

胡桃科植物的化学成分与生物活性研究进展

吴 威, 李 巍, 张 易, 赵余庆*

沈阳药科大学中药学院, 辽宁 沈阳 110016

摘 要: 胡桃科植物大多数均为药食同源植物, 其有效成分主要是黄酮类、萜类、鞣醌及其苷类、二芳基庚烷类、酚类、挥发油、有机酸类等, 具有抗肿瘤、镇痛、抑菌、抗氧化、抑制酶活性、杀虫、降血糖、抗病毒、增强记忆力等多种生物活性。由于其有效成分具有显著的抗肿瘤作用, 且来源广泛, 受到各国学者的广泛关注。通过查阅整理胡桃科植物的研究文献, 综述了近 20 年国内外有关胡桃科植物化学成分与生物活性的研究进展, 为其进一步的开发利用提供参考。

关键词: 胡桃科; 黄酮类; 药食同源; 抗肿瘤; 抗氧化

中图分类号: R282.71

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2013)17-2480-09

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.17.026

Advances in studies on chemical constituents in plants from Juglandaceae and their bioactivities

WU Wei, LI Wei, ZHANG Yi, ZHAO Yu-qing

School of Traditional Chinese Materia Medica, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

Key words: Juglandaceae; flavonoids; medicine food homology; antitumor; anti-oxidation

胡桃科(Juglandaceae)是胡桃目仅有的1科, 该科植物种类不多, 均可药用, 全世界有9属71种^[1], 绝大多数种分布在北温带和亚洲热带地区, 极少数种分布在南美洲大陆, 间断分布于欧洲、亚洲和美洲。我国分布有胡桃科的化香树属 *Platycarya* Sieb. et Zucc.、黄杞属 *Engelhardtia* Leschen. ex Bl.、青钱柳属 *Cyclocarya* Iljinskaja、枫杨属 *Pterocarya* Kunth、胡桃属 *Juglans* L.、喙核桃属 *Annamocarya* A. Chev.、山核桃属 *Carya* Nutt. 植物, 共7属27种1变种, 南北均产^[2], 主要分布在长江以南, 少数种分布在长江以北。胡桃科植物为落叶或半常绿或常绿乔木, 其枝、叶、外果皮、根皮、坚果内隔及果仁均可入药, 其中有些种还是重要的木本油料^[3]。胡桃属和山核桃属植物历来被研究人员所重视, 有着较长的研究历史。很多国家对胡桃属和山核桃属植物的化学成分及药理活性进行了大量研究。近年来研究表明胡桃科植物具有抗肿瘤、镇痛、抑菌、抗氧化、抑酶、杀虫、降血糖、抗病毒及增强记忆力等作用^[4]。本文通过查阅国内外的相关文献, 对胡桃科植物的化学成分和生物活

性研究进展进行了综述, 为其进一步的研究和开发利用提供科学依据。

1 有效成分

1.1 黄酮类化合物

黄酮类化合物是胡桃科植物中量最多的成分, 近几年从该科植物中分离出多种黄酮及黄酮苷类化合物(表1)。这些黄酮类化合物主要来自胡桃属、山核桃属和青钱柳属, 它们对胡桃科植物发挥药效作用起重要的作用。

1.2 萜类化合物

已报道的胡桃科萜类成分大多为三萜, 少数也有倍半萜(表2)。从青钱柳 *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja 叶中分离得到一类裂环达玛烷型三萜皂苷, 该类型化合物与一般达玛烷型三萜皂苷不同, 其C-3、C-4位上的键开裂, 是一类比较罕见的达玛烷型三萜皂苷(图1)^[4]。此外, 还从核桃 *Juglans regia* L. 的树枝和树叶中分离了3个新的三萜和2个倍半萜^[23], 从胡桃楸 *Juglans mandshurica* Maxim. 的茎皮中分离到1个新的三萜 juglangenin A(图2)。

收稿日期: 2013-02-21

作者简介: 吴 威(1983—), 女, 辽宁省鞍山市人, 博士研究生, 主要从事抗肿瘤天然药物化学研究。E-mail: wuweijiayou@163.com

*通信作者 赵余庆 Tel: (024)23986521 E-mail: zyq4885@126.com

表1 胡桃科植物中的黄酮类化合物
Table 1 Flavonoids in plants from Juglandaceae

序号	化合物名称	植物来源	文献	序号	化合物名称	植物来源	文献
1	7-甲基二氢山奈酚	a	5	17	5-羟基-4', 7-二甲氧基黄烷酮	b	3
2	槲皮素-3-半乳糖苷	a	5	18	5-羟基-6, 7-二甲氧基黄烷酮	b	3
3	槲皮素-3-阿拉伯呋喃糖苷	a	5	19	3, 6, 3', 5'-四甲氧基-5, 7, 4'-三羟基黄酮醇	c	7,10
4	槲皮素-3-阿拉伯吡喃糖苷	a	5	20	山奈酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷	c	7,10
5	槲皮素-3-O-α-L-鼠李糖苷	a, b, c, e	5-8	21	山奈酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸钠盐	c	7,10
6	山奈酚-3-阿拉伯糖苷	a	6	22	山奈酚-7-O-α-L-鼠李糖苷	c	7,10
7	山奈酚-3-O-α-L-鼠李糖苷	a, e	6,8	23	山奈酚-4'-甲醚-7-O-β-D-甘露糖苷	c	13
8	山奈酚	a, c	9-11	24	槲皮素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸钠盐	c	13
9	槲皮素	a, c, d	9-12	25	杨梅素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸钠盐	c	13
10	异槲皮素	a	6	26	异槲皮苷	c	11
11	双氢槲皮素	a	6	27	新落新妇苷	e	4
12	杨梅素-3-O-α-L-鼠李糖苷	a	6	28	异落新妇苷	e	4
13	儿茶素	a	5	29	黄杞苷 E	e	4
14	花旗松素	a	10	30	黄杞苷	e	4
15	乔松酮	b	3	31	异黄杞苷	e	4
16	黄卡瓦胡椒素	b	3				

a-胡桃属 b-山核桃属 c-青钱柳属 d-枫杨属 e-黄杞属

a-*Juglans* L. b-*Carya* Nutt. c-*Cyclocaryapaliurus* Iljinskaja d-*Pterocarya* Kunth. e-*Engelhardia* Leschen. ex Bl.

