

基于本草学和现代研究的胡桃属废弃资源开发模式探究

陶爱恩¹, 黄茜¹, 陈颖志¹, 赵飞亚¹, 夏从龙^{2,3}, 钱金楸^{1*}

1. 云南大学旅游文化学院, 云南 丽江 674199

2. 大理大学药学与化学学院, 云南 大理 671000

3. 云南省高校滇西道地药材资源开发重点实验室, 云南 大理 671000

摘要: 胡桃属植物作为我国重要的经济、药用、食用和观赏植物, 在我国种植面积广阔, 产业价值巨大。由于目前核桃在产品开发应用上主要以核桃仁为主, 而其余部位得不到很好的利用, 每年造成极大的资源浪费和环境污染, 形成了废弃物。这些废弃部位在我国大多有应用记载, 其成分主要含有黄酮、酚酸、醌类、皂苷和多糖等, 具有抑菌、抗炎、抗氧化、抗肿瘤、降血糖等医药用途, 在农业和工业方面具有很好的开发前景。因此, 研发核桃废弃资源的产业化关键技术, 提升产业化水平是一件具有重要意义与价值的科学问题。主要通过对核桃废弃部位的本草应用、化学成分、药理研究、发展途径和模式进行系统地分析, 以期对核桃废弃部位的综合开发利用提供参考。

关键词: 胡桃属; 本草应用; 现代应用; 化学成分; 药理作用; 开发途径; 策略

中图分类号: R286 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2021)12-3752-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.12.033

Exploring *Juglans* abandoned resources development model based on herbal medicine and modern research

TAO Ai-en¹, HUANG Xi¹, CHEN Ying-zhi¹, ZHAO Fei-ya¹, XIA Cong-long^{2,3}, QIAN Jin-yu¹

1. School of Tourism and Culture, Yunnan University, Lijiang 674199, China

2. School of Pharmacy and Chemistry, Dali University, Dali 671000, China

3. Key Laboratory of Western Yunnan Medicinal Materials Resources Development, Yunnan University, Dali 671000, China

Abstract: As an important economic, medicinal, edible and ornamental plant in China, *Juglans* have a vast area of cultivation and great industrial value. As walnuts are currently used in product development and application mainly for walnut kernels, and the other parts are not well developed and utilized, it causes a huge waste of resources and environmental pollution every year, and forms waste. Most of these waste parts have medicinal records, and they mainly contain flavonoids, phenolic acids, quinones, saponins and polysaccharides. They have antibacterial, anti-oxidant, anti-tumor, and hypoglycemic activities. Therefore, key technologies for industrialization of walnut waste resources have been developed. It is of great significance and value to improve the level of industrialization. This research mainly analyzes the herbal application, chemical composition, pharmacological research, development methods and strategies of the waste parts of walnuts systematically, in order to provide references for the comprehensive development and utilization of waste parts of walnuts.

Key words: *Juglans* L.; herbal application; modern application; chemical composition; pharmacological action; development approach; strategy

胡桃属 *Juglans* L.为胡桃科(Juglandaceae)多 观赏植物。《中国药典》2015 年版收载胡桃
年生木本植物, 为我国重要的经济、药用、食用和 *Juglans regia* L.的干燥成熟种子(核桃仁)作为药

收稿日期: 2020-11-06

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金资助项目(2020J0899); 滇西北道地药材研究与开发创新团队培育项目(2021PT01); 云南省大学生创新创业训练计划项目(sc20201332804); 云南大学旅游文化学院科研项目(2021XY15)

作者简介: 陶爱恩, 男, 助教, 从事道地药材与民族药资源开发研究。Tel: 18987245571 E-mail: 2515073996@qq.com

*通信作者: 钱金楸, 教授, 从事民族药物研究。E-mail: jinfuqian@126.com

用,有补肾、温肺、润肠之功^[1]。核桃在中国有2000多年的栽培历史,被称为木本油料、铁杆庄稼,是中国开发山区林业生产的重要经济树种。我国25个省、市、自治区均有分布,以云南、山西、陕西、河北等省最多。核桃全身是宝,除核桃仁被药典收载使用外,其余部位包括核桃枝皮、核桃叶、核桃青皮(外果皮、青龙衣)、核桃分心木、核桃花、核桃壳(内果皮)均可作为药用^[2],对泌尿系统结石、慢性气管炎、皮炎、湿疹和痢疾等疾病有很好的疗效^[3]。《中华本草》记载桃枝皮(楸皮)具有清热燥湿、泻肝明目等功效,主湿热下痢、常下黄稠、目赤肿痛、迎风流泪和骨结核;《全国中草药汇编》记载核桃叶具有解毒,消肿之功,可用于象皮种、白带过多、疥癣。而分心木具有涩精缩尿、止血止带、止泻痢之功,用于遗精滑泄、尿频遗尿、崩漏、带下、泄泻、痢疾等症;《山东中草药手册》记载核桃青皮具有止痛、止咳、止泻、解毒、杀虫之功,主要用于脘腹疼痛、痛经、久咳、泄泻久痢、痈肿疮毒、顽癣、秃疮、白癣风等疾病;核桃花为核桃花柱,又称核桃纽、长寿菜、龙须菜,在民间可作为食材,《重庆草药》记载其泡酒可除疣;核桃壳在民间验方中煮水可治疗胃溃疡和咽炎等。其主要含有皂苷、黄酮、醌类等化学成分,具有抗氧化、抗菌、调脂、抗肿瘤等药理活性^[4],开发潜力巨大。

近年来,随着许多省份将核桃作为地方促进农民增收的主导产业之一,种植面积广阔。然而,在应用上核桃仁是核桃的主要应用部位,为我国40余种中成药、80余种中药处方和110余种国产保健食品的主要原料,其次还为多种休闲食品和食用油的重要原料,产业化程度已经非常成熟。但其余部位在种植、生产和加工过程中基本全部被作为废弃物丢弃,这些部位长期的堆积、腐烂、变质,本身存在的化感物质严重破坏了土壤结构和植物多样性,产生有毒物质,对环境造成了严重的污染。开展核桃废弃部位产业化开发关键技术研究已经成为非常迫切的问题。本研究主要在胡桃属植物的本草应用和现代研究进行系统梳理分析的基础上,对其废弃资源的开发模式与策略提出探讨,以期为其废弃部位开发利用提供参考。

1 胡桃属植物的本草应用

核桃使载于《博物志》,张骞使西域还,乃得胡桃种,故以胡羌为名^[5],首次以胡桃记载于《神

农本草经》“不得多食之,记日月,渐渐服食,调经络气,润血脉,黑人鬓发、毛落生也”;其后《七卷食经》记载“其味甘,温,去积气”;《食疗本草》记载“能除风,另人能食,通经脉,润血脉,黑发……常服,骨肉细腻光润,能养一切老痔疾”;《本草拾遗》记载“其味甘,平,无毒,食之令人肥健壮,润肤黑发,去野鸡病”;《日华子本草》记载“其能润鸡肉,易发”;《开宝本草》记载“可用于痔疮,拔白须发,多食利小便,去五痔”;《本草纲目》“胡桃壳,烧存性,入下血、崩中药”,《本经逢原》“核桃壳可治疗乳痈”。上述结果表明核桃自我国古代就开始种植,并且作为药用。

2 胡桃属植物的现代应用

胡桃属植物在现代应用中除核桃仁外,其余部位均有应用。《本草求真》记载“核桃壳能通郁结”;《重庆草药》记载“核桃花泡酒可除疣”;《贵州草药》记载胡桃枝可杀虫解毒;《山西中草药》记载“核桃枝可治食管癌、乳腺癌、胃癌、淋巴系统肿瘤”;《甘肃中草药手册》记载“胡桃枝皮具有清热燥湿、泻肝明目,主治湿热下痢,妇女白带,目赤、肿痛,迎风流泪等症”。《陕甘宁青中草药选》记载“胡桃枝皮具有清热燥湿,止痛,明目。主泊肠炎,痢疾,湿热带下,急性结膜炎”;《方脉正宗》记载“核桃青皮可治水痢不止”;《中华本草》记载“核桃花具有除疣作用”。《卫生部药品标准中药材》记载核桃青皮具有止痛,解毒消肿之功,用于治疗胃痛、腹痛、水痢、痈肿疮毒、顽癣。《黑龙江省中药材标准》记载“核桃青皮具有清热消肿、敛疮之功,用于治疗疮疖、脓肿和皮肤病”。《维吾尔药材标准》记载“核桃青皮具有抗癌、定痛、止痒杀虫之功,用于治疗各种癌症和胃脘痛症,外用治疗神经性皮炎”。通过查阅《卫生部药品标准中药成方制剂》《中国药典》《国家中成药标准汇编》《新药转正标准》《注册标准》《国家药监局单页标准》《外科学讲义》等收载中药方剂的相关著作,发现核桃枝皮为复方木鸡冲剂、复方木鸡合剂、复方木鸡颗粒的主要原料,该制剂能提高T淋巴细胞的免疫活性及巨噬细胞的吞噬能力,对甲胎蛋白有选择性的抑制作用,对肿瘤细胞有直接杀伤和抑制作用,用于甲胎蛋白低浓度持续阳性,慢性活动性肝炎及早期或中期原发性肝癌;核桃壳(烧灰存性)为“简易圣灵丹”的主要原料,主治杨

