

文冠果果壳化学成分与生物活性研究进展

杨春艳, 杨军丽, 哈 伟, 师彦平*

中国科学院西北特色植物资源化学重点实验室, 甘肃省天然药物重点实验室, 中国科学院兰州化学物理研究所, 甘肃 兰州 730000

摘 要: 通过国内外文献调研显示, 文冠果果壳中的化学成分主要有三萜、多酚(包括黄酮、酚酸、香豆素等)、甾醇、生物碱等。文冠果果壳的生物活性主要包括改善学习记忆功能、抗癌、抑制酪氨酸酶、治疗心脑血管疾病、抗氧化、抗炎和抑制胰脂肪酶活性等。其中文冠果壳苷(xanthoceraside)是文冠果果壳中量最高的三萜皂苷类成分, 具有多种显著的生物活性。文冠果果壳作为文冠果榨油等使用的废弃物, 具有进一步开发利用的药用价值。

关键词: 文冠果果壳; 三萜类; 文冠果壳苷; 改善学习记忆功能; 抗氧化

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2016)08-1418-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.08.029

Advances in studies on chemical constituents from husks of *Xanthoceras sorbifolia* and their biological activities

YANG Chun-yan, YANG Jun-li, HA Wei, SHI Yan-ping

Key Laboratory of Chemistry of Northwestern Plant Resources, Chinese Academy of Science, Key Laboratory for Natural Medicine of Gansu Province, Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

Abstract: To review the research progress in the chemical constituents from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* and their biological activities for the first time. After a detailed investigation on the literatures at home and abroad, we had found that the primary chemical constituents from the husks of *X. sorbifolia* were triterpenoids and polyphenols (such as flavonoids, phenolic acids, coumarins etc), sterols, alkaloids, and so on. The biological activities of the chemical constituents from the husks of *X. sorbifolia* showed mainly as improving the ability of learning and memory, anticancer effects, inhibition on tyrosinase, curing cardiovascular and cerebrovascular diseases, anti-oxidant and anti-inflammatory effects, and inhibiting pancreatic lipase activity. Xanthoceraside is a primary triterpenoid saponin purified from the husks of *X. sorbifolia*, with highest content and a variety of biological activities. The husks as the waste of the oil-extracting from *X. sorbifolia*, this paper provides the references for further understanding and utilization of the medicinal values in the husks of *X. sorbifolia*.

Key words: husks of *Xanthoceras sorbifolia*; triterpenoids; xanthoceraside; improving learning and memory function; anti-oxidation

文冠果 *Xanthoceras sorbifolia* Bunge 又名木瓜、文登阁、僧灯毛道, 隶属于无患子科(Sapindaceae)文冠果属 *Xanthoceras* Bunge, 为单种属^[1-2]。落叶乔木或灌木, 原产我国北方, 分布在北纬 33°~46°、东经 100°~125°, 秦岭、淮河以北, 内蒙古以南, 东起辽宁, 西至青海, 南至河南及江苏北部^[3]。其生于海拔 52~2 260 m 处的荒山坡、沟谷间和丘陵地带。文冠果已经在我国内蒙古、陕

西、新疆、甘肃、宁夏、河北等地开发了 5.3 万 km², 而且还在不断地扩大^[3]。文冠果是中国特有的木本油料植物, 有“北方油茶”之称, 具有较高的经济价值和药用价值。

文冠果果壳为文冠果利用后的副产品, 通常作为废渣处理, 其药用价值尚未得到开发利用, 仅有文献报道其可作活性炭^[4]、糠醛(果壳含糠醛 12%左右)、木糖醇、酒精等化工原料^[1,3]。由于文冠果具

收稿日期: 2015-12-20

基金项目: 甘肃省博士后科研项目择优资助

作者简介: 杨春艳(1979—), 女, 在站博士后, 研究方向为天然药物化学。Tel: 13038751430 E-mail: yangaccn@163.com

*通信作者 师彦平 Tel: (0931)4968208 Fax: (0931)4968094 E-mail: shiyp@licp.cas.cn

有较高的经济价值和药用价值,因此近年来,尤其是 2005 年以来引起了学者的关注。文献调研显示,目前还没有针对文冠果果壳的化学成分和生物活性的综述报道。因此,为充分利用文冠果的可再生资源,本文对文冠果果壳化学成分及生物活性进行综述。