表2 胡桃科植物中的萜类化合物
Table 2 Terpenoids in plants from Juglandaceae

序号	化合物名称	植物来源	文献	序号	化合物名称	植物来源	文献
1	甜茶树苷 A	a	14	11	3β-羟基-12-齐墩果烯-29-羧酸	a	18
2	青钱柳苷 I	a	15	12	青钱柳苷 B	a	20
3	青钱柳苷 II	a	4	13	青钱柳苷 C	a	20
4	青钱柳苷 III	a	4	14	枫杨苷 A	a	20
5	阿江榄仁酸	a	16	15	枫杨苷 B	a	20
6	青钱柳酸 B	a	16	16	熊果酸	b	12
7	青钱柳酸 A	a	17	17	枫杨内酯	b	12
8	2α-羟基熊果酸	a, b, c	12,16	18	3-表白桦脂酸	c	19,21
9	齐墩果酸	a, c	18-19	19	3-表白桦脂酸乙酸酯	c	19,21
10	乌苏酸	a, c	18-19	20	24-甲基-达玛烷-20S, 24R-环氧-3-酮	c	22

a-青钱柳属 b-枫杨属 c-黄杞属

a-*Cyclocaryapaliurus* Iljinskaja b-*Pterocarya* Kunth c-*Engelhardia* Leschen. ex Bl.

1.3 萜醌及其苷类化合物

该类成分主要从胡桃科胡桃属植物中分离得到^[24],以胡桃醌和氢化胡桃醌及其苷为主,另外还发现了蒽醌和胡桃醌的低聚体以及 1 个新的醌类化合物^[25],在胡桃楸中分离到 1 个新型蒽醌化合物 juglanthraquinone C^[26],并从核桃的根皮中分离到 3 种新的萜苷(图 3 和表 3)^[27]。

1.4 二芳基庚烷类化合物

从胡桃科核桃楸中分离得到了二芳基庚烷类化合物^[38-39],均具有 C₆-C₇-C₈ 骨架,其结构主要有开链式、环状式以及二聚体,环状式又可分为联二苯型和联二苯醚型;还从核桃青壳中分离到 3 种二芳基庚烷(胡桃宁 A、B 和 rhoiptelol)和 1 个新的二芳基庚烷(胡桃宁 C)(图 4)^[40]。