梅初起；分心木为“清宫寿桃丸”的主要原料，主要用于补肾生精、益元强壮。用于肾虚衰老所致头晕疲倦、记忆力衰退、腰膝酸软、耳鸣耳聋、眼花流泪、夜尿多、尿有余沥等症。综上所述胡桃的壳、花、青皮、楸皮、枝并非废弃物，主要可能是由于产业化水平滞后导致。

3 胡桃属废弃部位主要化学成分研究

目前针对胡桃属植物废弃部位主要化学成分的研究集中在壳、青皮、分心木、枝皮、花和叶，其化合物为皂苷、黄酮、醌类、酚酸、酯类、二芳基庚烷类、多糖等。

3.1 皂苷及其衍生物

常仁龙等^[6]从核桃楸 *Juglans mandshurica* Maxim 叶中分离纯化得到 β -谷甾醇 (1)；令狐晨^[7]从核桃 *J. regia* L. 分心木中分离纯化得到 Jugnaphtalenoside A (2)；杨明珠等^[8]从核桃分心木中分离纯化得到齐墩果酸 (3)；殷田田等^[9]从核桃青皮中分离纯化得到熊果酸 (4)；卢四平^[10]从核桃壳中分离纯化得到菜油甾醇 (5)；张建斌^[11]从核桃青皮 (青龙衣) 分离纯化得到 β -胡萝卜苷 (6)、白桦脂酸 (7)、泰国树脂酸 (8)、羽扇豆醇 (9)、24-羟基-羽扇豆醇 (10)。结果见图 1。

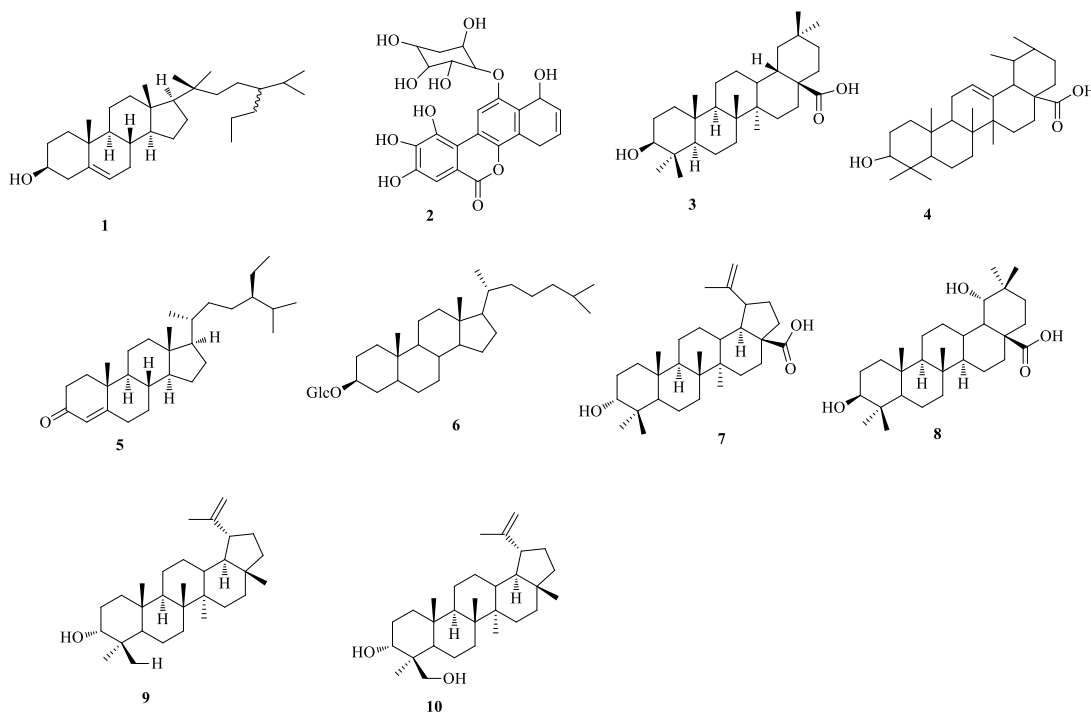


图 1 皂苷类化合物的结构

Fig. 1 Structure of saponins

3.2 黄酮及其衍生物

彭友伦等^[12]从漾濞泡核桃 *J. sigillata* Dode 壳中分离纯化得到二氢槲皮素 (11)；林君阳^[13]研究表明该属植物叶中含有甜味化合物二氢黄酮苷 (12)；陆瑶^[14]从核桃花分离纯化得到槲皮素苷 (13)、槲皮素-3-O- β -D-木糖苷 (14)、异槲皮苷 (15)、槲皮素-3-O- β -D-阿拉伯糖苷 (番石榴苷) (16)、槲皮素-7-O- β -D-葡萄糖苷 (17)、山柰酚-7-O- β -D-葡萄糖苷 (18)；常仁龙等^[6]从核桃楸叶中分离纯化得到山柰酚 (19)、槲皮素 (20)、山柰酚-3-O- β -D-半乳糖苷 (21)、山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷 (22)、槲皮素-3-O- β -D-半乳糖苷 (23)、淫

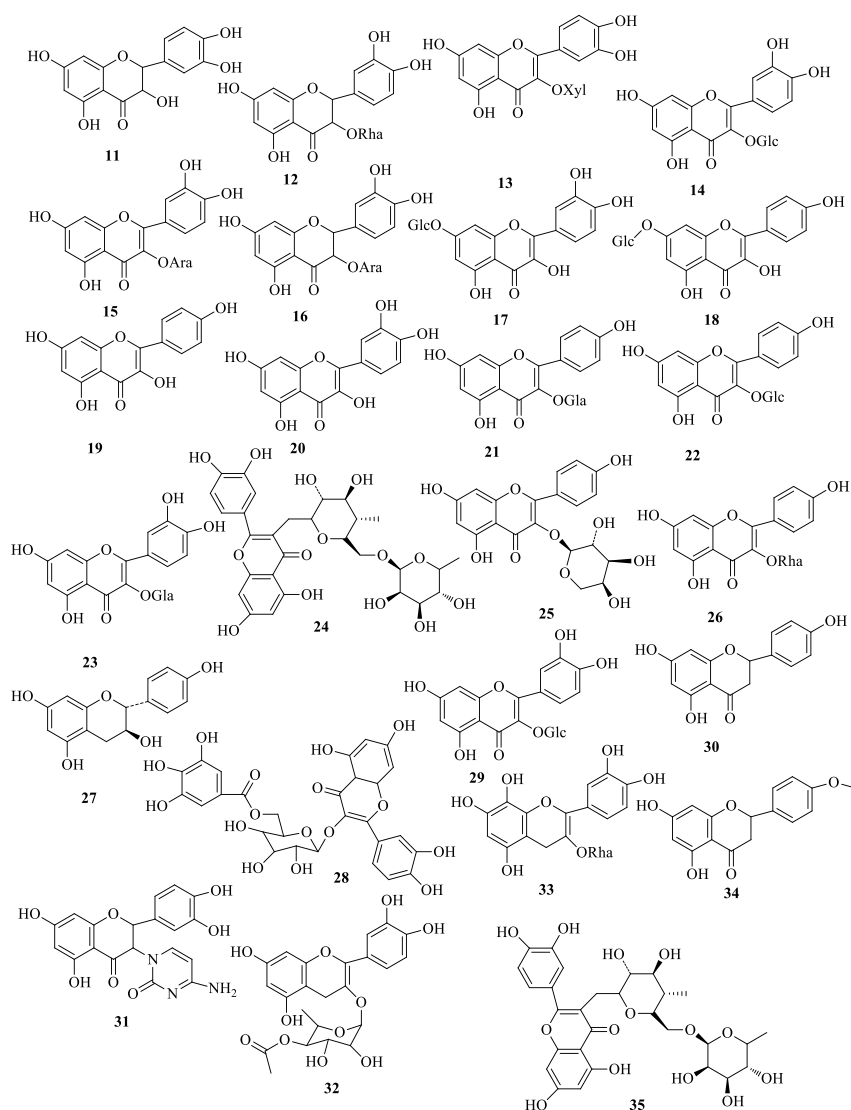
羊藿苷 C (24)；贾忠等^[15]从核桃花中分离纯化得到山柰酚-3- α -L-吡喃阿拉伯糖苷 (25)、山柰酚-3-O- α -L-鼠李糖苷 (26)；景援朝^[16]从核桃分心木中分离纯化得到儿茶素 (27)、槲皮素-3-O-(6"-没食子酰基)- β -D-半乳糖苷 (28)；胡钰^[17]从野核桃 *J. cathayensis* Dode 叶中分离纯化得到槲皮素-3-O-吡喃葡萄糖苷 (29)；杨明珠等^[18]从核桃分心木中分离纯化得到柚皮素 (30)；赵焕新等^[19]从核桃分心木中分离纯化得到紫杉叶素-3-O- α -L-呋喃阿拉伯糖苷 (31)、槲皮素-3-O-(4"-O-乙酰基)- α -L-鼠李糖苷 (32)；韩艳春^[20]从核桃分心木中分离纯化得到 5,7,8,3',4'-黄酮醇-3-O- α -D-鼠李糖苷 (33)；朱青