1 化学成分

迄今为止,从文冠果果壳中发现的化学成分主要有三

萜、多酚(包括黄酮、酚酸、香豆素)、甾醇、生物碱等。

1.1 三萜类

三萜类化合物是文冠果果壳中报道最多的一类成分,其母核以齐墩果烷型五环三萜为主,尤其以 *saniculagenin C* 类型化合物居多,且多有当归酰基取代。迄今为止,从文冠果果壳中共分离鉴定了 27 个三萜类成分,其名称和结构见表 1 和图 1。

表 1 文冠果果壳中的三萜类成分

Table 1 Triterpenoids from husks of *X. sorbifolia*

序号	化合物名称	文献
1	21-O-当归酰基- <i>R</i> ₁ -玉蕊醇	5
2	22-O-当归酰基- <i>R</i> ₁ -玉蕊醇	5
3	21-O-(3,4-二-O-当归酰基)- β -D-吡喃夫糖基玉蕊皂苷元 C	5
4	21,22-二-O-当归酰基-玉蕊皂苷元 C	5
5	玉蕊皂苷元 C	5
6	28-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-16-脱氧玉蕊皂苷元 C	5-6
7	16-脱氧玉蕊皂苷元 C	5
8	22-O-当归酰基-21-环氧化当归酰基-玉蕊皂苷元 C	5,7
9	21,22-二-O-当归酰基-24-羟基- <i>R</i> ₁ -玉蕊醇	5,7
10	21,22-二-O-当归酰基- <i>R</i> ₁ -玉蕊醇	5,7-8
11	3-O-(3-O- α -L-呋喃型阿拉伯糖基-2-O- β -D-吡喃型半乳糖基)- β -D-吡喃葡萄糖醛酸基-21,22-二-O-当归酰基- <i>R</i> ₁ -玉蕊醇 (文冠果壳苷, xanthoceraside)	5,8-10
12	16-O-乙酰基-21-O-(4-O-当归酰基)- α -L-鼠李吡喃糖基玉蕊皂苷元 C	5-6
13	<i>R</i> ₁ -玉蕊醇	5,8
14	3-O-[β -D-吡喃型半乳糖基-(1 $\rightarrow$ 2)]- α -L-呋喃型阿拉伯糖基 (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-甲基葡萄糖醛酸-21-O-(3,4-二-O-当归酰基)- α -L-鼠李糖-3 β ,16 α ,21 β ,22 α ,28 β -五羟基-22-乙酰氧基-齐墩果烷-12-烯	10-11
15	3-O-[β -D-吡喃型半乳糖基-(1 $\rightarrow$ 2)]- α -L-呋喃型阿拉伯糖基 (1 $\rightarrow$ 3)- β -D-甲基葡萄糖醛酸-21,22-二-O-当归酰基-3 β ,15 α ,16 α ,21 β ,22 α ,28-六羟基-齐墩果烷-12-烯	11
16	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)-(2-O-当归酰基)- β -D-吡喃型葡萄糖基- <i>saniculagenin C</i> 28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-吡喃型葡萄糖基	10,12
17	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-吡喃型葡萄糖基- <i>saniculagenin C</i> 28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)-[β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)]- β -D-吡喃型葡萄糖基	10,12
18	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)-(3-O-当归酰基)- β -D-吡喃型葡萄糖基- <i>saniculagenin C</i> 28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-吡喃型葡萄糖基	8
19	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)-(3-O-当归酰基)- β -D-吡喃型葡萄糖基-21-乙酰氧基- <i>saniculagenin C</i> 28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-吡喃型葡萄糖基	8
20	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)-(3-O-当归酰基)-(4-乙酰氧基)- β -D-吡喃型葡萄糖基-21-乙酰氧基- <i>saniculagenin C</i> 28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-吡喃型葡萄糖基	8
21	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)-[当归酰基(1 $\rightarrow$ 2)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基(1 $\rightarrow$ 2)-[β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-21 β ,22 α -二羟基-齐墩果烷-12-烯	13
22	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-28-O-[β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 2)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-21 β ,22 α -二羟基-齐墩果烷-12-烯	13
23	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-28-O-[α -L-吡喃型鼠李糖基(1 $\rightarrow$ 2)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-21 β ,22 α -二羟基-齐墩果烷-12-烯	13
24	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-吡喃型葡萄糖基-28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)-[β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-21 β ,22 α -二羟基-齐墩果烷-12,15-二烯	14
25	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-吡喃型葡萄糖基-28-O- α -L-吡喃型鼠李糖基-(1 $\rightarrow$ 2)-[β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-21 β ,22 α -二羟基-齐墩果烷-12-烯	14
26	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)-[β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 2)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-28-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)-[α -L-吡喃型鼠李糖基(1 $\rightarrow$ 2)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-16-脱氧玉蕊皂苷元 C	15
27	3-O- β -D-吡喃型葡萄糖基(1 $\rightarrow$ 6)-[β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 2)]- β -D-吡喃型葡萄糖基-28-O- β -D-吡喃型葡萄糖基-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-吡喃型葡萄糖基 16-脱氧玉蕊皂苷元 C	15