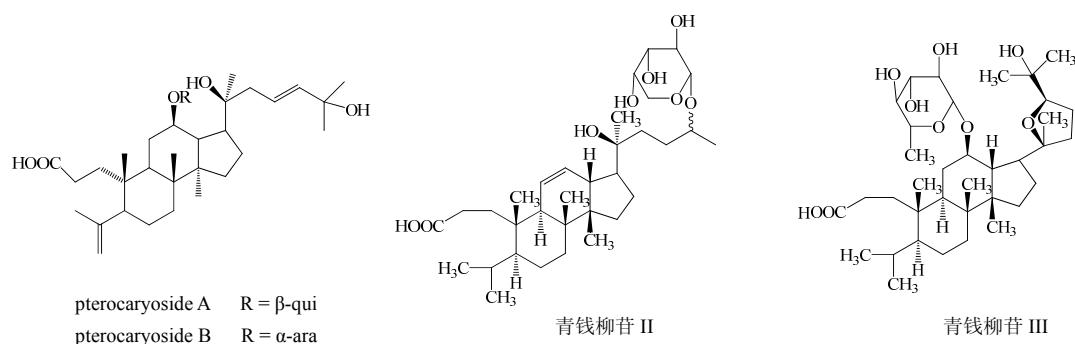


图1 C-3、C-4 裂环达玛烷型三萜皂苷

Fig. 1 C-3, C-4 split ring dammarane-type triterpenoid saponins

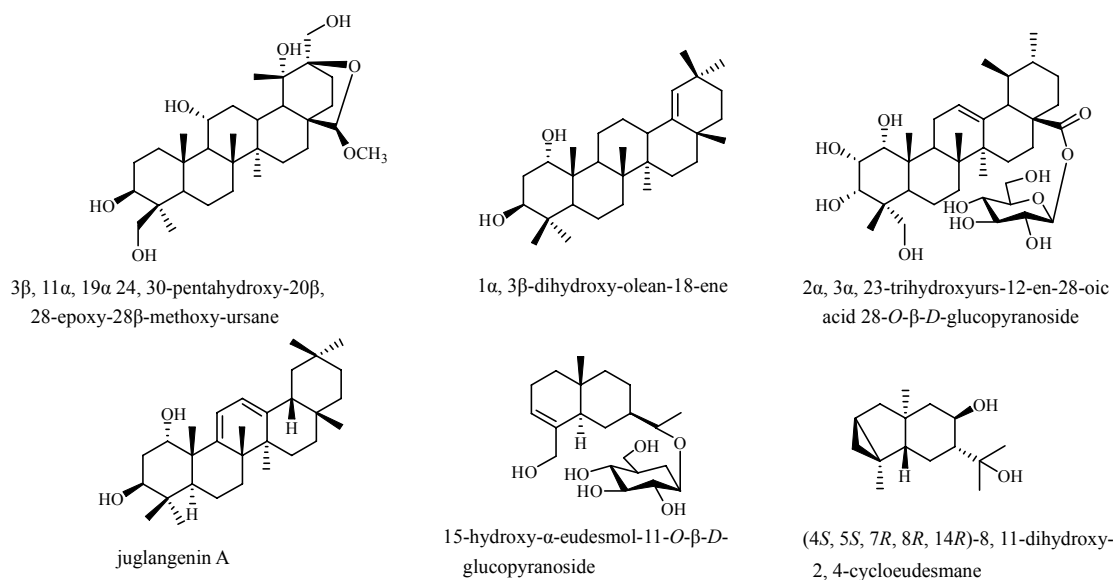


图2 从核桃树中分离的新的三萜和倍半萜

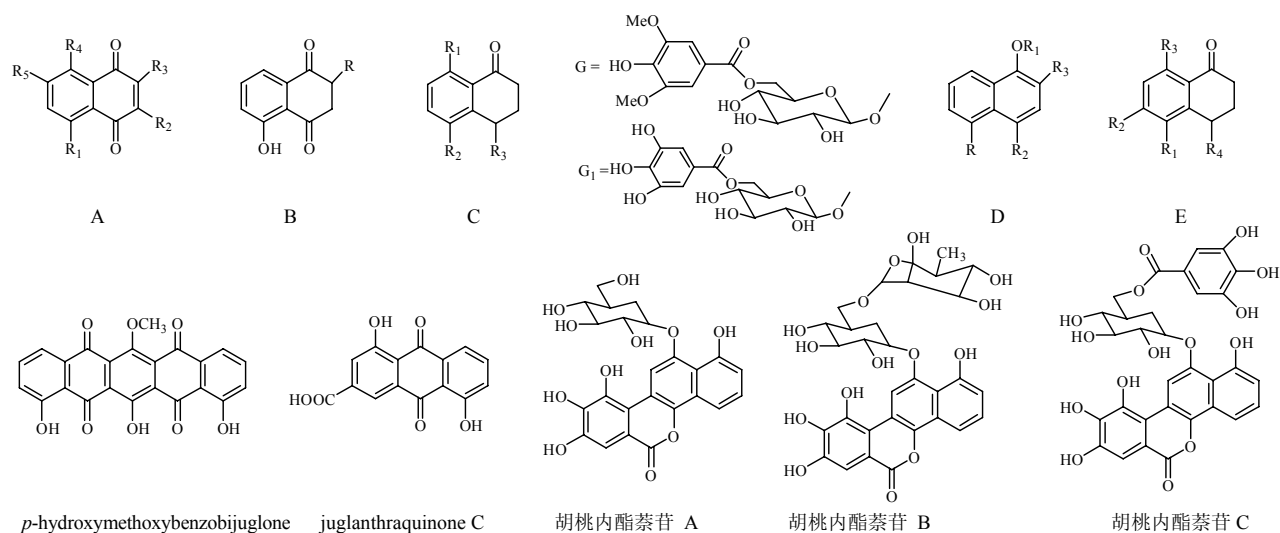
Fig. 2 New triterpenes and sesquiterpenes from *J. regia*

图3 萘醌母核和部分萘醌类化合物

Fig. 3 Nucleus of naphthoquinones and some naphthoquinone compounds

表3 胡桃科植物中的萘醌及其苷类化合物
Table 3 Naphthoquinones and their glycosides in plants from Juglandaceae

序号	化合物结构		植物来源	文献
	母核	取代基		
1	A	$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=H$	胡桃属	28
2	A	$R_1=OH, R_2=R_3=R_4=R_5=H$	胡桃属	28-29
3	A	$R_1=R_2=R_4=R_5=H, R_3=CH_3$	胡桃属	28
4	A	$R_1=OH, R_3=Me, R_2=R_4=R_5=H$	胡桃属	28
5	A	$R_1=OH, R_2=Me, R_3=R_4=R_5=H$	胡桃属	28
6	A	$R_1=OH, R_2=R_3=Me, R_4=R_5=H$	胡桃属	28
7	A	$R_1=R_4=OH, R_2=R_3=R_5=H$	胡桃属	30
8	A	$R_1=OH, R_2=OCH_3, R_3=R_4=H, R_5=CH_3$	胡桃属	31
9	A	$R_1=OH, R_3=OCH_3, R_2=R_4=R_5=H$	胡桃属	30
10	B	$R=H$	胡桃属	9
11	B	$R=CH_3$	胡桃属	9
12	C	$R_1=OH, R_2=H, R_3=OH$	胡桃属	9,32
13	C	$R_1=H, R_2=G, R_3=OH$	胡桃属	33
