

阿魏酸及其衍生物的生理活性及应用研究进展

梁盈, 袁晓娟, 刘巧丽, 黄萍, 李佳佳, 林亲录*

(中南林业科技大学, 稻谷及副产物深加工国家工程实验室, 湖南长沙 410004)

摘要: 为进一步了解阿魏酸及其衍生物的特点并将其更广泛应用,总结了阿魏酸的提取来源及衍生物的种类,发现阿魏酸不仅存在于当归、黄连等中药中,在米糠、麦麸等食品原料中也含量丰富,阿魏酸衍生物种类丰富多样。本文还综述了阿魏酸及其衍生物显著的抗氧化、抗炎、抗辐射和抗癌等生理功效,它们已在食品、化妆品、医药等行业中广泛应用。全文为阿魏酸及其衍生物更广泛应用及相关疾病的治疗提供了一定的理论基础,这些物质具有良好的发展前景。

关键词: 阿魏酸;衍生物;生理活性;研究现状;应用

中图分类号: TS 201.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2018)05—0449—06

Research Progress on the Physiological Activity and Application of Ferulic Acid and Its Derivatives

LIANG Ying, XI Xiaojuan, LIU Qiaoli, HUANG Ping, LI Jijia, LIN Qinlu*

(National Engineering Laboratory for Rice and By-Product Deep Processing, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: To get further understanding of ferulic acid and its derivatives and make them more widely used, this paper summarized extractions of ferulic acid and kinds of its derivatives, found ferulic acid not only existed in *Angelica sinensis*, *Rhizoma Coptidis* and other traditional Chinese medicine, but also was rich in rice bran, wheat bran and other food ingredients. Ferulic acid derivatives are also rich and varied. The paper also reviewed the ferulic acid and its derivatives have significant antioxidant, anti-inflammatory, anti-radiation, anticancer and other physiological functions, and they have been widely used in the food, cosmetic, pharmaceutical and other industries. The full text provided effective and solid theoretical foundations for widely and better application of ferulic acid and its derivatives and treatment of related disease, these substances have good development prospects.

Keywords: ferulic acid, derivatives, physiological activity, research status, application

收稿日期: 2016-04-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(31201348/31571874); 湖南省自然科学基金项目(2017JJ2410); 湖湘青年英才项目(2016RS3033)。

作者简介: 梁盈(1981—), 女, 江西南昌人, 理学博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事分子营养学研究。E-mail: liangying498@163.com

* 通信作者: 林亲录(1966—), 男, 湖南邵阳人, 农学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事食品科学研究。E-mail: linql0403@126.com

引用本文: 梁盈, 袁晓娟, 刘巧丽, 等. 阿魏酸及其衍生物的生理活性及应用研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(05): 449-454.

阿魏酸(Ferulic Acid),学名为4-羟基-3-甲氧基肉桂酸,是当归、黄连等具有活血化瘀生理功效的中草药的有效成分之一。它广泛存在于植物细胞壁中,在细胞壁中主要与蛋白质和多糖交联构成细胞壁的骨架^[1-2]。由于阿魏酸分子具有烷基较短且脂溶性差的特性而应用范围缩减,应用于临床的药物形式则主要是钠盐^[1]。此外,阿魏酸分子中含多种活性基团使其分子易于改造,而阿魏酸衍生物相比于阿魏酸具有更高生物活性和更低毒性^[3],因此将阿魏酸的分子结构进行修饰改造,可获得系列阿魏酸衍生物,从而扩大了阿魏酸的应用范围,具有一定的发展前景。

1 阿魏酸的来源及其衍生物种类

1.1 阿魏酸的来源

阿魏酸在植物中广泛存在,因其在当归中含量相当丰富又称当归素^[4]。当归水溶性成分主要为阿魏酸,占生药的0.03%~0.09%^[5]。阿魏酸不仅是当归的有效活性成分,也大量存在于黄连、木贼等多种中药中。研究发现,黄连中的酸性成分阿魏酸对小檗碱处理的肝癌细胞 HepG2 吸收葡萄糖有促进作用,且能抑制小檗碱 HepG2 细胞的损伤毒害作用^[6]。