梅^[21]从核桃分心木中分离纯化得到异樱花素(34); 杨犇^[22]从核桃花中分离纯化得到芦丁(35); 宋倩^[23]从核桃壳中分离纯化得到 5-羟基-4'-甲氧基-7-甲基黄酮(36); 司传领等^[24]从核桃楸树皮中分离纯化得到短叶松素(37)、花旗松素(38)、蛇葡萄素(39)、杨梅素(40)、阿福豆苷(41)、紫云英苷(42)、杨梅苷(43); 王宗芳^[25]从野核桃叶中分离纯化得到 5,7,8,4'-四羟基黄酮(44); 王丹^[26]从核桃分心木中分离纯化得到金丝桃苷(46)。林君阳^[13]从山核桃青皮中分离纯化得到乔松酮(47)、黄卡瓦胡椒素(48)、5-羟基-4',7-二甲氧基黄烷酮(49)、5-羟基-6,7-二甲氧基黄烷酮(50)。结果见图 2。

3.3 醌类及其衍生物

胡钰^[17]从野核桃叶中分离纯化得到 2-乙氧基胡桃醌(51)、胡桃醌(52); 杨明珠等^[8]从核桃分心木中分离纯化得到大黄素(53); 王丹^[26]从核桃

分心木中分离纯化得到 4,8-二羟基-1-四氢萘醌(54); 李冬梅等^[27]从漾濞泡核桃青皮中分离纯化得到 5,8-二羟基-4-甲氧基- α -四氢萘醌(55)、核桃酮(56)、4,5-二羟基- α -四氢萘醌(57)、4,5,8-三羟基- α -四氢萘醌(58)、5-羟基-4-甲氧基- α -四氢萘醌(59)、5-羟基-2-甲氧基-1,4-萘醌(60); 张建斌^[11]从核桃青皮(青龙衣)分离纯化得到 2-丙氧基核桃酮(61)、4-甲氧基- α -四氢萘醌-5-O- α -葡萄糖苷(62)、4,5-O-异丙叉基- α -四氢萘醌(63)、4-甲氧基- α -四氢萘醌-5-O- α -葡萄糖苷(64); 杨犇^[22]从核桃花絮中分离纯化得到 4,5,8-三羟基- α -萘满酮 5-O- β -D-吡喃葡萄糖苷(65)、4,5-二羟基- α -萘满酮 4-O-D-吡喃葡萄糖苷(66); 石建辉^[28]从核桃楸皮中分离纯化得到 8-羧基蒽醌-1-羧酸(67)、3,3'-双胡桃醌(68)、3,6'-双胡桃醌(69)、环三胡桃醌(70)。结果见图 3。