14	C	$R_1=\beta-D\text{-glc}, R_2=H, R_3=OH$	胡桃属	33
15	C	$R_1=H, R_2=OH, R_3=OCH_3$	胡桃属	32
16	C	$R_1=OH, R_2=OH, R_3=OCH_3$	胡桃属	32
17	C	$R_1=OH, R_2=OCH_3, R_3=OH$	胡桃属	32
18	C	$R_1=H, R_2=H, R_3=OH$	胡桃属	32
19	C	$R_1=H, R_2=H, R_3=\beta-D\text{-glc}$	胡桃属	33
20	C	$R_1=H, R_2=OH, R_3=\beta-D\text{-glc}$	胡桃属	33
21	C	$R_1=OH, R_2=OH, R_3=\beta-D\text{-glc}$	胡桃属	33
22	C	$R_1=H, R_2=\beta-D\text{-glc}, R_3=OH$	胡桃属	33
23	C	$R_1=H, R_2=OH, R_3=OH$	胡桃属	33
24	C	$R_1=OH, R_2=OH, R_3=OH$	胡桃属	33
25	D	$R=OH, R_1=R_2=R_3=H$	胡桃属	34
26	D	$R=R_1=H, R_2=O-\beta-D\text{-glc}, R_3=COOCH_3$	胡桃属	35
27	D	$R=OH, R_1=R_3=H, R_2=O-\beta-D\text{-glc}$	胡桃属	36
28	D	$R=OH, R_1=R_3=H, R_2=C-G_1$	胡桃属	35
29	D	$R=OH, R_1=R_3=H, R_2=O-G$	胡桃属	35
30	D	$R=R_1=R_3=H, R_2=O-\beta-D\text{-glc}$	胡桃属	36
31	D	$R=OH, R_1=R_3=H, R_2=O-\beta-D\text{-glc}(1\rightarrow6)-\alpha-L\text{-ara}$	胡桃属	37
32	D	$R=H, R_1=Me, R_3=H, R_2=O-\beta-D\text{-glc}(1\rightarrow6)-\alpha-L\text{-aha}$	胡桃属	37
33	E	$R_1=R_3=R_4=H, R_2=OH$	胡桃属	33
34	E	$R_1=R_3=H, R_2=OH, R_4=\beta-D\text{-glc}$	胡桃属	33

