

· 综述 ·

异槲皮苷的生物活性研究进展[△]

陈燕, 詹羽姣, 李晨阳, 徐芳, 赵军*

(新疆药物研究所维吾尔药重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830004)

[摘要] 介绍黄酮醇苷类化合物异槲皮苷的生物活性研究概况。综合国内外文献报道, 简述异槲皮苷的生物活性。异槲皮苷具有抗炎、抗肿瘤、抗氧化、抗菌、抗病毒、降血压、降血脂、神经保护等生物活性, 其具有较大的药用价值和前景, 值得深入开发研究。

[关键词] 异槲皮苷; 生物活性

Research Progress in Biological Activity of Isoquercitrin

CHEN Yan, ZHAN Yu-jiao, LI Chen-yang, XU Fang, ZHAO Jun*

(Xinjiang Institute of Materia Medica, Urumqi 830004, China)

[Abstract] The biological activity of flavonol glycosides of isoquercitrin was outlined. Through a comprehensive review of the domestic and foreign literatures, description on the biological activity of isoquercitrin including antitumor, antioxidation, antibacterial, antiviral, antioxidant, lowering blood pressure, reducing blood fat, nerve protection of biological activity were described. Isoquercitrin has a great medicinal value and application prospect, and is worthy of further research and development.

[Keywords] isoquercitrin; biological activity

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20180620004

异槲皮苷(isoquercitrin)为易溶于甲醇、乙醇等有机溶剂的黄酮醇苷类化合物, 又名罗布麻甲素、槲皮素 3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷, 是罗布麻、新疆圆柏等植物中的有效成分。该化合物具有抗炎、抗氧化、抗病毒、抗肿瘤、抗动脉粥样硬化、降血压、降血糖等多种生物学活性^[1], 已成为近年来天然活性成分的研究热点之一。本文对异槲皮苷近年来在生物活性方面的研究进展作一综述, 以便对异槲皮苷的进一步开发利用。

1 抗氧化抗炎作用

异槲皮苷具有较好的清除 DPPH、超氧阴离子、羟自由基和亚硝酸盐的能力, 还具有较好的还原能力^[2-4]。异槲皮苷在抗氧化的同时, 还能拮抗 Cd²⁺ 引起小鼠肝脏和肾脏中生化指标的改变, 可在抗 Cd²⁺ 诱导的毒性中发挥重要作用^[5]。异槲皮苷能够拮抗 H₂O₂ 致视网膜神经节细胞株 RGC-5 细胞的氧

化性损伤, 故异槲皮苷具有治疗青光眼的潜在作用^[6]。此外, Silva 等发现, 异槲皮苷能提高真核微生物酿酒酵母对超氧化物的来源物过氧化氢和甲萘醌的耐受性^[7]。Xie 等学者研究表明, 除了有效的抗氧化活性以外, 异槲皮苷通过调节磺基转移酶(SULTs)和细胞色素 P4502E1 酶(CYP2E1)的活性, 抑制氧化应激、亚硝化应激和炎症反应, 调节乙酰氨基酚(APAP)代谢, 拮抗 APAP 导致的肝毒性。通过阻滞核转录因子-κB(NF-κB)和丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)途径来改变诱导型一氧化氮合酶(iNOS)、肿瘤坏死因子α(TNF-α)、白介素-1β(IL-1β)、白介素6(IL-6)的产生, 也是异槲皮苷保肝作用的机制之一, 这些都说明异槲皮苷是一个有潜力的保肝剂^[8]。

2 抗肿瘤及抗突变作用

Orfali 等研究发现, 异槲皮苷具有较好的抗肿瘤

[△] [基金项目] 新疆维吾尔自治区科技支撑计划(201433103)