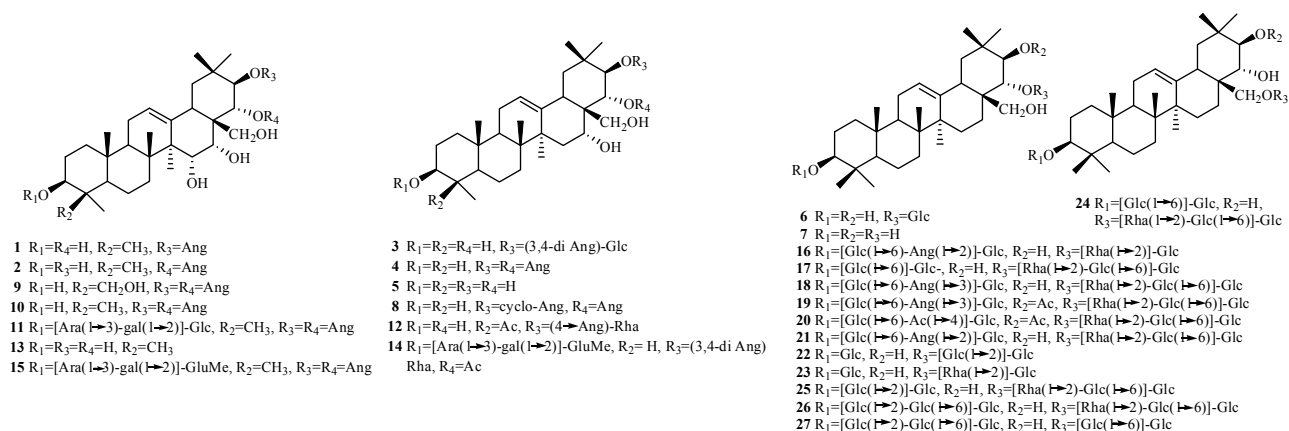


图 1 文冠果果壳中三萜类成分的结构

Fig. 1 Structures of triterpenoids from husks of *X. sorbifolia*

1.2 多酚类

目前从文冠果果壳中分离获得了 23 个多酚类化合物, 包括黄酮类、酚酸类、香豆素类等(图 2)。其中李占林等^[5,16]从文冠果果壳中分离得到 8 个多酚类化合物, 如柚皮素(28)、圣草素(29)、山柰酚(30)、槲皮素(31)、芦丁(32)、酪醇(33)、5,7-二羟基色原酮(34)和 cleomiscosin D(35)。其中化合物 29、30、32~35 为首次从该属植物中分离得到。李占林等^[5,17]还从文冠果果壳中分离得到东茛菪素(36)、异秦皮啶(37)、对羟基苯甲醛(38)、3,4,5-三甲氧基苯甲酸(39)和原儿茶酸乙酯

(40), 且这 5 个化合物均为首次从文冠果属植物中分离得到。此外, 李占林等^[5,18]从文冠果果壳中分到 1 个新香豆素糖苷(41)和 4 个多酚类化合物原儿茶酸(42)、香草酸(43)、对羟基苯乙酸(44)和 2-羟基-6-甲基苯甲酸(45); 其中化合物 43~45 为首次从文冠果属植物中分离得到。近年来, 万国胜等^[19]从文冠果果壳中分离得到 6 个多酚类化合物对苯二酚(46)、对羟基苯乙腈(47)、木犀草素(48)、山柰酚(30)、柚皮素-7-O-β-D-葡萄糖苷(49)、槲皮苷(50), 其中化合物 46~49 为首次从文冠果属植物中分离得到。