1.5 酚类化合物

从胡桃的不同部位分离到多种酚类成分(表4),胡桃酚类化合物在种皮和外皮中浓度较高,该类成分具有多种生物活性,近年又从胡桃楸新鲜的未成熟果实中分离到了1种新的 α -萘满酮衍生物胡桃酮

(juglanone)(表4和图5)^[45]。

1.6 挥发油

核桃叶中富含挥发油,主要成分为 α -蒎烯(15.1%)、 β -蒎烯(30.5%)、柠檬烯(3.6%)、 β -石竹烯(15.5%)和右旋大根香叶烯(14.4%)等^[46]。

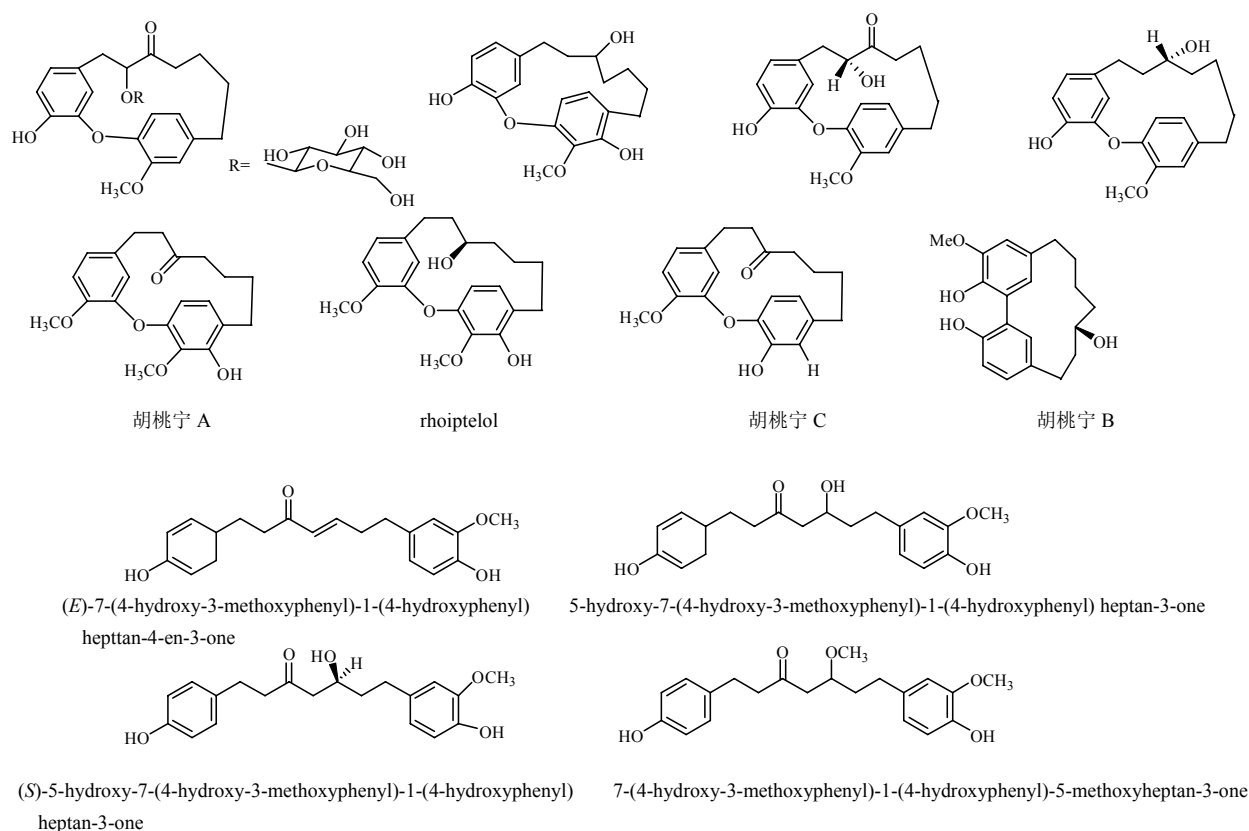


图4 二芳基庚烷类化合物

Fig. 4 Structures of diarylheptanoids

表4 胡桃仁及叶子中的酚类化合物

Table 4 Phenolic compounds of walnuts kernel and leaves

序号	化合物名称	来源部位	文献
1	没食子酸	胡桃仁	41-43
2	鞣花酸	胡桃仁	41-43
3	glansrin	胡桃仁	41-43
4	3, 4, 8, 9, 10-pentahydroxydibenzo [b, d] pyran-6-one	胡桃仁	41-43
5	3-咖啡酰奎宁酸	胡桃叶	44
6	3- <i>p</i> -香豆酰奎宁酸	胡桃叶	44
7	5-咖啡酰奎宁酸	胡桃叶	44
8	4- <i>p</i> -香豆酰奎宁酸	胡桃叶	44
9	<i>p</i> -香豆酸	胡桃叶	44

图5 1个新型的 α -萘满酮衍生物Fig. 5 A novel α -tetralonol derivative

1.7 其他

从胡桃科植物中已分离得到的有机酸类化合物有水杨酸、琥珀酸、没石子酸、咖啡酸、对-羟基桂皮酸、硬脂酸；醇类有2-戊醇、二十九烷醇、二十八烷醇、肌醇；氨基酸有胍氨酸、5-羟基色氨酸、亚精胺酰胺；多糖类有戊聚糖、戊糖、 β -*L*-吡喃阿拉伯糖；维生素C、B、D、E等^[47-48]。

2 生物活性

2.1 抗肿瘤

胡桃科胡桃属植物具有显著的抗肿瘤活性。张厂等^[49]通过实验观察核桃楸果水提取物对小鼠 S₁₈₀ 肉瘤、H₂₂ 肝癌、LWS 肺癌细胞的抑制作用,以及对小鼠体质量、胸腺和脾脏质量的影响,初步研究核桃楸果水提取物的抗肿瘤作用机制。结果表明,核桃楸果水提取物对 S₁₈₀、H₂₂、LWS 细胞均有一定的抑制作用;对小鼠体质量的增加有一定的促进作用;对小鼠胸腺和脾脏质量的增加有明显的促进作用。

于晓红等^[50]采用 S₁₈₀ 肉瘤小鼠模型作为研究对象,观察山核桃 *Carya cathayensis* Sarg. 树枝水煎剂对荷瘤小鼠外周血白细胞介素-2(IL-2)和 IL-4 水平的影响及对 CD₄⁺T 细胞和 CD₈⁺T 细胞的调节作用。结果表明,山核桃树枝水煎剂可以提高 IL-2 水平,降低 IL-4 水平,使 CD₄⁺T 细胞表达增加,CD₈⁺T 细胞表达降低。胡旭娇等^[51]采用极性溶剂法从山核桃叶子中得到石油醚、氯仿、醋酸乙酯、正丁醇和水提取物 5 种提取物,采用 MTT 法观察其对胃癌细胞 SGC-7901 增殖的抑制作用,并采用光学显微镜和电镜方法观察醋酸乙酯提取物对 SGC-7901 细胞凋亡的诱导作用。结果表明,山核桃醋酸乙酯提取物抗肿瘤作用最强,并且能够诱导肿瘤细胞凋亡。

2.2 镇痛

研究表明,核桃青皮无机盐有较明显的镇痛作用,能提高小鼠基础痛阈,抑制扭体反应及甩尾反应,并能阻断神经干及感觉神经末梢的传导,作用强度与剂量相关。作用机制与提高动物低钙高钾条件下痛阈有关。研究表明,青皮无机盐是镇痛的有效成分^[52]。

2.3 抑菌作用

殷舒等^[53]研究了山核桃叶片提取物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、酵母菌、黑曲霉菌、黄曲霉菌和青霉菌的抑制效果。结果表明,培养 12 h,山核桃乙醇提取物对 5 个供试菌种表现出显著的抑制作用 ($P<0.05$),抑菌效果优于水提取物。培养 24 h,山核桃乙醇提取物和水提取物对黄曲霉菌的抑制作用明显 ($P<0.05$),而对金黄色葡萄球菌和酵母菌的抑制作用较 12 h 前有所降低。培养 36 h,山核桃乙醇提取物对金黄色葡萄球菌和酵母菌仍保持一定的抑制作用。

乔永刚等^[54]研究核桃青皮提取物对 4 种植物枯

萎病菌的抑制作用,测定了不同溶剂粗提物和甲醇提取物不同溶剂萃取液对茄子枯萎病菌、黄瓜枯萎病菌、辣椒枯萎病菌和西瓜枯萎病菌的抑菌活性。结果表明,核桃青皮甲醇粗提液对 4 种供试枯萎病菌的抑制效果最好,质量浓度为 4.0 mg/mL 时,对黄瓜、茄子、辣椒枯萎病菌的抑制率均在 60% 以上,对西瓜枯萎病菌的抑菌率也在 37.9%。核桃青皮甲醇提取物石油醚萃取液对西瓜枯萎病菌的抑制效果最好,抑菌率为 65%,对菌丝生长的 EC₅₀ 为 4.45 mg/mL;氯仿萃取液对黄瓜、茄子枯萎病菌的抑菌率最高,分别为 65%、62.3%,对菌丝生长的 EC₅₀ 分别为 4.46、3.51 mg/mL。