阿魏酸含量在咖啡、米糠、麦麸、谷壳等食品原料中也较高^[7]。植物细胞壁是阿魏酸的最重要来源,在禾本科植物中阿魏酸与木质素、纤维素发生酯化,在小麦麸皮中阿魏酸主要通过酯键与多糖和木质素交联,通过断裂酯键可以将阿魏酸释放出来。实验发现,紫粒黑小麦麸皮的阿魏酸质量分数为2.07 mg/g,与蓝粒黑小麦麸皮的阿魏酸质量分数(2.12 mg/g)相近,其质量分数高于当地种植的普通小麦麸皮的阿魏酸质量分数(1.17 mg/g)^[8]。麦苗中普遍存在的阿魏酸、抗坏血酸和总黄酮物质都具有较高的抗氧化活性,三者共同作用有协同增效作用^[9]。玉米皮中含多种具有生物功能的活性物质,主要的酚酸为阿魏酸,经优化阿魏酸的提取质量分数可达到1.717 mg/g^[10]。

1.2 阿魏酸衍生物种类

阿魏酸与氢氧化钠、酚或醇、二溴代烷和氨基酸等物质反应可得到阿魏酸盐类、酯类物质、醚类衍生物和酰胺类衍生物。其中阿魏酸哌嗪可用于肾小球疾病以及冠心病等疾病的辅助治疗^[11]。阿魏酸川芎嗪、阿魏酸乙酯和川芎嗪芳酸衍生物均能有效

地活血化瘀和抗血小板聚集^[12-14]。阿魏酸松柏酯在一定程度上能抑制宫颈癌 Hela 细胞的活性^[15]。阿魏酸醚类衍生物有明显的阻碍 β -肾上腺素受体的生理功效^[16]。酰胺类衍生物具有明显的抗耐甲氧西林金葡菌和耐万古霉素金葡菌的活性,且 MIC 为12.5~100 g/L^[17]。这些衍生物大多能发挥较良好的生理活性。由于醚类药理代谢所需时间较长,所以相关的报道相比于其他阿魏酸衍生物较少。

2 阿魏酸及其衍生物的生理活性研究

2.1 阿魏酸的生理活性研究

近年来,大量文献都探究了阿魏酸及其衍生物的特性、生理作用以及应用。还有实验发现表明,阿魏酸具有抗辐射、抗氧化、抗炎和抗癌等生理功能。

研究发现,阿魏酸有良好的抗辐射的生理功能。洪倩^[18]探究了阿魏酸对辐射后人脐静脉内皮细胞、淋巴细胞以及小鼠的保护作用,检测了辐射10 Gy(gray,戈瑞,1 kg 被辐照物质吸收1焦耳的能量)前后细胞内活性氧和谷胱甘肽的变化,通过 Western blot、RT-PCR 等分子生物学方法,在蛋白及基因水平观察了阿魏酸对辐射后各种抗氧化因子(如 NADPH 醌氧化还原酶及血红素加氧酶等)表达的影响。实验发现,阿魏酸有良好的抑制辐射诱导的细胞过氧化损伤的生理功效,提高抗氧化基因的表达,降低辐射引起机体活性氧的增多;阿魏酸能抑制辐射引起的粘附损伤,降低粘附分子的表达;阿魏酸可调节促红细胞生成素的生成,促进经照射小鼠伤势的恢复和细胞的生长,进而发挥良好的抗辐射作用。邵帅等^[19]通过实验发现100 nmol/L~1 μ mol/L 浓度的阿魏酸可通过增多受10Gy 辐照的 HUVEC 细胞 Thbd 蛋白的表达量以改善血液微环境,且可降低 DNA 复制时 G2/M 期的阻滞,促进 HUVEC 细胞的生长并增强其生命活力,进而起到抗辐射功效。

过量辐射以及各种强氧化刺激易导致细胞氧化和损伤,从而引发各种炎症。而阿魏酸有抑制炎症和抗病毒的生理功能^[20-21]。吴建良等^[22]实验发现阿魏酸能降低 NO 的浓度,且浓度越大降低效果越明显,有效抑制炎症因子白细胞介素 IL-1 β 、IL-6 和肿瘤坏死因子 TNF- α 的表达,提前给予阿魏酸共同孵育使脂多糖引起的丝/苏氨酸蛋白激酶信号通路的磷酸化受到抑制。实验发现阿魏酸具有明显抑制

生理炎症的作用。白换力^[23]通过建立朊病毒感染模型,探究了姜黄素与阿魏酸对朊病毒复制变化的抑制作用及分子机理,发现阿魏酸在一定浓度时都能够明显抑制朊病毒与复制基因相关蛋白的表达。