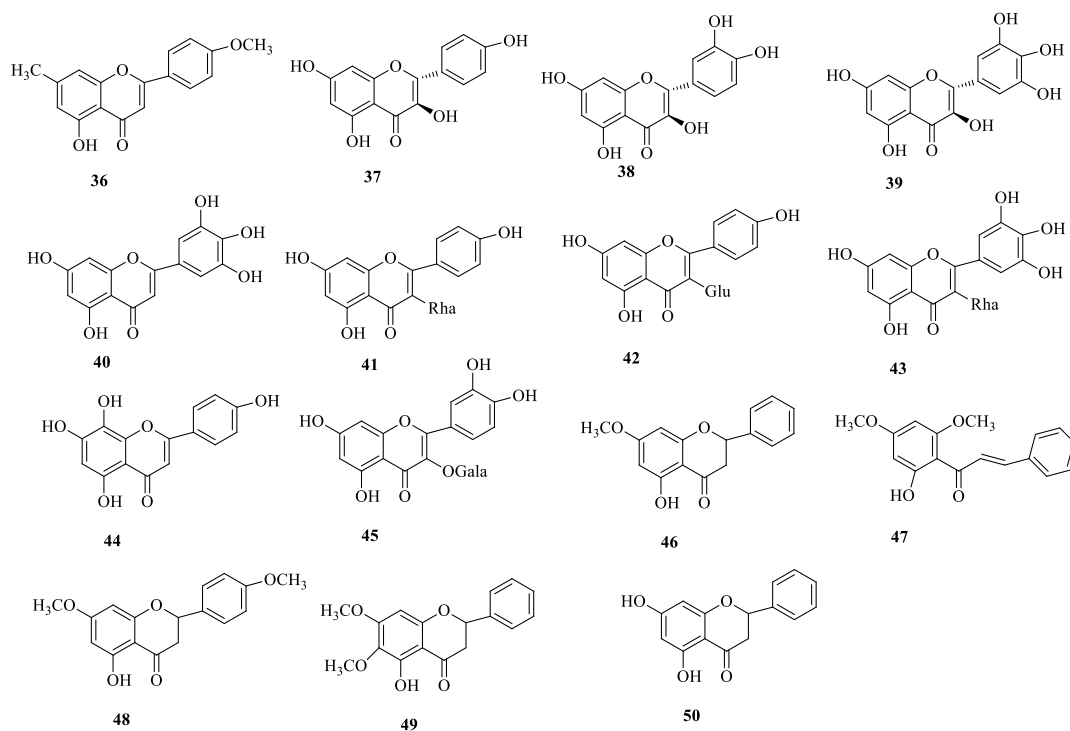


图2 黄酮类化合物结构

Fig. 2 Structure of flavonoids

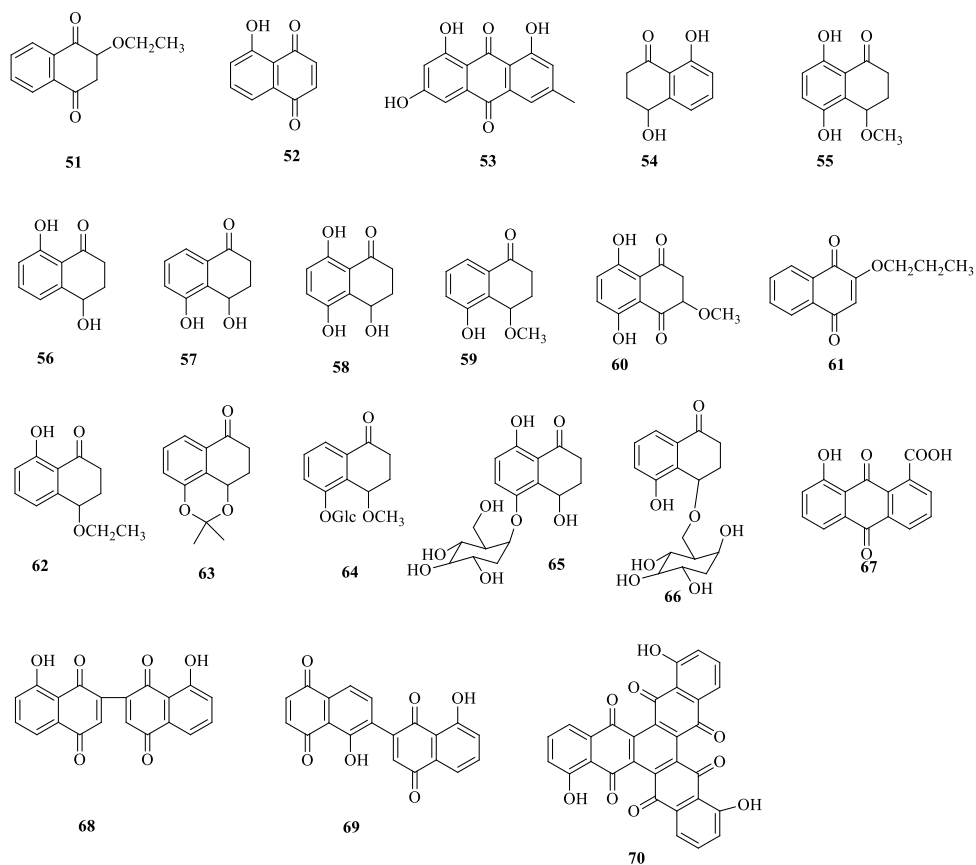


图3 醌类化合物结构

Fig. 3 Structure of quinone compounds

3.4 酚酸、醛及其苷类化合物

张建斌^[11]从核桃青皮(青龙衣)分离纯化得到琥珀酸(71)、丁香酸(72)、二氢红花菜豆酸(73);石建辉^[28]从核桃楸树皮(枝皮)中分离纯化得到香草醛(74)、香草酸(75)、没食子酸(76)、丁香酸(77),王丹等^[26]从核桃分心木中分离纯化得到原儿茶酸(78)、对羟基苯甲酸(79),

景援朝^[16]从核桃分心木中分离纯化得到原儿茶酸(80);何春梅等^[29]研究表明核桃壳中分离纯化得到咖啡酸(81);刘传水等^[30]从核桃的种皮中分离纯化得到红景天苷(82)、(6S,9S)-长寿花糖苷(83);彭友伦等^[12]从漾濞泡核桃中分离纯化得到酚苷类化合物它乔糖苷(84);李冬梅等^[27]从漾濞泡核桃青皮中分离纯化芥子醛(85)。结果见图4。

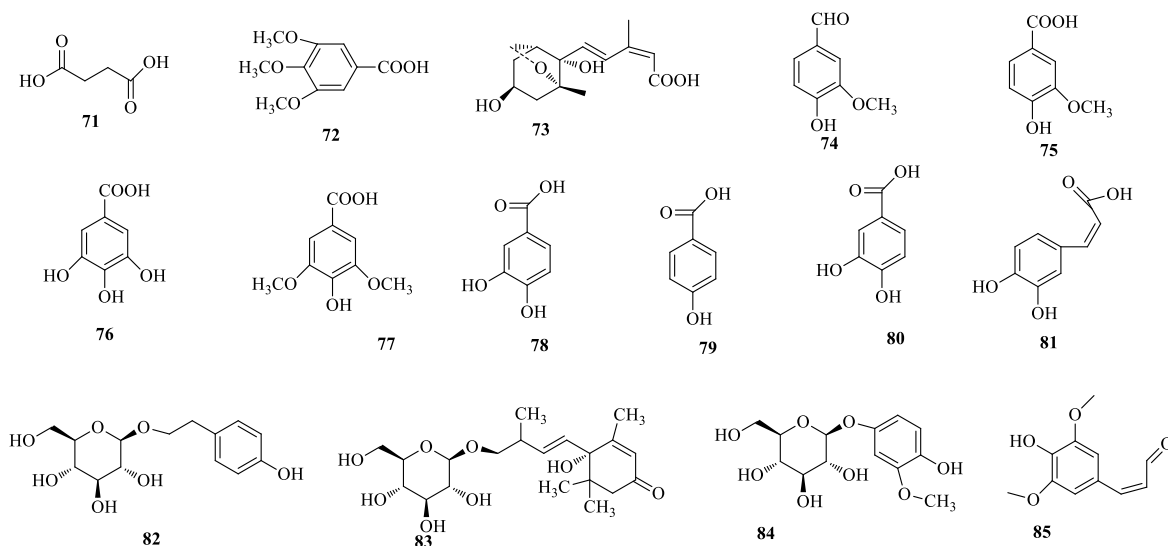


图4 酚酸类化合物结构

Fig. 4 Structure of phenolic acid compounds

3.5 二芳基庚烷类化合物

Liu 等^[31]从核桃壳中分离纯化得到胡桃素(86)、胡桃素 B(87)、李冬梅等^[32]从漾濞泡核桃

中分离纯化得到枫杨素(88);Liu 等^[33]从核桃分心木中分离纯化得到 jugeathayenin A(89)、myriatomentogenin(90)。结果见图5。

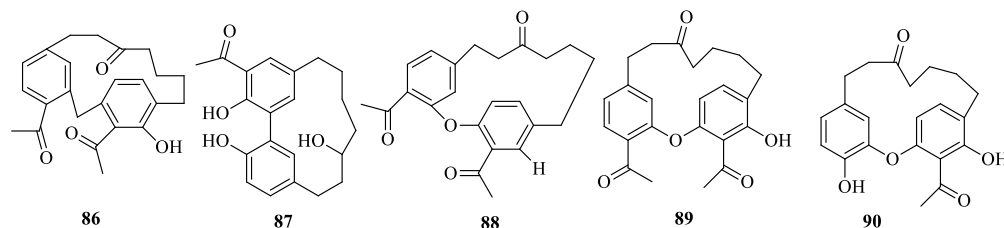


图5 二芳基庚烷类化合物结构

Fig. 5 Structure of diarylheptane compounds

3.6 其他类化合物

吴威等^[34]从山核桃壳中分离纯化得到(7R,8S,8R)-4,4',9-trihydroxy-7,9'-epoxy-8,8-lignan(91)、carayensin-A(92)、carayensin-B(93)、carayensin-C(94)、(E)-3-[(2S,3R)-2,3-dihydro-2-(4'-hydroxy-3'-methoxyphenyl)-3-hydroxymethyl-7-methoxy-1-benzofuran-5-yl]-2-propenal(95)、(E)-3-(2R,3S)-2,3-dihydro-2-(4'-hydroxy-3'-methoxyphenyl)-3-hydroxymethyl-7-methoxy-1-benzofuran-5-yl]-2-propenal(96)、

evofolin-B(97)、ligballinol(98)、3-(4'-hydroxy-3'-methoxyphenyl)-2-propenol(99);胡钰^[17]从野核桃 *J. cathayensis* 叶中分离纯化得到 6,7-二羟基香豆素(100);Meng 等^[35]从核桃分心木中分离纯化得到多糖 DJP-2,从核桃中分离纯化得到均一多糖 WKPP-70-1-1^[36]。此外核桃花絮、壳和叶中含有挥发油,含有许多的醇和酯类化合物,如愈创木醇、茅苍术醇、 α -松油醇、苯甲酸叶醇酯、叶醇。结果见图6。

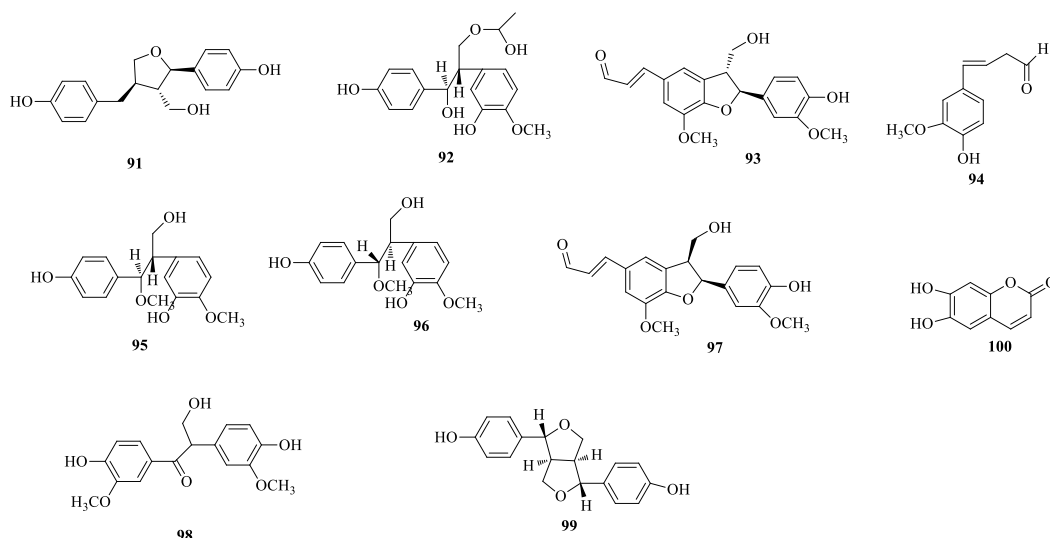


图 6 其他类化合物结构

Fig. 6 Structure of other compounds

4 胡桃属植物废弃部位的主要药理活性

4.1 抗氧化作用

抗氧化活性是核桃属植物的一个主要活性，主要与其酚酸类和黄酮类成分有关。令狐晨^[7]表明核桃分心木中总皂苷、总黄酮和总多糖均具有较好的 DPPH 自由基、羟基自由基、超氧阴离子自由基清除能力，并在一定质量浓度范围量效关系；郑忠培^[37]研究表明核桃楸树皮中，以黄酮类化合物为主的化学成分，具有较高的抗氧化活性，可对机体的氧化产生抑制作用，降低机体过氧化氢（H₂O₂）以及丙二醛（MDA）含量；汤慧民等^[38]研究表明核桃壳多糖对羟基自由基和超氧阴离子自由基均表现出较好的清除能力，且在一定范围内对二者的清除作用呈现良好的量效关系；Labuckas 等^[39]研究表明核桃总酚具有抗氧化能力；Liu 等^[33]表明核桃分心木中总黄酮提取物有抗衰老作用。