闫金萍等^[55]对核桃属植物的叶、枝皮、青皮、壳的提取物进行了体外抑菌实验。结果表明,该属植物不同部位提取物均对金黄色葡萄球菌、痢疾志贺杆菌、枯草芽孢杆菌、产气杆菌、大肠杆菌有抑制作用,而不同的部位抑菌活性不同。

2.4 抗氧化

李助乐等^[56]研究发现,山核桃油低剂量组 9 mL/(kg·d) 与高剂量组 33 mL/(kg·d) 均有提高小鼠血清超氧化物歧化酶(SOD)水平,降低小鼠血清丙二醛(MDA)量和脑组织单胺氧化酶(MAO)量的作用,且高剂量组的作用极显著。

2.5 对酶的作用

Munday 等^[57]研究发现,juglone 和 plumbagin 对小鼠盲肠、肾、十二指肠、结肠、腺胃、空肠组织中的解毒酶、醌还原酶和谷胱甘肽转移酶有诱导作用,使其活性增强,防止化学诱导产生肠癌。

2.6 杀虫作用

王宏虬等^[58]采用饲喂法研究核桃青皮的不同提取物对马铃薯 2 种主要害虫的杀虫作用。结果表明,4 种核桃青皮提取物对蚜虫的触杀效果好于对瓢虫的触杀效果。4 种提取物对蚜虫与瓢虫的杀虫活性顺序为乙醇提取物>醋酸乙酯提取物>石油醚提取物>水提取物。

梁永锋^[59]研究核桃青皮对萝卜蚜虫的毒杀和拒食作用,采用浸渍法测定了核桃青皮甲醇提取物和石油醚、乙醚、氯仿、醋酸乙酯、正丁醇和水 6 种不同极性萃取物对萝卜蚜虫的杀灭作用;采用叶碟法,测定了核桃青皮甲醇提取物的石油醚、乙醚、正丁醇、醋酸乙酯、氯仿和水 6 种萃取物对萝卜蚜虫的拒食作用。结果表明,核桃青皮提取物对萝卜蚜虫有较高的杀灭作用,质量浓度为 100 mg/L 时,

48 h 的校正死亡率达 93.4%，核桃青皮甲醇提取物 6 种萃取物对萝卜蚜虫的杀灭和拒食活性的顺序为水>氯仿>醋酸乙酯>正丁醇>乙醚>石油醚。

2.7 降血糖

胡桃叶煎剂对大鼠有加速体内糖同化，或降低血糖的作用。青钱柳中萃取出的多糖复合物具有显著的降血糖活性，并能增强糖尿病小鼠对葡萄糖的耐受力，作用机制可能与其参与了糖代谢循环，抑制 α -葡萄糖酶有关，从而降低了血糖水平^[60]。许睿等^[61]研究表明，毛叶黄杞 *Engelhardtia colebrookiana* Lindl. ex Wall. 的总黄酮提取物具有降血糖作用。

2.8 抗病毒

翟梅枝等^[62]研究了核桃叶对植物病毒物质的抑制活性。结果表明，核桃叶提取物的抗病毒活性因提取溶剂和提取方法的不同而异。以 95%乙醇为提取溶剂，冷浸提取物在质量浓度为 10 g/L 时，对烟草花叶病毒（TMV）的抑制率最高，为 100%。该提取物的醋酸乙酯萃取物经多次色谱分离和纯化得到黄酮类化合物，对 TMV 的抑制率为 85.55%，说明该化合物是醋酸乙酯萃取物中的主要抗病毒活性成分之一。

2.9 增强记忆功能

赵海峰等^[63]观察核桃提取物改善小鼠学习与记忆的作用。水迷宫实验显示，中剂量组与其他组之间有显著差异，错误次数最少，潜伏期最短；一次性回避跳台实验显示，中、高剂量组与其他组学习错误次数差别显著，中、高剂量组之间无差别。小鼠脑内的 NO 和乙酰胆碱酯酶的水平随着核桃提取物剂量增大而增高，各组之间无差异；总蛋白水平各组之间也无差异，说明核桃提取物在一定的剂量范围内可以提高发育期小鼠的神经递质如 NO 的水平，具有改善小鼠学习与记忆的作用。

2.10 其他

现代研究表明，胡桃科植物还具有降压、心血管保护作用^[64]和保护皮肤作用^[65]。

3 结语

由于胡桃科很多植物提取物及其化学成分具有广泛的药理作用，因此，近年来对其药学方面的研究日益受到重视。该科植物多为药食两用的常用中药，具有疗效显著、不良反应少、资源丰富和价格低廉等优点，对其进行深入的研究和开发，并应用于医疗和保健等方面，具有广阔的市场开发前景。