* [通信作者] 赵军, 研究员, 研究方向: 天然药物化学; E-mail: ZhaoJun21cn@163.com

作用,作用机制与其和 Wnt 信号转导通路、混合谱系蛋白激酶-3、有丝分裂原激活蛋白激酶、细胞凋亡途径和炎性蛋白信号之间的相互作用有关^[9]。异槲皮苷能促进人肝癌细胞凋亡并且通过阻断细胞周期 G1 期,抑制人肝癌细胞的增殖。异槲皮苷能激活半胱天冬酶-3、半胱天冬酶-8 和半胱天冬酶-9,抑制 ERK 和 p38MAPK 磷酸化蛋白表达水平,促进 JNK 的磷酸化,且能降低蛋白激酶 C(PKC)在人肝癌细胞中的表达水平^[10]。Chen 等研究发现,三叶鬼针草提取物中的异槲皮苷能在体内外抑制人胰腺癌的发展,其分子机制可能与阿片受体、激活丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)信号转导通路密切相关^[11]。异槲皮苷能抑制 Wnt/ β -连环蛋白的表达,可通过调节细胞周期的控制来减少胶质母细胞瘤(Gbm)的生长^[12]。该化合物在结肠癌细胞(SW480、DLD-1 和 HCT116)上表现出了抗肿瘤作用,而在非肿瘤结肠细胞(IEC-18)中无显著影响^[13]。Yang 等发现,苹果提取物和异槲皮苷的结合具有较好的协同作用,能抑制人乳腺癌细胞 MCF-7 的增殖^[14]。此外,异槲皮苷对 H_2O_2 -和叔丁基过氧化氢诱导的 TA₁₀₂ 菌株氧化损伤的保护作用均呈剂量依赖性,且在浓度为 $75 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时能抑制 $H_2O_2/\text{Fe}(2+)$ 诱导的开环和线形 DNA 质粒 pBSIISK(-) 的形成,表现出明显的抗突变活性和对 DNA 氧化损伤的防治作用^[15]。

3 抗菌抗病毒作用

Tracanna 等研究发现,异槲皮苷具有较好的抗菌活性^[16]。异槲皮苷在病原真菌的药敏实验中十分有效,而且几乎没有溶血发生。在白色念珠菌中进行的碘化丙啶和钾素释放实验结果显示,异槲皮苷可增加病原真菌渗透性,诱导病原真菌的膜损伤。结果说明该化合物可通过干扰细胞膜来发挥杀菌效果^[17]。有研究发现,槲皮素和异槲皮苷在体外和体内能显著减少流感病毒的复制,其中异槲皮苷的抗病毒作用大于槲皮素,且前者还具有更高的体外治疗指数^[18-19]。根据 Fernandez 等的研究,异槲皮苷能抑制卵清蛋白的反应,并能降低白三烯的收缩反应。异槲皮苷对氯化氨甲酰胆碱引起的收缩反应、卵清蛋白在后期的反应和白三烯 D₄-诱导的收缩反应具有拮抗作用,因此该化合物可用于哮喘的治疗^[20]。

4 降血压降血脂作用

相关研究发现,旱金莲中的活性成分异槲皮苷在自发性高血压大鼠模型上表现出明显的利尿作用,其机制主要与其抑制血管紧张素转换酶活性、增加缓激肽、NO 的生物利用度以及抑制 $\text{Na}(+)/\text{K}(+)\text{-ATP}$ 酶活性有关^[21-22]。进一步研究显示,异槲皮苷与尿排泄率和 $\text{Na}(+)$ 含量的上升存在剂量依赖性关系^[23]。Hassan 等人发现,异槲皮苷能衰减游离脂肪酸(FFA)诱导的脂质过载和肝细胞内活性氧的活性,能逆转游离脂肪酸诱导的细胞内甘油三酯(TG)超氧化物歧化酶(SOD)和丙二醛(MDA)的增加^[24]。异槲皮苷可以提高脂联素受体 1 表达,抑制类固醇调节元件结合蛋白-1(SREBP-1)和脂肪酸合成酶(FAS)的表达,从而导致脂质积累的调节。以上结果表明,异槲皮苷是可用于防治脂质代谢紊乱和非酒精性脂肪肝^[25]。除此之外, Lee 等对水蓼中的异槲皮苷能激活 Wnt/ β -连环蛋白信号和抑制 3T3-L1 前脂肪细胞的分化,能通过抑制 Wnt/ β -连环蛋白信号来抑制 3T3-L1 细胞的脂肪生成,说明异槲皮苷可能是肥胖和其相关疾病的潜在治疗药物^[26]。除了异槲皮苷有降血脂作用以外, Sekhon-Loodu 等的研究表明,异槲皮苷二十碳五烯酸酯[二十碳五烯酸(EPA)的共轭黄酮]也有明显的抗炎和降血脂的性能,并且对治疗肥胖和其相关疾病十分有效^[27]。

