈海云, 等. 云南省漾濞泡核桃分心木功能成分综合分析[J]. 西部林业科学, 2017,46(5): 18-22.
- [20] 耿树香, 韩明珠, 宁德鲁, 等. 云南不同产地漾濞泡核桃品质综合评价分析[J]. 中国油脂, 2019,44(5): 156-160.
- [21] 高速, 王鹏飞, 王小平, 等. 不同产地分心木中总黄酮及水溶性浸出物的含量比较研究[J]. 陕西农业科学, 2018,64(11): 52-54.
- [22] VVEDENSKAYA I O, ROSEN R T, GUIDO J E, et al. Characterization of flavonols in cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) powder[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004,52(2): 188-195.
- [23] SHI S, ZHOU H, ZHANG Y, et al. Chemical constituents from *Neotaxaraxacum siphonathum*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009,34(8): 1002-1004.
- [24] AN R B, KIM H C, TIAN Y H, et al. Free radical scavenging and hepatoprotective constituents from the leaves of *Juglans sinensis*[J]. Archives of Pharmacal Research, 2005,28(5): 529-533.
- [25] 王丹, 董红敬, 杨鹏, 等. 分心木中化学成分的分离与鉴定[J]. 食品工业科技, 2018,39(14): 231-234.
- [26] 景援朝, 赵焕新, 孙永丽, 等. 分心木化学成分的研究[J]. 食品与药品, 2015,17(2): 87-90.
- [27] 殷姝君. 分心木活性成分研究[D]. 济南: 济南大学, 2018.

- [28] 何薇. 核桃分心木总黄酮提取工艺及复合凉茶饮料研制 [D]. 绵阳:西南科技大学, 2018.
- [29] 令狐晨. 新疆分心木体外抗肿瘤作用及其化学成分的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学, 2016.
- [30] 赵焕新. 分心木镇静催眠活性与化学成分研究[D]. 济南:山东中医药大学, 2018.
- [31] 赵焕新, 景援朝, 白虹, 等. 分心木中的化学成分及抗氧化活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016,22(7): 54-57.
- [32] 杨明珠, 田新雁, 肖朝江, 等. 核桃分心木化学成分与生物活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012,24(12): 1707-1711.
- [33] 景援朝. 分心木化学成分及其活性研究 [D]. 济南: 济南大学, 2015.
- [34] 王新然. 核桃瓣膜多酚类化合物组成及生物活性分析[D]. 西安: 陕西师范大学, 2019.
- [35] 张盼盼. 云南分心木品质与安全性评价和头状四照花抗疟活性成分研究[D]. 大理:大理大学, 2018.
- [36] 李平, 贾红婕, 靳毓, 等. 核桃分心木水提液易挥发性成分分析 [J]. 食品科学, 2016,37(16): 142-148.
- [37] 孙冬雪. 分心木与青龙衣化学成分的研究[D]. 长春:吉林农业大学, 2019.
- [38] 王丹. 核桃分心木化学成分分离鉴定及抗炎活性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- [39] 闫艳华, 王鹏, 杨卫民. 核桃分心木提取液抑菌效果初探 [J]. 山西果树, 2016(3): 1-4.
- [40] PRIYANKA C, KUMAR S R, SINGH A D. Antioxidant compounds from microbial sources: A review[J/OL]. Food research international, 2020,129. [2020-04-01]. <http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996919307355>.
- [41] 邵双双, 贺亮, 韦朝阳, 等. 分心木酸性多糖 SJP-2 的理化性质及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2016,37(5): 59-63.
- [42] 徐蓓蓓. 核桃副产物多酚的提取及其对油脂氧化稳定性的影响 [D]. 阿拉尔:塔里木大学, 2017.
- [43] DAVIS H, FANG Z G, KE J F. Proceedings of the 2016 international conference on artificial intelligence and engineering applications[C]. Amsterdam: Atlantis Press, 2016.
- [44] OHAYON M M. Epidemiology of insomnia: what we know and what we still need to learn[J]. Sleep Medicine Reviews, 2002,6(2): 97-111.
- [45] DOGHRAMI K. The evaluation and management of insomnia[J]. Clinics in Chest Medicine, 2010,31(2): 327-339.
- [46] 马洁. 对中药治疗失眠症的评价 [J]. 中医临床研究, 2014,6(13): 137-138.
- [47] YEUNG W, CHUNG K, MAN KI POON M, et al. Chinese herbal medicine for insomnia: A systematic review of randomized controlled trials[J]. Sleep Medicine Reviews, 2012,16(6): 497-507.
- [48] SHI M, PIAO J, XU X, et al. Chinese medicines with sedative-hypnotic effects and their active components [J]. Sleep Medicine Reviews, 2016,29(3): 108-118.
- [49] 张天睿, 杨爱玲, 张天艺, 等. 分心木镇静催眠作用探究[J]. 中国药事, 2017,31(8): 960-964.
- [50] M U, JG E, M L, et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. [J]. New England journal of medicine, 2001,344(18): 1343-1350.
- [51] MENG Q, CHEN F, XIAO T, et al. Inhibitory effects of polysaccharide from *Diaphragma juglandis* Fructus on α -amylase and α -D-glucosidase activity, streptozotocin-induced hyperglycemia model, advanced glycation end-products formation, and H_2O_2 -induced oxidative damage [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019,124: 1080-1089.
- [52] 程艳刚, 李国艳, 谭金燕, 等. 分心木总黄酮体外抗氧化活性及对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶抑制作用研究 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2018,20(8): 22-25.
- [53] ZAHRA G, MEHRAN H, MEHDI H T M, et al. Evaluation of hypoglycemic and hypolipidemic effects of internal septum of walnut fruit in alloxan-induced diabetic rats[J]. African Ethnomedicines Network, 2016,13(2):94-100.
- [54] MENG Q, WANG Y, CHEN F, et al. Polysaccharides from *Diaphragma juglandis* Fructus: Extraction optimization, antitumor, and immune-enhancement effects [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018,115: 835-845.
- [55] SALIMI M, ARDESTANIYAN M H, KANDELOUS H M, et al. Anti-proliferative and apoptotic activities of constituents of chloroform extract of *Juglans regia* leaves[J]. Cell Proliferation, 2014,47(2):172-179.
- [56] YUANYUAN Z, BINGYOU Y, YANQIU J, et al. Studies on cytotoxic activity against HepG-2 cells of naphthoquinones from green walnut husks of *Juglans mandshurica* maxim[J]. Molecules, 2015,20(9):15572-15588.
- [57] LEI Y D, HAO Z C, JIE L, et al. Chemical constituents from the leaves of *Juglans mandshurica*[J]. Archives of pharmacal research, 2015,38(4):480-484.
- [58] WANG D, MU Y, DONG H, et al. Chemical constituents of the ethyl acetate extract from *Diaphragma juglandis* Fructus and their inhibitory activity on nitric oxide production *in vitro*[J]. Molecules, 2018,23(1): 72.
- [59] 苗玥. 核桃副产物对小鼠记忆力的影响[C]. 武汉:中国食品科学技术学会第十六届年会暨第十届中美食品业高层论坛, 2019.
- [60] 刘云, 胡祥, 阚欢, 等. 一种核桃分心木袋泡茶及其制备方法: CN110810592A[P]. 2020-02-21.
- [61] 周宝龙, 李小军, 丁鹏. 一种核桃分心木茶的生产方法: CN105265672B[P]. 2020-02-18.
- [62] 刘凡, 沈维治, 刘军, 等. 一种核桃分心木降脂保健茶的制备方法: CN106387168B[P]. 2019-08-23.
- [63] 王晓勇. 一种核桃分心木保健酒及其制备方法: CN108315160A [P]. 2018-07-24.
- [64] 周建华, 张震, 薛微卫, 等. 一种由核桃花、核桃叶、分心木和核桃壳混合酿制的果酒: CN106497723A[P]. 2017-03-15.
- [65] 王晓勇. 一种核桃分心木醋及其制备方法: CN108359576A[P]. 2018-08-03.
- [66] 王祥. 一种南烛子益肾固精海兔海鲜汤料及其制备方法: CN106261164A[P]. 2017-01-04.