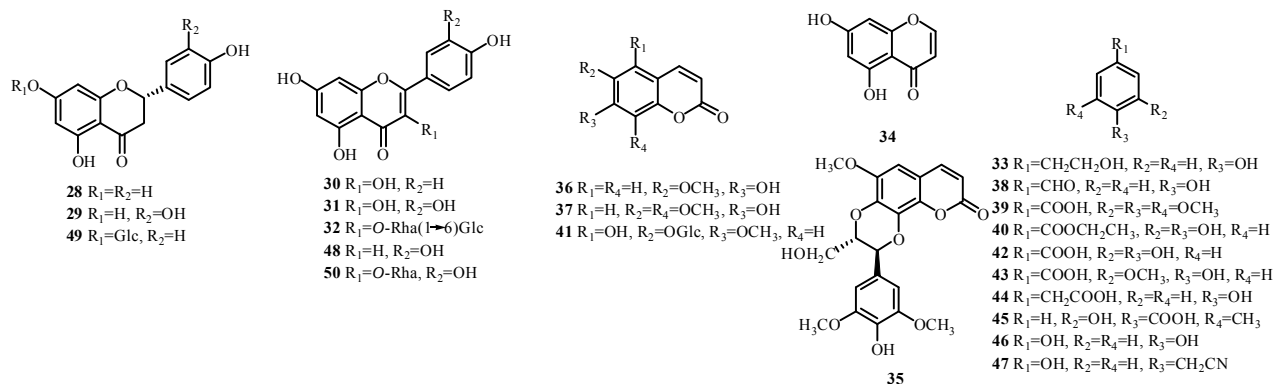


图 2 文冠果果壳中多酚类成分的结构

Fig. 2 Structures of polyphenolic compounds from husks of *X. sorbifolia*

1.3 甾醇类

迄今为止, 从文冠果果壳中分离得到了 7 个甾醇类化合物(图 3)。李占林等^[5,17]从文冠果果壳中首次分离得到 1 个麦角甾醇过氧化物, 即 5α,8α-过氧-(22E,24R)-麦角甾-6,22-二烯-3β-醇(51), 另外还分到 9(11)-脱氢过氧化麦角甾醇(52)、β-谷甾醇(53)、胡

萝卜苷(54)、α-菠菜甾醇(55)、α-菠菜甾醇-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷(56)。程文明等^[20]首次从文冠果果壳中分到 2 个甾醇 α-菠菜甾醇(55)和 (3β,5α,20R,24R)-豆甾-7-烯-3-醇(57)。