5 抗动脉粥样硬化作用

在心血管疾病病理进程以及内皮细胞损伤过程中,氧化应激发挥了重要的作用。异槲皮苷可显著抑制 H_2O_2 诱导人脐静脉细胞 EA.hy926 cells 的凋亡,拮抗凋亡蛋白 caspase-9 和 caspase-3 的表达,增加抗凋亡蛋白 Mcl-1 的表达,并以剂量依赖方式增加磷酸化蛋白激酶 B(p-Akt)和磷酸化糖原合成酶激酶-3(p-GSK3 β)的表达。结果说明,异槲皮苷的作用机制与其对 Akt/GSK3 β 信号通路的调控有关^[28]。除此之外,在 Li 等的研究中,异槲皮苷和异金丝桃苷对 H_2O_2 诱导的 H9c2 大鼠的心肌损伤保护作用使用 3-(4,5-二甲基噻唑-2-yl)-2,5-苯基四唑溴化物测定法进行评价。通过评估泄漏的金丝桃苷的乳酸脱氢酶(LDH)来研究其机制,同时用 H_2O_2 诱导损伤异槲皮苷预处理后的 H9c2 心肌细胞,之

后检测其对丙二醛含量和超氧化物歧化酶活性的影响。而 LDH 漏出量的显著减少、丙二醛水平的降低并且超氧化物歧化酶活性的增加也提供了异槲皮苷和异金丝桃苷有保护作用的证据。根据研究推测,其作用机制可能涉及保护细胞膜免受氧化损伤^[29]。Kasimu 等研究发现,在罗布麻中的异槲皮苷、金丝桃苷等黄酮类化合物具有抗血小板聚集的活性^[30]。

6 降血糖作用

Shibano 等发现,异槲皮苷能显著抑制大鼠小肠 α -葡萄糖苷酶的活性^[31]。Paulo 等研究显示,异槲皮苷($100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)可通过延迟口服葡萄糖 30 min 后的血糖峰值而表现出降血糖活性,并呈时间依赖关系^[32]。Panda 等的研究结果表明,异槲皮苷($15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)可显著降低四氧嘧啶升高的血糖浓度,其机制与 6-葡萄糖磷脂酶活性抑制以及抗氧化清除自由基密切相关^[33]。酶改性的 α -葡萄糖基异槲皮苷联合低聚果糖具有预防 2 型糖尿病(T2DM)发生发展的能力,可通过直接刺激使胰高血糖素样肽-1(GLP-1)产生 L 型细胞,来加强和延长 GLP-1 分泌^[34]。此外,该化合物还能增加 GLP-1 分泌来改善葡萄糖耐量、胰岛素敏感性和总胆固醇水平,进一步降低糖尿病的风险^[35]。

7 抗骨质疏松作用

异槲皮苷是民族药云南杓兰治疗骨折的主要成分,该化合物在 $1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 对成骨细胞 MC3T3-E1 的增殖、分化、矿化及其基因的表达具有剂量依赖性效应,其中促进 MC3T3-E1 活性的最佳浓度为 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,高于 1×10^{-4} 时则表现出细胞毒性^[36]。此外,异槲皮苷还能上调骨钙素的基因编码表达,多聚磷酸盐能明显增加 Ets1 基因和碱性磷酸酶的表达,两者在骨的形成上有协同增强效应。因此,这两种化合物的联用对骨质疏松具有较好的预防和治疗能力^[37]。

8 神经保护作用

异槲皮苷能通过降低 6-羟基多巴胺(6-OHDA)诱导的细胞膜脂质过氧化来保护神经细胞 PC12。槲皮苷通过其较好的抗氧化能力对 6-OHDA 诱导的神经毒性有保护作用。因此,异槲皮苷能作为潜在的

治疗剂来治疗帕金森病的神经退行性病变^[38]。此外,Rho GTP 酶家族的多个成员与人类神经系统疾病损伤密切相关,作为神经分化的一种潜在的刺激物,异槲皮苷是通过调节 Rho GTP 酶发挥神经保护作用的^[39]。

综上所述,异槲皮苷是多种药用植物的主要标识性成分,具有广泛的药理活性,开发应用前景良好。然而,目前为异槲皮苷的研究多集中于其含量高的有效部位及有效组分,对于其单体的研究报道较少。因此,异槲皮苷的药效机制、代谢等方面的研究值得进一步深入研究。