- [67] 罗颖. 一种以分心木为原料的着色剂及其制备方法与应用: CN108902666A[P]. 2018-11-30.
- [68] 陈征, 陈冬冬. 一种补肾活血的药酒及其制备方法: CN109939173A[P]. 2019-06-28.
- [69] 王兰亭. 一种改善睡眠质量组合物的制备方法: CN108721399A[P]. 2018-11-02.
- [70] 蒋秋萍, 蒋贺天. 一种治疗妇科疾病的外用中药液: CN107519302A[P]. 2017-12-29.
- [71] 成荣富. 一种治疗前列腺炎的中药药: CN108578522A[P]. 2018-09-28.
- [72] 朱海真. 一种用于治疗帕金森病的组合中药配方: CN110893225A[P]. 2020-03-20.
- [73] 高霞. 一种治疗缺铁性贫血的药物组合物及其制备方法: CN109745468A[P]. 2019-05-14.
- [74] 熊良钟, 熊清爵, 熊孟智, 等. 一种治疗红斑狼疮的中药制剂及其制备方法: CN109172724A[P]. 2019-01-11.
- [75] 陈云志. 用于治疗弓形虫病的中药组合物: CN110051808A[P]. 2019-07-26.
- [76] 李梦琦. 一种治疗胃病的药物组合物: CN108295199A[P]. 2018-07-20.
- [77] 李天明. 一种用于治疗心脏病的药物及其制备方法: CN108295216A[P]. 2018-07-20.
- [78] 丛伟红. 改善认知障碍的中药组合物及其制备方法和用途: CN108042747A[P]. 2018-05-18.
- [79] 潘卫东, 刘特, 姜宏宁, 等. 治疗流涎和夜尿增多的中药复方制剂、其制备方法和应用: CN107865953A[P]. 2018-04-03.
- [80] 陈瑞芝, 张晓波. 一种用于妊娠剧吐的保健茶及其应用: CN106902274A[P]. 2017-06-30.
- [81] 李橙橙. 1.分心木的初步开发利用 2.术后辅助化疗治疗成人脑恶性胶质瘤的系统评价[D]. 兰州: 兰州大学, 2010.
- [82] 王晓勇. 一种核桃分心木枕头: CN108937421A[P]. 2018-12-07.
- [83] 董兆斌, 乔志强, 王根宪, 等. 一种非结块型猫砂及其制备方法: CN109089907A[P]. 2018-12-28.
- [84] 董兆斌, 乔志强, 王根宪, 等. 一种结块型猫砂及其制备方法: CN109089906A[P]. 2018-12-28.
- [85] 刘冬明. 一种高燃烧值的生物质燃料及其制备方法: CN107043646A[P]. 2017-08-15.
- [86] 陈静, 陈娴, 卞建平, 等. 脱色用活性炭: CN107253718A[P]. 2017-10-17.
- [87] 佚名. 一种耐候性的环保涂料及其制备方法: CN107325674A[P]. 2017-11-07.
- [88] 陈美云, 袁德宏, 袁霏, 等. 一种染料提取方法及分心木染液: CN107880585A[P]. 2018-04-06.

加工编辑: 冯娜

收稿日期: 2020-04-26