4.2 抗菌作用

Oliveira 等^[40]研究表明核桃壳水提物具有抗革兰阳性菌作用，多糖 DJP-2 有明显的抗菌作用。刘安军等^[36]表明均一多糖 WKPP-70-1-1 对大肠杆菌有抑菌作用；杨霞等^[41]研究表明胡桃醌对马尾松溃疡病具有抗菌作用；吴莹等^[42]研究表明核桃青皮总酚和总黄酮具有抗菌活性；Fernandez- Agulló 等^[43]表明核桃壳提取物具有抗革兰阳性菌的作用；尉芹等^[44]研究表明核桃壳总酚具有抑菌作用。林君阳^[13]研究表明核桃青皮中化合物 5-羟基-6,7-二甲氧基黄烷酮、乔松素在供试质量浓度为 0.1 mg/mL 时对玉米大斑病菌孢子萌发的抑制率均在 90%以上，对水稻稻瘟

病菌孢子萌发的抑制率在 90%以上；化合物 2,6-二羟基-3-苯基-4-甲氧基苯并呋喃苯丙烯酮对玉米大斑病菌和水稻稻瘟病菌孢子萌发的抑制率分别为 95.8%。

4.3 抗肿瘤作用

王宗芳^[25]研究表明化合物 3-羟基环丁基羧酸、5,7,8,4'-四羟基黄酮具有抗肿瘤活性；高杨等^[45]研究表明核桃青皮提取物能抑制胃癌细胞增殖和转移，其机制可能与调控白介素-6（IL-6）/Recombinant Signal Transducer And Activator Of Transcription 3（STAT3）的表达有关；张仲卫^[46]表明核桃青皮中没食子酸对食管癌细胞系的增殖有抑制作用；令狐晨^[7]研究表明核桃分心木具有抗肿瘤作用，主要单体化合物为苯二甲酸二甲酯、槲皮苷、Jugnapthalenoside A。郑莹等^[47]研究表明核桃楸皮中总黄酮具有抗肝 SMMC-7721 肿瘤细胞作用；吴威等^[34]从山核桃壳醇提物中分离的得到的化合物 carayensin-B、(E)-3-(2R,3S)-2,3-dihydro-2-(4'-hydroxy-3'-methoxyphenyl)-3-hydroxymethyl-7-methoxy-1-benzo[b]furan-5-yl]-2-propenal 的中、高剂量给药组表现出显著的抑制人结肠癌细胞 HT-29 和人结肠癌细胞 HCT-116 增殖的活性，化合物 (7R,8S,8R)-4,4',9-trihydroxy-7,9'-epoxy-8,8-lignan、carayensin-B、(E)-3-(2R,3S)-2,3-dihydro-2-(4'-hydroxy-3'-methoxy phenyl)-3-hydro xymethyl-7-methoxy-1-benzo [b] furanyl]-2-propenal、3-(4'-hydroxy-3'-methoxyphenyl)-2-ropenol 表现出较强的抑制人乳腺癌细胞 MCF-7 的增殖作用，且抑制作用与给药剂量成明

显的正性相关。欧阳瑾等^[48]等研究表明核桃青皮提取物对鼠 Lewis 肺癌的生长有明显的抑制作用；殷田田等^[9]研究表齐墩果酸对人肝癌 HepG-2 细胞的增殖显示了较强的生长抑制活性。

4.4 其他作用

王丹^[26]建立脂多糖 (LPS) 诱导 RAW264.7 细胞炎症模型，对核桃分心木中单体化合物抑制细胞炎症因子 NO 表达进行研究，结果表明没食子酸、4,8-二羟基-1-四氢萘醌、(+)-去氢催吐萝芙木醇、槲皮素、2-乙氧基胡桃醌和胡桃苷 A 对于炎症模型 NO 的表达具有显著的抑制作用。张坤等^[49]等研究表明山核桃叶总黄酮苷元具有明显的抗炎镇痛作用；李煦等^[50]研究表明脱脂核桃粉乙醇提取物具有较好的体内外的降血压作用；姚焕英等^[51]研究表明具胡桃苷具有抗消化道溃疡等作用，而胡桃醌具有治疗便秘、头癣、牛皮癣等作用；金晟等^[52]研究表明核桃油具有抗肝损伤的作用。纪学师等^[53]研究表明核桃仁对 CCl₄ 所致大鼠急性肝损伤有保护作用；杜侃莹^[54]研究表明核桃多肽具有降血糖作用；李丽等^[55-56]研究表明核桃蛋白与多肽均表现出一定降糖活性，并且核桃多肽的活性优于蛋白。陈阳等^[57]研究表明山核桃叶总黄酮苷元对四氧嘧啶诱导的高血糖动物有明显的降低血糖及血清果糖胺和增加小鼠体质量的作用，但对正常动物血糖和体质量基本无影响。

5 胡桃属植物资源综合开发路径分析

本研究对核桃非药用部位的本草应用、开发应

用和现代研究进行综合分析，通过本草研究发现，胡桃壳、胡桃花、胡桃枝、青龙衣、胡桃楸皮均有药用记载，可用于乳痈、郁结、除疣、肿瘤、绦虫、迎风流泪、细菌性摘疾、骨结核等疾病。现代研究表明核桃废弃资源中主要含有黄酮、酚酸、醌类、皂苷、多糖，主要具有抗氧化、抗菌、抗肿瘤等活性，针对各种药效均已经纯化得到单体化合物和均一多糖。综上所述，核桃非药用部位并非是不可回收资源。针对核桃的种植主要存在 2 种形式：第一是企业（合作社）+农户种植，第二是政府推动+农户连片种植（退耕还林），人人能种，不分门槛。但存在的问题是核桃应用上主要以核桃仁为主，其他部位在生产、回收、加工中均作为废弃资源丢弃。如何在我国脱贫攻坚阶段，发挥以核桃为代表的亲民品种，仅围绕日化、保健、肥料和、燃料和工业原料的开发，创新研发废弃物资源的回收关键技术体系，对促进国家“绿色”发展和实现脱贫攻坚战略具有重要价值。

6 核桃资源废弃资源开发利用模式

6.1 基于核桃废弃物资源中主要功能活性化合物的开发模式

笔者针对核桃废弃资源的应用记载和现代研究综合分析，基于绿色、可持续利用的思路，提出核桃废弃资源的综合开发模式，可全面提高农户核桃种植利润，发挥废弃物回收带动农户脱贫路径。其综合开发模式如下，见图 7。