参考文献

- [1] 路安民. 论胡桃科植物的地理分布 [J]. 植物分类学报, 1982, 203: 257-274.
- [2] 郑万钧. 中国树木志 (第 2 卷) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [3] 林君阳. 山核桃外果皮化学成分及抑菌活性研究 [D]. 杭州: 浙江林学院, 2008.
- [4] 易醒, 谢明勇, 肖小年. 胡桃科植物化学及生物活性研究概况 [J]. 中草药, 2001, 32(6): 559-561.
- [5] An R B, Kim H C, Tian Y H, et al. Free radical scavenging and hepatoprotective constituents from the leaves of *Juglans sinensis* [J]. *Arch Pharm Res*, 2005, 28(5): 529-533.
- [6] Min B S, Lee S Y, Kim J H, et al. Anticomplement activity of constituents from the stem-bark of *Juglans mandshurica* [J]. *Biol Pharm Bull*, 2003, 26(7): 1042-1044.
- [7] 李俊, 陆园园, 李甫, 等. 青钱柳化学成分的研究 [J]. 中药材, 2006, 29(5): 441-442.
- [8] 何际婵, 韦松, 兰树彬, 等. 黄杞茎皮化学成分研究 [J]. 中草药, 2006, 37(12): 1788-1789.
- [9] 石建辉, 王金辉, 车东, 等. 核桃楸树皮化学成分研究 [J]. 中药研究与信息, 2005, 7(1): 728-730.
- [10] 易醒, 石建功, 周光雄, 等. 青钱柳化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2002, 27(1): 43-45.
- [11] 谢明勇, 余迎利, 王远兴, 等. 青钱柳黄酮化合物结构及含量 [J]. 南昌大学学报: 理科版, 2003, 27(1): 492-521.
- [12] Zhou G, Zhang Y, Peng D, et al. Pterolactone, a new norsesquiterpene lactone from *Pterocarya stenoptera* [J]. *J Chin Pharm Sci*, 1999, 8(1): 11-14.
- [13] 李俊, 陆园园, 许子竞, 等. 青钱柳中黄酮成分的研究 [J]. 中药材, 2005, 28(12): 158-159.
- [14] 杨大坚, 钟焱昌, 谢昭明. 甜茶树甜味成分研究 [J]. 药学报, 1992, 27(11): 841-844.
- [15] 舒任庚, 徐昌瑞, 黎莲娘. 青钱柳甜味成分的研究 [J]. 药学报, 1995, 30(10): 757-761.
- [16] 钟瑞建, 高幼衡, 徐昌瑞, 等. 青钱柳中五环三萜成分的研究 [J]. 中草药, 1996, 27(7): 387-389.
- [17] 钟瑞建, 舒任庚, 倪小兰. 青钱柳酸 A 的结构研究 [J]. 药学报, 1996, 31(5): 398-400.
- [18] 舒任庚, 刘玉凤, 陈杰, 等. 青钱柳植物中三萜成分的研究 [J]. 中药材, 2005, 28(7): 558-559.
- [19] 刘红兵, 崔承彬, 蔡兵, 等. 东京枫杨中三萜类化合物的分离鉴定与抗肿瘤活性 [J]. 中国药物化学杂志, 2004, 14(3): 165-168.
- [20] Jiang Z Y, Zhang X M, Zhou J, et al. Two new triterpenoid glycosides from *Cyclocarya paliurus* [J]. *J*

- Asian Nat Prod Res*, 2006, 8(1/2): 93-98.
- [21] 李家升, 姜志宏, 母泽波, 等. 少叶黄杞茎皮的脂溶性成分 [J]. 植物资源与环境, 1993, 2(1): 729-731.
- [22] 刘红兵, 崔承彬, 顾谦群, 等. 东京枫杨的甾体等化学成分及其体外抗肿瘤活性 [J]. 中国药理学杂志, 2005, 40(6): 414-416.
- [23] Shu R G, Xu C R, Li L N, *et al.* Cyclocarioside II and III: two secodammarane triterpenoid saponins from *Cyclocarya paliurus* [J]. *Planta Med*, 1995, 61(6): 551-553.
- [24] Yang H J, Cho H J, Sim S H, *et al.* Cytotoxic terpenoids from *Juglans sinensis* leaves and twigs [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2012, 22: 2079-2083.
- [25] 李福双, 申健, 谭桂山. 胡桃属植物化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中成药, 2007, 29(10): 1490-1495.
- [26] Li Z B, Wang J Y, Jiang B, *et al.* Benzobijuglone, a novel cytotoxic compound from *Juglans mandshurica*, induced apoptosis in HeLa cervical cancer cells [J]. *Phytomedicine*, 2007, 14: 846-852.
- [27] Yao Y, Zhang Y W, Sun L G, *et al.* Juglanthraquinone C, a novel natural compound derived from *Juglans mandshurica* Maxim, induces S phase arrest and apoptosis in HepG2 cells [J]. *Apoptosis*, 2012, 17: 832-841.
- [28] Binder R G, Benson M E, Flath R A. Eight 1, 4-naphthoquinones from *Juglans* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28(10): 2799-2801.
- [29] 吴席居, 陈鸿英, 王振国. 核桃楸叶化学成分研究 [J]. 中草药, 1994, 25(1): 10-11.
- [30] Kim S H, Lee K S, Son J K, *et al.* Cytotoxic compounds from the roots of *Juglans mandshurica* [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61(5): 643-645.
- [31] Talapatra S K, Karmacharya B, Talapatra B. (-)-Regiolone, an α -tetralone from *Juglans regia*: structure, stereo-chemistry and conformation [J]. *Phytochemistry*, 1988, 27(12): 3929-3932.
- [32] Machida K, Matsuoka E, Kasahara T, *et al.* Studies on the constituents of *Juglans* Species I: Structural determination of (4S)- and (4R)-4-hydroxy- α -tetralone derivatives from the fruit of *Juglans mandshurica* Maxim. var. *sieboldiana* Makino [J]. *Chem Pharm Bull*, 2005, 53(8): 934-937.
- [33] Liu L J, Li W, Koike K, *et al.* New tetralonyl glucosides from the fruit of *Juglans mandshurica* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(5): 566-569.
- [34] Sun M L, Wang Y M, *et al.* Insecticidal activities and active components of the alcohol extract from green peel of *Juglans mandshurica* [J]. *J Forest Res*, 2007, 18(1): 62-64.
- [35] Kim H J, Woo E R, Hokoon P. A novel lignan and flavonoids from *Polygonum aviculare* [J]. *J Nat Prod*, 1994, 57: 581-586.
- [36] Wuller W, Leistner E. Glycones and glycosides of oxygenated naphthalenes and a glycosyltransferase from *Juglans* [J]. *Phytochemistry*, 1978, 17: 1739-1742.
- [37] Lee S W, Lee K S, Son J K. New naphthalenyl glycosides from the roots of *Juglans mandshurica* [J]. *Planta Med*, 2000, 66(2): 184-186.
- [38] Sun J X, Zhao X Y, Fu X F, *et al.* Three new naphthalenyl glycosides from the root bark of *Juglans cathayensis* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2012, 60(6): 785-789.
- [39] Kim S H, Lee K S, Son J K, *et al.* Cytotoxic compounds from roots of *Juglans mandshurica* [J]. *Nat Prod*, 1998, 61: 643-645.
- [40] Li G, Xu M L, Choi H G, *et al.* Four new diarylheptanoids from the roots of *Juglans mandshurica* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2003, 51(3): 262-264.
- [41] 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: 80-85.
- [42] Fukuda T, Ito H, Yoshida T. Antioxidative polyphenols from walnut (*Juglans regia* L.) [J]. *Phytochemistry*, 2003, 63: 795-801.
- [43] Colacic M, Veberic R, Solar A, *et al.* Phenolic acids, syringaldehyde, and juglone in fruits of different cultivars of *Juglans regia* L. [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53: 6390-6396.
- [44] Zhang Z, Liao L, Moore J, *et al.* Antioxidant phenolic compounds from walnut kernels (*Juglans regia* L.) [J]. *Food Chem*, 2009, 113: 160-165.
- [45] Pereira J A, Oliveira I, Sousa A, *et al.* Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: Phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars [J]. *Food Chem Toxicol*, 2007, 45: 2287-2295.
- [46] 高小宁. 核桃楸青果皮化学成分的研究 [D]. 苏州: 苏州大学, 2008.
- [47] Liu L J, Li W, Sasaki T, *et al.* Juglanone, a novel α -tetralonyl derivative with potent antioxidant activity from *Juglans mandshurica* [J]. *J Nat Med*, 2010, 64: 496-499.
- [48] 刘全宇. 青龙衣化学成分的研究 [D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学, 2007.
- [49] 张厂, 金周汉, 常崇顺. 核桃楸果实提取物抗肿瘤作用的实验研究 [J]. 世界中医药, 2010, 5(3): 2010-2012.
- [50] 于晓红, 胡艳文, 于洋. 山核桃树枝水煎剂对 S₁₈₀ 荷