参考文献

- [1] 李文超,王云龙,周叶红. 异槲皮苷的稳定性及溶解度考察[J]. 山西大学学报,2009(A01):102-105.
- [2] Ahmad R, Ahmad N, Naqvi A A, et al. Antioxidant and Antiglycating Constituents from Leaves of *Ziziphus oxyphylla* and *Cedrela serrata*[J]. *Antioxidants*, 2016, 5(1):9.
- [3] Zheleva-Dimitrova D, Nedialkov P, Girreser U, et al. Benzo-phenones and flavonoids from *Hypericum maculatum* and their antioxidant activities [J]. *Nat Prod Res*, 2012, 26(17):1576-1583.
- [4] Razavi S M, Zahri S, Zarrini G, et al. Mohammadi S. Biological activity of quercetin-3-O-glucoside, a known plant flavonoid[J]. *Bioorg Khim*, 2009, 35(3):376-378.
- [5] Li R, Yuan C, Dong C, et al. In vivo antioxidative effect of isoquercitrin on cadmium-induced oxidative damage to mouse liver and kidney [J]. *Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol*, 2011, 383(5):437-445.
- [6] Jung S H, Kim B J, Lee E H, et al. Isoquercitrin is the most effective antioxidant in the plant *Thuja orientalis* and able to counteract oxidative-induced damage to a transformed cell line (RGC-5 cells) [J]. *Neurochem Int*, 2010, 57(7):713-721.
- [7] Silva C G, Raulino R J, Cerqueira D M, et al. In vitro and in vivo determination of anti-oxidant activity and mode of action of isoquercitrin and *Hyptis fasciculata* [J]. *Phytomedicine*, 2009, 16(8):761-767.
- [8] Xie W, Wang M, Chen C, et al. Hepatoprotective effect of isoquercitrin against acetaminophen-induced liver injury [J]. *Life Sci*, 2016, 152:180-189.
- [9] Orfali Gd, Duarte A C, Bonadio V, et al. Review of anticancer mechanisms of isoquercitrin [J]. *World J Clin Oncol*, 2016, 7(2):189-199.
- [10] Huang G, Tang B, Tang K, et al. Isoquercitrin inhibits the progression of liver cancer in vivo and in vitro via the