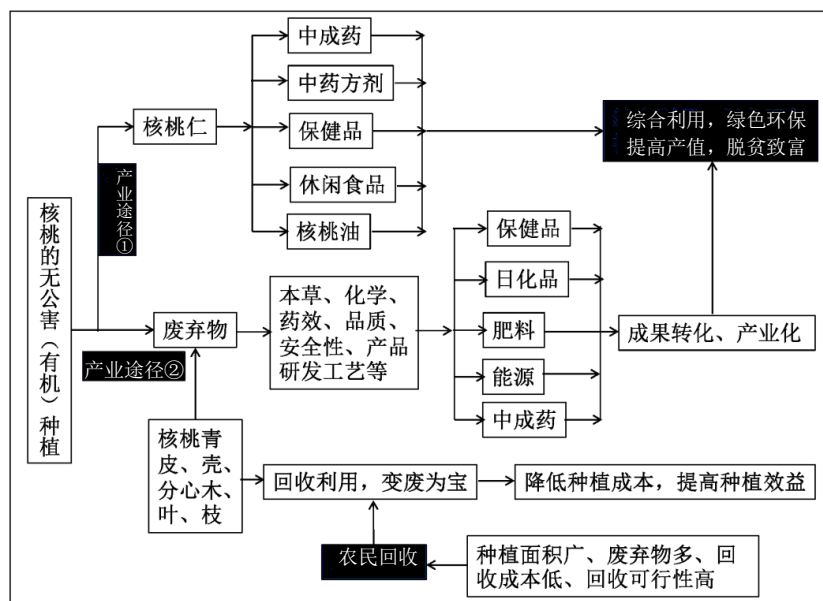


图 7 核桃的综合开发模式

Fig. 7 Walnut comprehensive development model

桃枝皮、核桃叶、核桃青皮（外果皮、青龙衣）、核桃分心木、核桃花、核桃壳（内果皮）在肿瘤（乳腺癌，胃癌）、镇痛、结核、皮肤病等方面有明确的功用记载。目前已经从中分离纯化得到 100 余种化合物，主要具有抗氧化、抗菌、抗肿瘤、抗消化道溃疡、降糖、治疗便秘、头癣、牛皮癣等作用，其中部分单体化合物已经证明具有确切药效。要加大特有活性成分的开发，如胡桃醌、核桃酮。此外，该属植物中许多化合物虽为在本属植物中报道活性，但是为其他属植物的主要活性成分，而且能够买到标准品。如黄酮类的二氢槲皮素、槲皮素苷、异槲皮苷、番石榴苷、槲皮素-7-O- β -D-葡萄糖苷、山柰酚、淫羊藿苷 C、儿茶素等化合物；皂苷类的齐墩果酸、熊果酸等化合物，酚酸类的香草醛、没食子酸、儿茶酸、 δ -生育酚、红景天苷、(6S,9S)-长寿花糖苷、它乔糖苷、芥子醛等化合物；芳香类的愈创木醇、茅苍术醇、 α -松油醇等化合物；醌类中大黄素等化合物。应加大对这些化合物回收利用，形成标准品，或开发相应的保健品、化妆品，提高核桃废弃物的利用价值。

6.2 基于核桃废弃资源不同部位功能特点的开发模式

6.2.1 核桃叶废弃物的资源化利用 核桃叶是在核桃种植过程中产生的废弃物，存在化感物质，长期堆积容易抑制其他植被的生长。本研究通过本草和现代应用分析发现核桃叶有毒，外用，可用于象皮种、白带过多、疥癣，可开发外用制剂和日化品。主要含有黄酮和醌类化合物。其醌类化合物具有治疗头癣、牛皮癣等作用^[51]，可开发外用癣剂。有研究表明核桃叶中总黄酮中单体成分具有一定的抗痛风性关节炎的作用，其作用机制可能与 Pyrin Domain Containing Protein 3 (NLRP3) 炎性体及其激活过程相关^[58]；还具有较强的抗氧化活性^[59]，对 H9c2 细胞氧化损伤的保护^[60]，对金黄色葡萄球菌有较好的抑菌效果^[61]，可开发抗菌皂、洗手液、洗发露和外用痛风洗剂等。

6.2.2 核桃花废弃物的资源化利用 核桃花又名核桃纽、长寿菜、龙须菜，是民间天然的食材。研究表明桃花中蛋白质含量高达 21%，在 18.22% 的总氨基酸中，必需氨基酸 41.2%，谷氨酸 23%，色氨酸 8.7%，支链氨基酸的含量也较高，K、Fe、Mn、Zn、 β -胡萝卜素、维生素 B₂、维生素 C、维生素 E 的含量高^[62]。其含有丰富的磷脂，有益于

增强人体细胞活力，促进人体造血功能，能有效降低血脂，胆固醇，预防动脉硬化。可开发为休闲食品。本研究通过本草分析发现，外用适量，浸酒涂搽，可以软坚散结，除疣，可开发成相应的洗剂。

6.2.3 核桃青皮废弃物的资源化利用 核桃青皮是核桃外果皮，其废弃物在核桃成熟以后掉落和初加工过程中容易产生。核桃青皮具有治疗胃腹疼痛，水痢，痈肿疮毒，顽癣，疮疖、脓肿和皮肤病，各种癌症和胃脘痛症，外用治疗神经性皮炎，可开发治疗癣、疮疖、脓肿和皮肤病的外用洗剂或者日化品。现代研究发现核桃青皮含有丰富酚类、黄酮和醌类化合物。其中的黄酮和酚类成分具有很好的清除体内自由基和抗衰老的作用^[63]和抗菌作用，提取物可开发成面膜、洗手液、抗菌皂等日化品。有研究表明核桃青皮染色的真丝织物皂洗牢度可达 3 级以上^[64]，优化染色工艺为染液 pH 值 4.0，时间 2.0 h，温度 90 °C，染液质量浓度 44 g/L^[65]，可开发成色素染料。亦有研究表明核桃青皮为原料的植物性杀虫剂，可实现安全高效的防治玉米蚜^[66]，并且其不同溶剂提取物对烟青虫也具有一定的毒杀作用^[67]。其中的活性物质 P4-2 对烟草花叶病毒还有抗病毒作用。因此，可将开发作为植物杀虫剂、抗菌剂或其他农药。另外在常温和低温环境下 5% 的核桃青皮乙醇提取物对无花果果实的保鲜效果仅次于 0.3 mol/L CaCl₂ 化学处理组，且无花果果实的品质和风味均能得到较好的保持^[68]，其青皮乙醇提取液浸泡处理樱桃可以减缓樱桃在贮藏过程中的失重率、腐烂率、维生素 C 含量、可滴定酸含量、可溶性固形物含量和感官评价等各指标的变化速度，延长樱桃的保鲜期，其中 80 mg/L 的处理保鲜效果最好。因此，核桃青皮提取物可开发植物源保鲜剂^[69]。此外核桃青皮热解碳化制备生物质活性炭，呈现堆积状，炭与炭之间有大小不一的空隙，具有中空结构，中空部分的尺寸较大，主要为中、大孔结构，有很好的吸附性能^[70]。因此可制备活性炭。同时，这些废弃资源可借鉴农林废弃物生物炭、木醋液、可燃气回收模式，创建关键技术体系，实现产业化利用。

6.2.4 核桃壳废弃物的资源化利用 核桃壳是核桃深加工过程产生废弃物。通过本草分析发现核桃壳在民间验方中煮水可治疗胃溃疡和咽炎，其烧灰存性为“简易圣灵丹”的主要原料，主治杨梅初起。核桃壳中主要含有酚酸、皂苷、黄酮、酯类和多糖

等化学成分,具有抗氧化、抗菌等作用,可开发面膜、抗菌皂等日化品。鲁秀国等^[71]研究表明核桃壳生物炭能够对 Cd 污染土壤起到钝化修复作用。可通过生物炭转化技术开发核桃壳生物炭。刘振等^[72]研究表明核桃壳作为制备活性炭的原料,具有固定碳含量高、挥发性成分多、灰分含量少等优点,通过正交实验优化工艺条件,结果表明在 400 ℃炭化 30 min 后,用 KOH 在 600 ℃高温活化 50 min,剂料比为 3:1 时,制备的核桃壳基活性炭的吸附性能最好。该活性炭能吸附水中铁、铬、铅、铜等元素。因此核桃壳可通过碳化开发活性炭产品和污水处理设备。

6.2.5 核桃分心木废弃物的资源化利用 核桃分心木是核桃在深加工过程中容易产生的废弃物。主要含有黄酮、皂苷和酚酸类成分,具有抗氧化和抗衰老作用。令狐晨^[7]研究表明核桃分心木中总皂苷和总黄酮均具有较好的 DPPH 自由基、羟基自由基、超氧阴离子自由基等的清除能力和铁还原能力,并在一定的质量浓度范围内成量效关系。本草分析发现,核桃分心木具有健脾固肾、补肾涩精,用于治疗肾虚遗精、滑精和遗尿的作用。令狐晨^[7]研究表明核桃分心木能提高小鼠的记忆力,王艳等^[74]研究核桃分心木 95%乙醇提取物、正丁醇提取物以及水提取物各剂量组均不同程度地改善了小鼠模型肾虚症状,验证分心木治疗肾虚遗精的功用。因此,核桃分心木可进一步开发功能性保健食品。石建春等^[75]对桃分心木袋茶的工艺进行研究确定核桃分心木原料经 45 ℃干燥、粉碎后,采用木浆纸泡茶袋包装,粉碎度 20 目,每袋装 3 g,制成的袋泡茶冲泡效果最佳;冲泡时间对冲泡液中黄酮含量的影响最大。加水量次之,冲泡温度最小,冲泡时间 9 min、冲泡温度 95 ℃、用水量 160 mL、冲泡 2 次,冲泡效果最佳,冲泡液中实际黄酮含量达到 51.311 mg/g,接近预测值 52.488 mg/g。综上所述,核桃分心木开发功能性茶具有很好的价值。