- 瘤小鼠抗肿瘤作用的免疫机制研究 [J]. 天津中医药, 2006, 23(5): 420-422.
- [51] 胡旭姣, 赵肖君, 周 奋, 等. 山核桃提取物体外抗肿瘤作用研究 [J]. 中华中医药学刊, 2007, 25(2): 369-370.
- [52] 李秀凤. 核桃青皮的成分与药理研究进展 [J]. 食品科技, 2007(4): 241-242.
- [53] 殷 舒, 毛胜凤, 杨琼霞, 等. 山核桃叶片提取物的抑菌作用 [J]. 浙江林学院学报, 2007, 24(5): 604-607.
- [54] 乔永刚, 牛颜冰, 乔 木, 等. 核桃青皮提取物对4种植物枯萎病菌的抑菌作用研究 [J]. 农学学报, 2011(7): 9-12.
- [55] 闫金萍, 吴连春, 李秀凤. 核桃属特定部位提取物体外抑菌作用研究 [J]. 科学研究, 2007, 28(7): 41-42.
- [56] 李助乐, 陈红红, 徐迎碧, 等. 山核桃油对小鼠血清与脑组织的抗氧化作用 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 85-88.
- [57] Mundy R, Munday C M. Induction of quinine reductase and glutathione transferase in rat tissues by juglone and plumbagin [J]. *Planta Med*, 2000, 66(5): 399-402.
- [58] 王宏虬, 廖福俊, 李 彪, 等. 核桃青皮提取物对马铃薯蚜虫与瓢虫的杀虫活性 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(7): 112-114.
- [59] 梁永峰. 核桃青皮提取物对萝卜蚜虫毒杀和掘食活性研究 [J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 187-188.
- [60] 何 明, 涂长春, 黄起壬, 等. 梅山降糖神茶对四氧嘧啶糖尿病大鼠的降糖作用 [J]. 中国药理学杂志, 1996, 31(12): 723-726.
- [61] 许 睿, 郑作文, 韦 松. 毛叶黄杞总黄酮降血糖作用的实验研究 [J]. 中成药, 2007, 29(7): 1068-1069.
- [62] 翟梅枝, 景炳年, 贾彩霞, 等. 核桃叶中抗植物病毒活性物质提取条件的研究 [J]. 林产化学与工业, 2007, 27(2): 71-75.
- [63] 赵海峰, 李学敏, 肖 荣, 等. 核桃提取物对改善小鼠学习和记忆作用的实验研究 [J]. 山西医科大学学报, 2004, 35(1): 20-22.
- [64] 许绍惠, 许 弘. 胡桃植物毒性成分及其应用 [J]. 沈阳农业大学学报, 1990, 21(2): 167-170.
- [65] Park G, Jang D S, Oh M S. *Juglans mandshurica* leaf extract protects skin fibroblasts from damage by regulating the oxidative defense system [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2012, 421(2): 343-348.