- MAPK signalling pathway [J]. *Oncol Rep*, 2014, 31 (5): 2377-2384.
- [11] Chen Q, Li P, Li P, et al. Isoquercitrin inhibits the progression of pancreatic cancer in vivo and in vitro by regulating opioid receptors and the mitogen-activated protein kinase signalling pathway [J]. *Oncol Rep*, 2015, 33 (2): 840-848.
- [12] Amado N G, Cerqueira D M, Menezes F S, et al. Isoquercitrin isolated from *Hyptis fasciculata* reduces glioblastoma cell proliferation and changes beta-catenin cellular localization [J]. *Anticancer Drugs*, 2009, 20 (7): 543-552.
- [13] Amado N G, Predes D, Fonseca B F, et al. Isoquercitrin suppresses colon cancer cell growth in vitro by targeting the Wnt/ β -catenin signaling pathway [J]. *J Biol Chem*, 2014, 289 (51): 35456-35467.
- [14] Yang J, Liu R H. Synergistic effect of apple extracts and quercetin 3-beta-D-glucoside combination on antiproliferative activity in MCF-7 human breast cancer cells in vitro [J]. *J Agric Food Chem*, 2009, 57 (18): 8581-8586.
- [15] Valentova K, Sima P, Rybkova Z, et al. (Anti)mutagenic and immunomodulatory properties of quercetin glycosides [J]. *J Sci Food Agric*, 2016, 96 (5): 1492-1499.
- [16] Tracanna M I, Fortuna A M, Cardenas A V, et al. Anti-leishmanial, anti-inflammatory and antimicrobial activities of phenolic derivatives from *Tibouchina paratropica* [J]. *Phytother Res*, 2015, 29 (3): 393-397.
- [17] Yun J, Lee H, Ko H J, et al. Fungicidal effect of isoquercitrin via inducing membrane disturbance [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2015, 1848 (2): 695-701.
- [18] Thapa M, Kim Y, Desper J, et al. Synthesis and antiviral activity of substituted quercetins [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2012, 22 (1): 353-356.
- [19] Kim Y, Narayanan S, Chang K O. Inhibition of influenza virus replication by plant-derived isoquercetin [J]. *Antiviral Res*, 2010, 88 (2): 227-235.
- [20] Fernandez J, Reyes R, Ponce H, et al. Isoquercitrin from *Argemone platyceras* inhibits carbachol and leukotriene D₄-induced contraction in guinea-pig airways [J]. *J Ethnopharmacol*, 2005, 522 (1/3): 108-115.
- [21] Gasparotto Junior A, Gasparotto F M, Lourenco E L, et al. Antihypertensive effects of isoquercitrin and extracts from *Tropaeolum majus* L.: evidence for the inhibition of angiotensin converting enzyme [J]. *J Ethnopharmacol*, 2011, 134 (2): 363-372.
- [22] Gasparotto Junior A, Prando T B, Leme T dos S, et al. Mechanisms underlying the diuretic effects of *Tropaeolum majus* L. extracts and its main component isoquercitrin [J]. *J Ethnopharmacol*, 2012, 141 (1): 501-509.
- [23] Gasparotto Junior A, Gasparotto F M, Boffo M A, et al. Diuretic and potassium-sparing effect of isoquercitrin-an active flavonoid of *Tropaeolum majus* L [J]. *J Ethnopharmacol*, 2011, 134 (2): 210-215.
- [24] Hassan W, Rongyin G, Daoud A, et al. Reduced oxidative stress contributes to the lipid lowering effects of isoquercitrin in free fatty acids induced hepatocytes [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2015, 2015 (1): 313602.
- [25] Zhou J, Yoshitomi H, Liu T, et al. Isoquercitrin activates the AMP-activated protein kinase (AMPK) signal pathway in rat H4IIE cells [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2014, 14 (1): 1-10.
- [26] Lee S H, Kim B, Oh M J, et al. Persicaria hydropiper (L.) spach and its flavonoid components, isoquercitrin and isorhamnetin, activate the Wnt/ β -catenin pathway and inhibit adipocyte differentiation of 3T3-L1 cells [J]. *Phytother Res*, 2011, 25 (11): 1629-1635.
- [27] Sekhon-Loodu S, Ziaullah Z, Rupasinghe H P, et al. Novel quercetin-3-O-glucoside eico-sapentaenoic acid ester ameliorates inflammation and hyperlipidemia [J]. *Inflammopharmacology*, 2015, 23 (4): 173-185.
- [28] Zhu M, Li J, Wang K, et al. Isoquercitrin Inhibits Hydrogen Peroxide-Induced Apoptosis of EA. hy926 Cells via the PI3K/Akt/GSK3 β Signaling Pathway [J]. *Molecules*, 2016, 21 (3): 356.
- [29] Li X M, Luo X G, Li K, et al. Difference in protective effects of three structurally similar flavonoid glycosides from *Hypericum ascyron* against H₂O₂-induced injury in H9c2 cardiomyoblasts [J]. *Mol Med Rep*, 2015, 12 (4): 5423-5428.
- [30] Kasimu R, Fan Z, Wang X, et al. Anti-platelet aggregation activities of different fractions in leaves of *Apocynum venetum* L [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015, 168: 116-121.
- [31] Shibano M, Kakutani K, Taniguchi M, et al. Antioxidant constituents in the dayflower (*Commelina communis* L.) and their alpha-glucosidase-inhibitory activity [J]. *J Nat Med*, 2008, 62 (3): 349-353.
- [32] Paulo A, Martins S, Branco P, et al. The opposing effects of the flavonoids isoquercitrin and sissotrin, isolated from *Pterospartum tridentatum*, on oral glucose tolerance in rats [J]. *Phytother Res*, 2008, 22 (4): 539-543.
- [33] Panda S, Kar A. Antidiabetic and antioxidative effects of *Annona squamosa* leaves are possibly mediated through quercetin-3-O-glucoside [J]. *Biofactors*, 2007, 31 (3/4): 201-210.