6.2.6 核桃枝皮废弃物的资源化利用 核桃枝皮是指核桃楸皮,主要为种植过程中容易产生废弃物。主要含有皂苷、黄酮、酚酸类化合物,具有抗氧化、抗肿瘤、抗菌等活性。现代应用分析发现其制剂具有提高 T 淋巴细胞的免疫活性及巨噬细胞的吞噬能力,对甲胎蛋白有选择性的抑制作用,对肿瘤细胞有直接杀伤和抑制作用,用于甲胎蛋白低浓度

持续阳性,慢性活动性肝炎及早期或中期原发性肝癌。闫明雪等^[76]表明核桃楸皮总黄酮具有较好的体外抗氧化活性,金黎明等^[77]表明核桃楸皮多糖溶液对羟自由基、DPPH 自由基、超氧阴离子自由基的清除率分别为 70.59%、75.82%、68.65%,对金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏菌、沙门氏菌、弧菌、白色念珠菌都不具有抑菌活性;梁启超等^[78]研究表明桃楸皮甲醇提取物可以影响 SMMC-7721 细胞周期分布和有效抑制 SMMC-7721 细胞生长;谭甜霞^[79]研究表明核桃楸皮中黄酮、鞣花酸、二芳基庚烷类化合物对对酚氧化酶(PO)有抑制作用。由于 PO 抑制剂在医农药、食品、化妆等领域有着广泛的应用,研究意义较大。梁启超等^[80]研究表明核桃楸皮多糖 JMPS-1 对 SMMC-7721 细胞具有较强抑制作用,流式细胞实验发现 JMPS-1 将 SMMC-7721 细胞的阻滞在 G2/M 期和 S 期。JMPS-1 具有抗癌活性,可用作天然的抗癌物质;罗庆东等^[81]研究表明桃楸树皮提取物的有效成分对人胃癌细胞 SGC-7901 具有抑制作用。因此,核桃楸皮可开发抗氧化剂、医农药、食品、化妆品和抗肿瘤相关制剂。

7 展望

核桃是我国重要的经济和药用植物,产业价值巨大。本研究主要从核桃的本草沿革、本草应用分析、产业开发现状分析、化学成分、药理研究、发展途径和策略进行系统分析。结果发现核桃自古以来在我国就作为药用,并且核桃壳、花、青皮、楸皮、枝均可作为药用。现代应用表明核桃仁、壳、花、楸皮和枝为中成药、中药方剂和保健品的主要原料,现代研究表明,目前已从该属植物中分离纯化得到 100 余种化合物,主要包括多糖类、黄酮类、酚酸类、皂苷类、肽类,具有降血糖、抗氧化、抗菌、抗肿瘤、抗肝损伤等多种药理活性。药用部位来源主要为壳、枝、楸皮、青龙衣和分心木。通过上述分析表明核桃壳、花、青皮、楸皮、枝并废弃资源,存在大量资源废弃物原因主要是由于这些部位产业化程度较低,利用较少,而核桃种植面积广阔,主要应用以核桃仁为主,导致其他部位生产过剩。笔者针对核桃的本草应用和现代研究,围绕日化、保健、肥料、农药、活性炭和燃料等产品开发,提出了核桃的综合性发展路径和废弃资源的开发策略,以期为其废弃资源的综合开发利用提供参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015: 279.
- [2] 沈广志, 邹桂华, 梁婷, 等. 核桃楸的化学成分研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(17): 219-224.
- [3] 郭善基. 中国果树志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [4] 张旭, 梁杏, 陈朝银, 等. 核桃壳的化学成分及其功能活性研究进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(14): 143-147.
- [5] 郝荣庭. 中国核桃(*Juglans regia* L.)起源考证 [J]. 河北农业大学学报, 1990, 13(1): 89-94.
- [6] 常仁龙, 孙佳明, 张博, 等. 核桃楸叶化学成分研究 [J]. 中成药, 2009, 31(7): 1082-1085.
- [7] 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.
- [8] 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, 1728.
- [9] 殷田田, 石伟峰, 闫福林. 核桃青皮化学成分及其抗肿瘤活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(12): 2104-2109.
- [10] 卢四平, 张向云, 向同寿. 气相色谱-质谱法测定核桃壳提取物中化学成分 [J]. 理化检验: 化学分册, 2012, 48(12): 1450-1453.
- [11] 张建斌. 甘肃青龙衣(核桃青皮)化学成分的研究 [D]. 兰州: 西北师范大学, 2009.
- [12] 彭友伦, 李冬梅, 刘光明. 泡核桃壳的化学成分研究 [J]. 中草药, 2013, 44(12): 1534-1538.
- [13] 林君阳. 山核桃外果皮化学成分及抑菌活性研究 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2008.
- [14] 陆瑶. 尼泊尔菊三七和核桃花化学成分研究 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2015.
- [15] 贾忠, 张培芬, 陶保全, 等. 核桃花的黄酮类化学成分研究 [J]. 中国药学杂志, 2009, 44(7): 496-497.
- [16] 景援朝. 分心木化学成分及其活性研究 [D]. 济南: 济南大学, 2015.
- [17] 胡钰. 野核桃叶化学成分的研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
- [18] 杨明珠, 周星利, 王玘玮, 等. 分心木化学成分研究 [J]. 大理学院学报, 2011, 10(2): 7-9.
- [19] 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.
- [20] 韩艳春. 维吾尔药新疆核桃分心木有效化学成分及其药理作用的研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2010.
- [21] 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.
- [22] 杨彝. 核桃花絮成分及花絮与核桃叶挥发性成分的对比研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
- [23] 宋倩. 核桃壳黄酮类化合物的制备工艺、结构分析及降脂活性研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.
- [24] 司传领, 刘忠, 惠岚峰, 等. 核桃楸树皮提取物的化学成分及其抗氧化活性研究 [J]. 林产化学与工业, 2008, 28(1): 29-32.
- [25] 王宗芳. 野核桃叶化学成分及抗肿瘤活性的研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
- [26] 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.
- [27] 李冬梅, 彭友伦, 刘光明. 漾濞泡核桃青皮化学成分的研究 [J]. 中草药, 2015, 46(7): 962-965.
- [28] 石建辉. 核桃楸皮化学成分研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2006.
- [29] 何春梅, 陈冠林, 俞憬, 等. 核桃壳多酚的提取、含量测定及其抗氧化活性研究 [J]. 广东药学院学报, 2016, 32(2): 153-158.
- [30] 刘传水, 太志刚, 冯四全, 等. 核桃种皮的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(10): 1417-1421.
- [31] Liu J X, Meng M, Li C, *et al.* Simultaneous determination of three diarylheptanoids and an α -tetralone derivative in the green walnut husks (*Juglans regia* L.) by high-performance liquid chromatography with photodiode array detector [J]. *J Chromatogr A*, 2008, 1190(1/2): 80-85.
- [32] 李冬梅, 彭友伦, 刘光明. 漾濞泡核桃青皮中二芳基庚烷类成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(18): 3553-3556.
- [33] Liu Y K, Gao J, Dong Y, *et al.* Effects of flavonoids extracted from the *Diaphragma* of walnut (*Juglans regia* L.) on spatial memory of the aged-model mice [C] // Proceedings of the 2016 International Conference on Artificial Intelligence and Engineering Applications. November [A]. France: Atlantis Press, 2016: 12-13.
- [34] 吴威, 毕秀丽, 曹家庆, 等. 山核桃壳中抗肿瘤物质的发现与活性评价 [A] // CSNR 全国第十届中药及天然药物资源学术研讨会论文集 [C]. 郑州: 中国自然资源学会天然药物资源专业委员会, 2012: 2.
- [35] Meng Q R, Li Y H, Xiao T C, *et al.* Antioxidant and antibacterial activities of polysaccharides isolated and purified from *Diaphragma juglandis fructus* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2017, 105(Pt 1): 431-437.
- [36] 刘安军, 王玥玮, 朱振元, 等. 核桃仁种皮多糖的提取及抑菌作用的研究 [J]. 现代食品科技, 2010, 26(4): 362-365, 369.
- [37] 郑忠培. 核桃楸树皮的化学成分及其抗氧化活性研究 [J]. 普洱学院学报, 2017, 33(3): 9-11.
- [38] 汤慧民, 李茂兴. 微波辅助提取核桃壳多糖及其抗氧