1.4 其他类

从文冠果果壳中还分离得到其他类型化合物(图 4)。

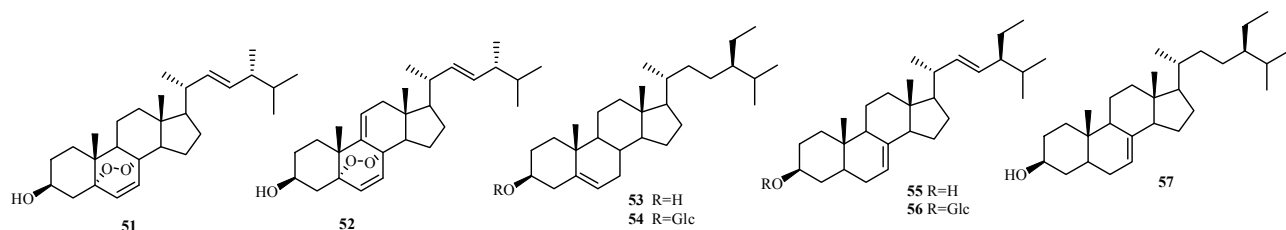


图 3 文冠果果壳中甾醇类成分的结构

Fig. 3 Structures of sterols from husks of *X. sorbifolia*

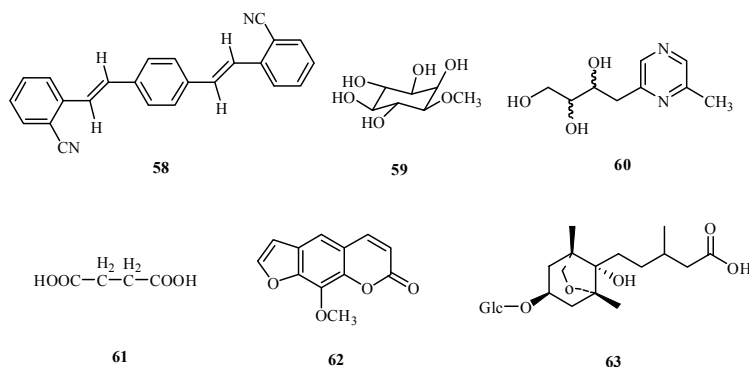


图 4 文冠果果壳中其他类型成分的结构

Fig. 4 Structures of other compounds from husks of *X. sorbifolia*

李占林等^[5,16]从文冠果果壳中分到 1 个生物碱 2-甲基-6-(2',3',4'-三羟基丁基)吡嗪 (60), 另外还分离得到 1-O-甲基-肌-肌醇 (59)、1,4-二-[2-氰基(E)苯乙烯基]苯 (58) 和丁二酸 (61)。其中化合物 60 为新天然产物, 而化合物 59 和 61 为首次从该属植物中分离得到。此外, 万国盛等^[19]从文冠果果壳中分到花椒毒素 (62)、二氢红花菜豆酸-3'-O-β-D-葡萄糖苷 (63), 这 2 个化合物均为首次从该属植物中分离得到。

2 生物活性

现代医学研究表明文冠果果壳具有改善学习记忆、抗癌、美白、抗氧化、抗炎和减肥等生物活性, 在医药、保健、化工等领域应用前景广阔。其中, 文冠果壳苷 (xanthoceraside) 是一种从文冠果果壳中提取获得的三萜皂苷类化合物, 具有改善学习记忆、抗癌、抗炎等多种生物活性, 文献报道其可能成为防治阿尔茨海默病的候选化合物。

2.1 改善学习与记忆功能

刘新霞等^[21-22]报道文冠果果壳乙醇提取物对双侧颈总动脉结扎大鼠的学习障碍有显著的改善作用, 其作用机制可能与改善胆碱能神经功能及降低自由基水平有关。刘新霞等^[22-23]还进一步研究发现文冠果果壳乙醇提取物、总皂苷和 ST-n-2 (文冠果

果壳乙醇提取物正丁醇部位中分离的单体成分) 对大鼠学习记忆障碍均有显著改善作用, 其作用机制可能与增强中枢胆碱能神经系统及谷氨酸能神经系统功能、抗脑组织耗氧损伤有关。纪雪飞等^[24]研究发现文冠果壳乙醇提取物对 β-淀粉样蛋白 (25-35) (Aβ₂₅₋₃₅) 致鼠学习记忆障碍有显著的改善作用, 其作用机制可能与对抗 Aβ₂₅₋₃₅ 的毒性有关。Ji 等^[25]进一步研究发现, 文冠果壳苷可能成为治疗阿尔茨海默病有竞争力的候选药物。曲婵^[26]研究发现文冠果果壳总提取物和文冠果壳苷均具有显著改善学习记忆障碍的作用, 且文冠果壳苷是其主要活性成分; 进一步研究发现文冠果壳苷能够显著提高 Aβ₂₅₋₃₅ 所致学习记忆障碍小鼠脑中超氧化物歧化酶 (SOD) 活性、减少丙二醛 (MDA) 量、增加谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 量, 从而改善 Aβ₂₅₋₃₅ 所致的自由基损伤。

迟天燕等^[27]研究发现文冠果壳苷对侧脑室注射 Aβ₁₋₄₂ 小鼠学习记忆障碍具有显著的改善作用, 其作用机制可能与对抗自由基损伤、抑制脂质过氧化反应有关。此外, Chi 等^[28]研究还发现文冠果壳苷对小鼠侧脑室注射 Aβ₂₅₋₃₅ 引起的 SOD、GSH-Px 和乙酰胆碱酯酶的活性降低和 MDA 量的增加具有

显著的改善作用。该结果表明文冠果壳苷有可能成为潜在的治疗阿尔茨海默病药物的先导物。李伟^[29]研究发现,文冠果壳苷能够显著改善侧脑室注射 $A\beta_{1-42}$ 致痴呆模型小鼠的学习记忆障碍,其机制可能与通过多途径清除体内氧化应激产生的自由基、抑制脂质过氧化、提高机体过氧化能力,从而改善 $A\beta_{1-42}$ 所致的氧化应激损伤有关;另外,其机制还与其能减少 $A\beta_{1-42}$ 对细胞膜的损伤,维持细胞膜的稳定性,维持细胞内外离子稳态,改善脑组织能量代谢有关。李晓春^[30]研究发现,文冠果壳苷能够显著改善反复脑缺血再灌注所致的小鼠学习记忆障碍,其机制可能与改善脑细胞能量代谢、维持离子稳态、对抗谷氨酸毒性以及降低 NO 量有关。