炎症太严重易导致细胞基因发生癌变,产生癌症。而阿魏酸也有抗癌作用。汤浩等^[24-25]通过比较阿魏酸作用前后 HepG2 细胞色素 P450 同工酶、细胞周期以及基因蛋白表达的变化,发现阿魏酸和异阿魏酸均能抑制 HepG2 细胞的增殖,能够抑制药物代谢酶 mRNA 的表达以及相关蛋白表达,表明阿魏酸有抗癌作用。袁卓等^[26]探究了阿魏酸和绿原酸单独作用于血管平滑肌细胞对其黏附的作用及其分子机制,结果发现阿魏酸能促进血管平滑肌细胞彼此黏附,抑制癌细胞迁移,且通过抑制血管平滑肌细胞相关基因的表达达到该目的。

阿魏酸能分别从抗辐射抗氧化、抗炎和抗癌方面来行使生理功能,具有很好的生理保健作用,可广泛用于食品、化妆品、医药行业,发挥显著的生理功效,有良好的发展潜力。

2.2 阿魏酸衍生物的生理活性研究

通过阿魏酸合成可得到衍生物,在生理功能上与阿魏酸相比有很多相似之处。目前研究发现,阿魏酸衍生物也有显著的抗辐射、抗氧化和抗炎的活性。谭洪玲^[27]通过探究阿魏酸系列衍生物(如阿魏酸、阿魏酸钠等)对 8.5 Gy 照射小鼠存活率的作用以挑选化合物,发现阿魏酸系列衍生物可以显著提高 8.5 Gy 照射小鼠存活率,延长小鼠存活时间,有良好的抗辐射作用。张延萍等^[28]通过探究阿魏酸效应物对蘑菇酪氨酸酶单酚和双酚酶的作用,发现其在低浓度情况下仍可明显降低单酚酶的活力,延长酶反应的停留时间,有很强的抗氧化功效,减少黑色素的沉淀。刘春杰^[29]用不同浓度的阿魏酸钠作用于小鼠单核-巨噬细胞 RAW264.7 细胞,测定肿瘤坏死因子 TNF- α 和白细胞介素 IL-1 β 等各种相关炎症因子的分泌量变化。实验表明,阿魏酸钠可控制影响 TNF- α 、IL-6 和 IL-1 β 的分泌量,同时能调控炎症介质 NO 和前列腺素 PGE2 的生成,发挥突出的抗炎功效。

还有研究发现,阿魏酸衍生物也有抗血小板凝集、保护细胞损伤和抗肿瘤^[30]的生理功效。李家明等^[31]以阿魏酸为反应物合成 6 种阿魏酸衍生物,探究其在体内活血化瘀的药效,发现它们能显著抑制

二磷酸腺苷诱发的血小板凝集。王锦芝等^[32]对小鼠的心肌细胞进行原代培养,通过测定超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、肌酸激酶(CK)及乳酸脱氢酶(LDH)的变化,观察不同阿魏酸衍生物对心肌细胞 H/R 损伤的保护作用。实验结果表明,与 H/R 比较,阿魏酸类似物均可明显减少心肌细胞 H/R 损伤所造成的 MDA 含量以及 CK、LDH 的渗出,并可增加 SOD 酶活力。

阿魏酸衍生物具有显著的抗辐射、抗氧化、抗炎、抗血小板凝集、保护细胞损伤和抗肿瘤等的生理活性,这使得它们在食品、化妆品、医药行业大放异彩,备受关注,有良好的发展前景。

3 阿魏酸及其衍生物的应用现状

3.1 食品行业应用现状

现今日本等发达国家已将阿魏酸正式作为食品添加剂,以提高食品品质;因其抗氧化和清除自由基功能很好,阿魏酸可用于运动食品中作为抗氧化剂和机能促进物质^[33]。肖明^[34]用 DPPH 法和 Fe³⁺还原法等方法对阿魏酸及其酯类的抗氧化活性进行了测定,发现阿魏酸及其酯类在一定程度上能抑制脂质过氧化,可用于食用油的抗氧化。肖乃玉等^[35]以胶原蛋白为成膜基材,加入阿魏酸制备出阿魏酸-胶原蛋白抗菌膜,用牛津杯法测得所得膜对大肠杆菌和葡萄球菌的抑菌圈直径为 17~22 mm,表现出很强的抑菌效果。阿魏酸-胶原蛋白抗菌膜可用于腊肠保鲜中,有显著的抑菌作用。阿魏酸与维生素 C 共用协同增效,具有更显著的抗氧化活性^[36]。