- 化活性研究 [J]. 中国油脂, 2018, 43(5): 123-126.
- [39] Labuckas D O, Maestri D M, Perelló M, *et al.* Phenolics from walnut (*Juglans regia* L.) kernels: Antioxidant activity and interactions with proteins [J]. *Food Chem*, 2008, 107(2): 607-612.
- [40] Oliveira I, Sousa A, Ferreira I C, *et al.* Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks [J]. *Food Chem Toxicol*, 2008, 46(7): 2326-2331.
- [41] 杨霞, 赵玉雪, 朱佳敏, 等. 野核桃青皮中胡桃醌含量测定及抗菌活性研究 [J]. 应用化工, 2019, 48(1): 234-237.
- [42] 吴莹, 包晓玮, 陈勇, 等. 核桃(*Juglans regia* L.)青皮提取物抗氧化及抑菌活性的研究[J]. 畜牧兽医学报, 2017, 48(6):1118-1127.
- [43] Fernández-Agulló A, Pereira E, Freire M S, *et al.* Influence of solvent on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts [J]. *Ind Crop Prod*, 2013, 42: 126-132.
- [44] 尉芹, 马希汉, 郑滔. 核桃壳木醋液的制取、成分分析及抑菌试验 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 276-279.
- [45] 高杨, 李盛涛, 郝文伟. 核桃青皮提取物调控 IL-6/STAT3 抑制胃癌细胞增殖和迁移的作用研究 [J]. 河北医药, 2020, 42(14):2095-2099.
- [46] 张仲卫. 中药核桃青皮提取物对食管癌细胞增殖的抑制作用及其分子机制的探讨 [D]. 天津: 天津医科大学, 2014.
- [47] 郑莹, 王帅, 孟宪生, 等. 基于量效融合评价的正交优选核桃楸皮抗肝 SMMC-7721 肿瘤黄酮类成分的提取工艺 [J]. 中药材, 2013, 36(10): 1686-1689.
- [48] 欧阳瑾, 曹志友, 王爽, 等. 核桃青皮提取物抑制小鼠 Lewis 肺癌生长的实验研究 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(11): 2749-2750.
- [49] 张坤, 沈勇, 徐敏, 等. 山核桃叶总黄酮苷元抗炎镇痛作用的研究 [J]. 浙江中医药大学学报, 2013, 37(10): 1226-1229,1239.
- [50] 李煦. 核桃仁抗氧化、降血压作用及提取工艺研究 [D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2015.
- [51] 姚焕英, 唐静成, 张鞍灵, 等. 核桃属植物化学成分及生物活性研究 [J]. 西北植物学报, 2003, 23(9): 1650-1655.
- [52] 金晟, 郑昌吉, 郑明显. 山核桃油对四氯化碳诱导的大鼠急性肝损伤的影响 [J]. 延边大学医学学报, 2013, 36(3): 177-180.
- [53] 纪学师. 核桃仁对大鼠 CCL₄ 肝损伤的保护作用 [J]. 实用中西医结合临床, 2006, 6(4): 81-82.
- [54] 杜侃莹. 核桃多肽降血糖功能效果研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2017.
- [55] 李丽, 黄雪梦, 杨璐嘉, 等. 采用 2 种降糖模型考察核桃蛋白及多肽的降糖作用 [J]. 食品科技, 2017, 42(4): 218-221.
- [56] 李丽. 核桃多肽防治糖尿病物质基础及作用机制研究 [D]. 武汉: 武汉工程大学, 2016.
- [57] 陈阳, 刘全芳, 陈宇驰, 等. 山核桃叶总黄酮苷元降血糖作用研究 [J]. 中华中医药学刊, 2017, 35(8): 2033-2035.
- [58] 陈伟圣, 孙棱, 祖宇瑶, 等. 基于分子对接方法研究山核桃叶黄酮单体对痛风关节炎中 NLRP3 炎症信号通路的作用 [J]. 浙江中医药大学学报, 2019, 43(6): 605-612.
- [59] 徐敏, 沈勇, 张坤, 等. 山核桃叶总黄酮苷元及其主要单体成分球素查尔酮的抗氧化活性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(22): 204-208.
- [60] 陈宇驰, 黄燕芬, 吕敏, 等. 山核桃叶总黄酮对 H9c2 细胞氧化损伤的保护作用 [J]. 中成药, 2017, 39(2): 255-259.
- [61] 姚欣, 让凤菊, 刘伟, 等. 伊犁野核桃叶中黄酮类活性物质的提取及其抑菌活性研究 [J]. 伊犁师范学院学报: 自然科学版, 2018, 12(3): 31-35.
- [62] 陈朝银, 赵声兰, 曹建新, 等. 核桃花食用价值的研究与分析 [J]. 食品科学, 1998, 19(12): 35-37.
- [63] 刘迪, 宋晓宇, 李婧, 等. 超临界二氧化碳萃取核桃青皮多酚及其体内抗氧化性 [J]. 食品工业, 2019, 40(5): 144-148.
- [64] 肖培, 杜海娟, 欧康康, 等. 核桃青皮色素的提取及其在真丝上的染色 [J]. 中原工学院学报, 2019, 30(2): 6-11.
- [65] 王惠明, 张进德, 杨永兴, 等. 陇南核桃青皮色素对羊毛的染色性能研究 [J]. 毛纺科技, 2019, 47(5): 50-53.
- [66] 邵鸣, 邹玉, 付文龙, 等. 核桃青皮提取物对玉米蚜的毒杀活性 [J]. 中国林副特产, 2017(2): 26-28.
- [67] 何念武, 刘晓阳, 李堆淑, 等. 核桃青皮不同溶剂提取物对烟青虫的防治效果研究 [J]. 现代农业科技, 2016(22): 109-110,117.
- [68] 刘伟, 曹文利, 薛雨菲, 等. 核桃青皮乙醇提取物对采后无花果的保鲜效果 [J]. 食品工业科技, 2020, 41(23): 289-294.
- [69] 韩晓云, 刘鹏, 王震, 等. 核桃青皮提取液对樱桃的保鲜作用 [J]. 北方园艺, 2020(6): 109-114.
- [70] 施伟. 核桃皮炭的制备及其对废水中金属离子的吸附性能 [D]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2019.
- [71] 鲁秀国, 武今巾, 郑宇佳. 核桃壳生物炭对土壤中镉的钝化修复 [J]. 环境工程, 2020, 38(11): 196-202.
- [72] 刘振, 方振华, 金鑫, 等. 核桃壳基活性炭的制备及其对亚甲基蓝吸附效果研究 [J]. 西安文理学院学报: 自然科学版, 2019, 22(2): 81-85.

- [73] 苗玥, 牟成培, 谭超, 等. 核桃副产物对小鼠记忆力的影响 [A] // 中国食品科学技术学会第十六届年会暨第十届中国食品业高层论坛论文集 [C]. 武汉: 中国食品科学技术学会, 2019: 28.
- [74] 王艳, 迪丽达尔·马合木提, 韩艳春, 等. 维吾尔药核桃分心木不同提取物对肾阳虚模型小鼠的实验研究 [J]. 新疆医科大学学报, 2012, 35(2): 153-157.
- [75] 石建春, 段雅洁, 李志刚, 等. 核桃分心木袋泡茶制作及冲泡工艺 [J]. 食品工业, 2020, 41(6): 93-97.
- [76] 闫明雪, 王倩倩, 杨铭哲, 等. 核桃楸皮总黄酮的体外抗氧化活性研究 [J]. 当代化工, 2020, 49(6): 1051-1055.
- [77] 金黎明, 陈苛蒙, 包艳春, 等. 核桃楸皮多糖的抗氧化及抗菌作用研究 [J]. 食品科技, 2018, 43(10): 247-250.
- [78] 梁启超, 刘爽, 张朝立. 核桃楸皮提取物对人肝癌细胞 SMMC-7721 的增殖抑制作用及对细胞周期的影响 [J]. 林产化学与工业, 2017, 37(3): 136-140.
- [79] 谭甜霞. 核桃楸皮化学成分及酚氧化酶抑制活性的研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2015.
- [80] 梁启超, 邹桂华, 刘爽, 等. 核桃楸皮多糖的分离纯化及抗癌活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(8): 1340-1345.
- [81] 罗庆东, 张春庆, 周丽. 核桃楸树皮不同成分对人胃癌细胞 SGC-7901 增殖的影响 [J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2010, 31(20): 3195-3198.

[责任编辑 时圣明]