2.2 抗癌活性

李占林等^[5,7]对从文冠果果壳中分到的 13 个三萜类化合物进行了系统的体外抗癌活性研究并分析了其构效关系,发现 21,22-二-O-当归酰基-24-羟基-R₁-玉蕊醇(1)对人黑色素细胞瘤(A375-S2)和人宫颈癌(HeLa)细胞株具有较强的抑制作用,其 IC₅₀ 值分别为 4.2 和 0.2 $\mu\text{g/mL}$; 16-脱氧玉蕊皂苷元 C(7)对 A375-S2 和 HeLa 细胞具有中等强度的抑制活性,其 IC₅₀ 值分别为 23.5 和 20.6 $\mu\text{g/mL}$; 而文冠果壳苷(11)在体外对人神经胶质瘤(U87、SF-188)、人乳腺癌(MCF-7、MDA-MB-435)、人肺癌(H-460)、人肝癌(Bel-7402)、HeLa 等多种人癌细胞具有广泛的抑制作用,其 IC₅₀ 值分别为 15.7、8.0、19.8、18.6、35.5、39.3、34.2 $\mu\text{g/mL}$ 。构效关系研究表明,三萜结构中 C-24 位的羟基化以及 C-3 位和 C-21 位的糖苷化是其肿瘤抑制活性的主要官能团。

焦青等^[31]研究发现文冠果壳苷可能通过抑制核因子- κB (NF- κB) 和 p38 的活化诱导人恶性黑色素瘤 A375.S2 细胞凋亡。焦青等^[32]进一步研究发现文冠果壳苷还能通过线粒体凋亡途径,该途径通过诱导 A375.S2 细胞中 IGF-1R/Raf/MEK/ERK 级联通路的下调诱导 A375.S2 细胞凋亡。荣语媚^[33]研究发现文冠果壳苷可浓度依赖性地抑制 HepG-2、SGC-7902、A375-S2、A431、MCF-7 细胞增殖,其 IC₅₀ 值分别为 5.10、4.07、3.64、4.56、4.20 $\mu\text{mol/L}$,且对人正常外周血淋巴细胞没有增殖抑制作用,进一步研究发现文冠果壳苷可能主要是通过细胞坏死的形式诱导人乳腺癌细胞 MCF-7 死亡,且其诱导的细胞坏死与线粒体损伤和氧化应激有关,而这种细胞

坏死可能与 Fas/TNFR-RIP1 途径无关。

2.3 抑制酪氨酸酶活性

张洪梅等^[34]研究发现,文冠果壳黄酮类化合物可明显抑制酪氨酸酶活性,且随浓度的增加其酶活性抑制作用显著增强。因此,文冠果黄酮具有美白作用。另外,张洪梅等^[35]还研究发现,文冠果壳皂苷提取物对酪氨酸酶活性具有抑制作用,且随浓度的增加对酶活性的抑制作用显著增强。因此,从文冠果果壳中提取黄酮、皂苷作为美白成分,既符合当前以天然药物为美容成分的发展趋势,同时又实现了废物利用,提高了农业副产品的经济价值。

2.4 治疗心脑血管疾病

徐继凯等^[36]研究发现文冠果壳苷可显著改善大鼠大脑动脉缺血再灌注损伤,其机制可能与促进突触重塑和/或减轻突触结构与功能的损伤有关。另外,李政泽^[37]研究发现文冠果果壳总皂苷对谷氨酸损伤神经细胞(SH-SY5Y)的保护作用是基于对抗细胞凋亡的过程产生的,从而为其治疗心脑血管疾病提供科研依据。

2.5 抗氧化活性

吴伟杰^[38]初步考察了文冠果果壳总皂苷的体外抗氧化活性,结果表明文冠果果壳总皂苷具有清除羟基自由基和超氧阴离子自由基的能力,且清除能力与浓度呈量效关系,其中对羟基自由基的清除能力较强,高于对照品 H_2O_2 ,而对超氧阴离子自由基的清除能力较弱,低于对照品维生素 C。