(下转第1592页)

参考文献

- [1] 张春红,陈苏依勒,张娜,等.“地格达类”蒙药研究进展[J]. 中国中药杂志,2013,38(24):4362-4368.
- [2] 内蒙古卫生厅. 内蒙古蒙成药标准[S]. 赤峰:内蒙古科学技术出版社,1984:262.
- [3] 内蒙古卫生厅. 内蒙古蒙成药标准(补充本)[S]. 呼和浩特:[出版者不祥],1988:152-218.
- [4] 卫生部药典委员会. 中华人民共和国卫生部药品标准·蒙药分册[S]. 北京:[出版者不祥],1998:84.
- [5] 内蒙古自治区食品药品监督管理局编. 内蒙古蒙药制剂规范[S]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,2007:15-260.
- [6] 内蒙古自治区食品药品监督管理局编. 内蒙古蒙药制剂规范[S]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,2014:3-269.
- [7] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:337-338.
- [8] 李婷,宋民宪.《中国药典》收载儿科用中成药临床应用现状分析[J]. 中国药房,2011,22(43):4125-4128.
- [9] 孙萌,李国白,杨阳,等. 中風方剂数据初步分析[J]. 中国中医药信息杂志,2013,20(12):12-16.
- [10] 罗莉,宋民宪. 民族药成方制剂标准中存在的问题[J]. 中药与临床,2015,6(2):98-100.
- [11] 布和巴特尔. 对《部颁标准(蒙药分册)》某些内容的商榷[J]. 中国民族民间医药杂志,2003,13(5):256-259.
- [12] 郭宇飞,申丹,杨洪军. 含红花中药组方规律分析[J]. 中国中药杂志,2014,39(11):2144-2148.
- [13] 吴德智,刘运锋,马正,等. 含白头翁方剂的应用及配伍规律研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2013,19(2):330-333.
- [14] 高颖,房德敏,周永梅,等. 骨碎补在中药复方制剂中应用情况的综合分析[J]. 天津药学,2009,21(1):44-47.
- [15] 孙位军,孙铭,王张,等. 基于药品标准的蒙药制剂品种、主治和用药特点研究[J]. 中国民族民间医药,2016,25(23):20-23.
- [16] 梁斯琴,呼伊日格其. 论蒙药传统剂型[J]. 中国民族医药杂志,2012,18(3):31.
- [17] 杨巨成. 中药剂型在临床治疗中的若干问题[J]. 中国民间疗法,2009,17(2):55.
- [18] 林燕. 从历年《中华人民共和国药典》看中药剂型发展[J]. 中国中医药信息杂志,2008,15(7):6-7.
- [19] 杨洪军,黄璐琦. 经典名方的研究——中医药传承发展的突破口之一[J]. 中国现代中药,2018,20(7):775-779.

(收稿日期 2018-06-15)

(上接第1582页)

- [34] Phuamongkolwivat P, Hira T, Hara H. A nondigestible saccharide, fructooligosaccharide, increases the promotive effect of a flavonoid, α -glucosyl-isoquercitrin, on glucagon-like peptide 1 (GLP-1) secretion in rat intestine and enteroendocrine cells [J]. Mol Nutr Food Res, 2014, 58(7):1581-1584.
- [35] Phuamongkolwivat P, Suzuki T, Hira T, et al. Fructooligosaccharide augments benefits of quercetin-3-O- β -glucoside on insulin sensitivity and plasma total cholesterol with promotion of flavonoid absorption in sucrose-fed rats [J]. Eur J Nutr, 2014, 53(2):457-468.
- [36] 段爱竹,邓旭亮,李蓉涛. 金叶子异槲皮苷对 MC3T3-E1 细胞成骨分化的影响[J]. 中国中药杂志,2014,39(19):3836-3840.
- [37] Wang X, Schroder H C, Feng Q, et al. Isoquercitrin and polyphosphate co-enhance mineralization of human osteoblast-like SaOS-2 cells via separate activation of two RUNX2 cofactors AFT6 and Ets1 [J]. Biochem Pharmacol, 2014, 89(3):413-421.
- [38] Magalingam K B, Radhakrishnan A, Haleagrahara N. Protective effects of flavonol isoquercitrin, against 6-hydroxy dopamine (6-OHDA)-induced toxicity in PC12 cells [J]. BMC Res Notes, 2014, 7(1):49-57.
- [39] Palazzolo G, Horvath P, Zenobi-Wong M. The flavonoid isoquercitrin promotes neurite elongation by reducing RhoA activity [J]. PLoS One, 2012, 7(11):e49979.

(收稿日期 2018-06-20)