2.6 抗炎活性

邹莉波等^[39]研究发现文冠果壳苷可抑制 $A\beta_{25-35}/\gamma$ 干扰素(IFN- γ) 诱导原代小胶质细胞及 N9 细胞中炎症因子的产生,机制可能与抑制 NF- κB 及丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)炎症信号通路蛋白及 mRNA 表达有关。

2.7 抑制胰脂肪酶活性

耿杰等^[40]研究发现文冠果壳皂苷对胰脂肪酶的活性具有显著抑制作用,最大抑制率可达 87.5%。因此,文冠果壳皂苷作为减肥因子应用于保健食品和药品前景广阔。

3 结语与展望

文冠果果壳中的化学成分主要有三萜类、多酚类、甾醇类和生物碱类等,而文冠果果壳的生物活性包括改善学习记忆功能、抗癌、抑制酪氨酸酶、治疗心脑血管疾病、抗氧化、抗炎和抑制胰脂肪酶等方面。值得注意的是,文冠果壳苷(xanthoceraside)

具有改善学习记忆、抗癌、抗炎等多种生物活性,尤其是文献报道^[27]其有可能成为防治阿尔茨海默病的候选化合物。然而,文冠果果壳的研究仍然有限,大部分生物活性筛选和评价停留在粗提物水平,化学成分和生物活性结合的研究不多,药效物质基础和作用机制尚不十分清晰。

本文对文冠果果壳化学成分和生物活性做了较详尽的总结,为文冠果果壳的进一步研究提供参考。文冠果果壳的研究和开发可有效实现农业废物再利用,提高经济价值,发挥更大的社会效益。

参考文献

- [1] 郭影,王世成,窦德强.不同产地文冠果果壳中总皂苷含量测定[J].辽宁中医药大学学报,2009,11(5):165-6.
- [2] Yu L L, Tang X L, Chen L X, et al. Oleanane-type triterpenoid saponins from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83(8): 1636-1642.
- [3] 高述民,马凯,杜希华,等.文冠果(*Xanthoceras sorbifolia*)研究进展[J].植物学通报,2002,19(3):296-301.
- [4] 郝一男,王喜明,丁立军.超声波处理文冠果果壳制备的活性炭对亚甲基蓝溶液的吸附[J].东北农业大学学报,2011,42(11):77-82.
- [5] 李占林.文冠果果壳化学成分及其生物活性研究[D].沈阳:沈阳药科大学,2006.
- [6] Li Z L, Li X, Li D Y, et al. Triterpenoid prosapogenols and prosapogenins from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2007, 9(4): 387-392.
- [7] Li Z L, Li X, Li L H, et al. Two new triterpenes from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. *Planta Med*, 2005, 71(11): 1068-1070.
- [8] Ling J H, Liu L L, Wang Y X, et al. Characterization and quantification of the triterpenoids in different parts of *Xanthoceras sorbifolia* by HPLC-ESI-MS [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2011, 55(2): 259-264.
- [9] Li Z L, Yang B Z, Li X, et al. Triterpenoids from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2006, 8(4): 361-366.
- [10] 郭影.文冠果果壳的化学成分研究[D].大连:辽宁中医药大学,2009.
- [11] Guo Y, Dou D Q, Kang T G, et al. Structure elucidation and complete NMR spectral assignments of two new oleanane-type pentacyclic triterpenoid saponins from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *Magn Reson Chem*, 2009, 47(11): 982-988.
- [12] Fu H W, Guo Y, Li W, et al. A new angeloylated triterpenoid saponin from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *J Nat Med*, 2010, 64(1): 80-84.
- [13] Cui H, Xiao H, Ran X K, et al. Two new oleanane-type pentacyclic triterpenoid saponins from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2012, 14(3): 216-223.
- [14] Li Y Y, Xiang Z, Cui H, et al. Two new oleanane-type saponins from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(3): 208-214.
- [15] Li Z L, Li D Y, He X M, et al. Two new triterpenoid saponins from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(3): 232-237.
- [16] 李占林,李丹毅,李锐,等.文冠果果壳中一个新生物碱[J].药学学报,2006,41(12):1197-1200.
- [17] 李占林,李锐,李宁,等.文冠果果壳的化学成分[J].沈阳药科大学学报,2005,22(4):271-272.
- [18] Li Z L, Li X, Li D Y, et al. A new coumarin glycoside from the husks of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. *Fitoterapia*, 2007, 78(78): 605-606.
- [19] 万国盛,任宇豪,高慧媛,等.文冠果果壳化学成分的分离与鉴定[J].沈阳药科大学学报,2015,32(1):18-21.
- [20] 程文明,杨柏珍,李春如.文冠果果壳中两种甾醇成分的结构研究[J].中草药,2001,32(3):199-201.
- [21] 刘新霞,纪雪飞,陆玲玲,等.文冠果果壳乙醇提取物对大鼠学习记忆障碍的改善作用[J].中草药,2007,38(12):1859-1863.
- [22] 刘新霞.文冠果果壳提取物对阿尔兹海默病防治作用的实验研究[D].沈阳:沈阳药科大学,2006.
- [23] 刘新霞,杨新爱,曲婵,等.文冠果果壳提取物对学习记忆障碍的改善作用[J].中药新药与临床药理,2007,18(1):23-25.
- [24] 纪雪飞,刘新霞,吴喆,等.文冠果壳提取物对 β -淀粉样蛋白致动物学习记忆障碍的改善作用[J].沈阳药科大学学报,2007,24(4):232-237.
- [25] Ji X F, Chi T Y, Xu Q, et al. Xanthoceraside ameliorates mitochondrial dysfunction contributing to the improvement of learning and memory impairment in mice with intracerebroventricular injection of $A\beta_{1-42}$ [J]. *Evid-Based Complement Alternat Med*, 2014, 2014: 969342.
- [26] 曲婵.文冠果壳苷对侧脑室注射 $A\beta_{(25-35)}$ 小鼠学习记忆障碍的改善作用及其机制研究[D].沈阳:沈阳药科大学,2007.
- [27] 迟天燕,王力华,纪雪飞,等.文冠果壳苷对侧脑室注射 $A\beta_{1-42}$ 致痴呆模型小鼠学习记忆障碍的改善作用[J].沈阳药科大学学报,2010,27(4):314-319.
- [28] Chi T Y, Wang L H, Qu C, et al. Protective effects of xanthoceraside on learning and memory impairment

- induced by A beta (25-35) in mice [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11(12): 1019-1027.
- [29] 李 伟. 文冠果壳苷对侧脑室注射 $A\beta_{(1-42)}$ 致痴呆模型小鼠学习记忆障碍的改善作用 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2008.
- [30] 李晓春. 文冠果壳苷对反复脑缺血再灌注致痴呆模型小鼠学习记忆障碍的改善作用及机制研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2011.
- [31] 焦 青, 邹莉波, 刘 鹏, 等. 文冠果壳苷诱导人恶性黑色素瘤 A375. S2 细胞的凋亡及机制 [J]. 沈阳药科大学学报, 2013, 30(10): 793-798.
- [32] Jiao Q, Zou L B, Liu P, *et al.* Xanthoceraside induces apoptosis in melanoma cells through the activation of caspases and the suppression of the IGF-1R/Raf/MEK/ERK signaling pathway [J]. *J Med Food*, 2014, 17(10): 1070-1078.
- [33] 荣语媚. 文冠果壳苷体外抗肿瘤活性及抑制乳腺癌 MCF-7 细胞增殖的机制研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2008.
- [34] 张洪梅, 耿 杰, 周泉城. 文冠果壳黄酮提取物抑制酪氨酸酶活性的研究 [J]. 中国粮油学报, 2013, 28(10): 96-100.
- [35] 张洪梅, 周泉城. 文冠果壳皂苷提取物抑制酪氨酸酶活性的研究 [J]. 中国粮油学报, 2013, 28(5): 53-56.
- [36] 徐继凯, 张 伟, 李银杰, 等. 文冠果壳苷对大鼠大脑中动脉缺血再灌注损伤的改善作用及机制初探 [J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(10): 793-798.
- [37] 李政泽. 文冠果壳总皂苷对谷氨酸诱导 SH-SY5Y 细胞损伤的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- [38] 吴伟杰. 文冠果壳总皂苷分离工艺及其抗氧化活性的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [39] 邹莉波, 王力华, 齐 越, 等. 文冠果壳苷对 $A\beta_{25-35}/IFN-\gamma$ 诱导小胶质细胞炎症因子的抑制作用 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2012, 26(3): 421.
- [40] 耿 杰, 张洪梅, 周泉城. 文冠果壳皂苷抑制胰脂肪酶活性的研究 [J]. 现代食品科技, 2014, 30(11): 89-92.