聚阿魏酸具有良好的抑制环核苷酸磷酸二酯酶活力的生理活性,一般可用作保健食品以改善肺内皮感染与肺积等呼吸道疾病^[37]。肖明^[34]发现阿魏酸及其酯类均能有效地抗油脂氧化,且抗氧化功效强于阿魏酸,能有效解决食用油的抗氧化及其保藏的问题。

3.2 化妆品行业应用现状

阿魏酸能延缓衰老,改善皮肤细嫩度,使其细腻柔嫩、有光泽。阿魏酸在 290~330 nm 有助于隔绝紫外线;阿魏酸及其衍生物抗氧化很强,同时可抑制酪氨酸酶活性,从而发挥显著的延缓衰老和美白皮肤功能^[38]。阿魏酸与维生素 E 反应可合成维生素 E 阿魏酸酯,因其有很强地抑制酪氨酸酶活性并抑制黑色素形成的活性,而被公众称为美容因子^[39]。

Suzana 等^[40]将一定量的 α -生育酚阿魏酸酯溶于卵磷脂,结果发现它可以抑制黑色素的产生,可用以美白和改善面部色斑。Di Domenico 等^[41]用 UVB 照射人的黑素细胞,实验发现经阿魏酸乙酯处理过的黑素细胞能够减小活性氧的产生,并能减少紫外线辐射造成的面部损伤,可作为防晒剂用于化妆品行业中。

3.3 医药行业应用现状

临床应用表明阿魏酸无显著的毒副作用。研究发现阿魏酸钠盐不仅能在一定程度上保护其他药物损伤的肝细胞,而且还能减轻部分药物毒害肾脏的程度。此外,阿魏酸还能明显降低人体血液浓度,减少血管内血脂的沉积,舒张血管^[42],促进血液循环以减少心脑血管疾病的几率;同时抑制皮肤黑色素的沉积,进而有助于皮肤的保养及抗衰老^[43],可作为活性物质用于保健品中。

阿魏酸盐和阿魏酸酯类含有酚羟基和苯烯结构,可清除自由基和拮抗内皮素功能^[44],使其能双重保护血管内皮功能,可应用于心血管疾病的治疗。周琴等^[45]通过研究阿魏酸钠(SF)对局灶性脑缺血的影响,发现 SF 能促进脑缺血后神经功能的恢复和血管生成,减轻脑水肿和脑梗死,有利于脑血栓和脑梗死的治疗。表 1 为阿魏酸及其衍生物的应用现状归纳表。

4 展望

阿魏酸在植物中广泛存在,是阿魏、当归、川芎

表 1 阿魏酸及其衍生物的应用现状

Table 1 Application status of ferulic acid and its derivatives

行业	阿魏酸	阿魏酸衍生物
食品行业	抗氧化、抑菌、食品防腐保鲜剂、制备食用胶和可食性包装膜、脂质抗氧化、腊肠保鲜	调节人体免疫力、改善肺内皮感染与肺积
化妆品行业	改善皮肤状况、防紫外辐射、延缓衰老、抑制黑色素堆积	皮肤的美白护理或作祛斑治疗,强抑制黑色素的形成并兼有抑制酪氨酸酶的活性
医药行业	抗菌消炎、镇痛和抗血栓形成、抗氧化、抗肿瘤和提高人体免疫功能、降低血液浓度	抗血栓形成、抗炎、抗癌以及调节人体免疫功能、治疗心脑血管疾病、保护大脑、减轻脑梗死

和木贼等中药中的主要有效成分,具有很重要的生理作用。阿魏酸及其衍生物的应用及作用机理有所相似,都能发挥抗氧化、抗辐射、抗癌以及抗菌的作用。当今研究阿魏酸及其衍生物的文献很多,然而这些研究都主要集中在对其药理作用及应用上,而较少涉及它们的药理作用机制。这些研究都只注重阿魏酸及其衍生物作用于细胞后各种炎症分子的含量变化,而较少深入到这些物质作用后细胞的基因表达及蛋白合成上,探究其作用的信号通路的研究寥寥无几^[46]。深入阿魏酸及其衍生物作用机制,即研究细胞物质传递相关的信号通路上基因及蛋白表达变化,对阿魏酸及其衍生物在各行业的广泛应用以及推广普及,具有至关重要的意义,同时也将成为必然趋势。

参考文献:

- [1] 於洋. 非水相酶促合成阿魏酸衍生物及其静电纺速溶超细纤维膜的制备[D]. 上海: 东华大学, 2011.
- [2] VALERIAN B, MARIE H A, JOELLE N, et al. Nephroprotective effects of ferulic acid, Z-ligustilide and E-ligustilide isolated from *Angelica sinensis* against cisplatin toxicity in vitro[J]. **Toxicology in Vitro**, 2015, 29(3): 458-467.
- [3] LIANG Hongdong. Study on synthesis and antioxidant activity of ferulic acid[J]. **Chemical and Biological Engineering**, 2012, 29(1): 60-62. (in Chinese)
- [4] SUNG J H, GIM S A, KOH P O. Ferulic acid attenuates the cerebral ischemic injury-induced decrease in peroxire doxin-2 and thioredoxin expression[J]. **Neurosci Lett**, 2014, 26(2): 62-67.
- [5] 刘林杰. 当归活性成分阿魏酸的电化学分析研究[D]. 甘肃兰州: 兰州大学, 2014.
- [6] CHEN Hongying, LI Xuegang, YE Xiaoli, et al. Effect of ferulic acid from *Coptis chinensis* Franch on hypoglycemic activity of berberine in HepG₂ cells[J]. **Food Industry Science and Technology**, 2015, 36(1): 361-365. (in Chinese)
- [7] YOU Xin. Property of nature antioxidant-plants ferulic extracts and their bioactivities on human health[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31(7): 673-677. (in Chinese)
- [8] SUN Yuanlin, CUI Can, GU Xiaohong, et al. Qualitative analysis of phenolic acids and content determination of Fferulic acids from black-grained wheat bran[J]. **Chinese Journal of Grain and Oil**, 2014, 29(11): 113-117. (in Chinese)

- [9] ZHANG Zhiqing, XIANG Jianjun, ZHOU Liming. Synergistic Antioxidant Activity of ferulic acid, ascorbic acid (Vitamin C) and flavonoids in wheat seeding[J]. **Chinese Journal of Grain and Oil**, 2013, 28(7): 5-11. (in Chinese)
- [10] LAI Hongwu, HUANG Jun, PING Lijuan, et al. Optimization of extraction process of ferulic acid from corn husks using RSA[J]. **Grain and Feed Industry**, 2013, 3(2): 16-18. (in Chinese)
- [11] JUN M X, RONG W. Diffuse mesangial and endocapillary cell proliferative glomerulonephritis with persistent hypocomplementemia in a child[J]. **J Clin Exp Med**, 2015, 8(9): 16834-16837.
- [12] ZHANG Y, MA X J, SHI D Z. Antiplatelet effect of active components derived from Chinese herbal medicine[J]. **Chinese Journal of Integrative Medicine**, 2015, 10(8): 1-9.
- [13] ZHANG P X, LIN H, QU C, et al. Design, synthesis, and in vitro antiplatelet aggregation activities of ferulic acid derivatives[J]. **Journal of Chemistry**, 2015, 7(11): 55-62.
- [14] XU K, WANG P L, XU X, et al. An overview on structural modifications of ligustrazine and biological evaluation of its synthetic derivatives[J]. **Research on Chemical Intermediates**, 2015, 41(3): 1385-1411.
- [15] FANG J Y, ZHU L, YI T, et al. Fingerprint analysis of processed Rhizoma Chuanxiong by high-performance liquid chromatography coupled with diode array detection[J]. **Chinese Medicine**, 2015, 10(2): 13020-13022.
- [16] G. PhaniKumar, K.R. Anilakumar, S. Naveen. Phytochemicals having neuroprotective properties from dietary sources and medicinal herbs[J]. **Pharmacognosy Journal**, 2015, 7(1): 1-17.
- [17] WALTER C, JERNEJA V, PETRINA T K, et al. Therapeutic and prophylactic potential of morama (*Tylosema esculentum*): a review[J]. **Phytotherapy Research**, 2015, 29(10): 1423-1438.
- [18] 洪倩. 阿魏酸抗辐射活性及其作用机制研究[D]. 北京: 中国人民解放军军事医学科学院, 2012.
- [19] SHAO Shuai, GAO Yue, TIAN Mei, et al. In vitro effects of ferulic acid on human vascular endothelial cells injury induced by 10Gy 60Co γ -ray irradiation[J]. **Drug Toxicology**, 2015, 6(30): 258. (in Chinese)
- [20] YU Xuefeng, JIANG Xi, WANG Guokang, et al. Effect of ferulic acid on expression of microtubule-associated protein light chain 3, Beclin1, Bcl-2 and Bax in spinal cord injury rats[J]. **Journal of Pharmacology and Toxicology**, 2016, 30(1): 1-9. (in Chinese)
- [21] YAN J J, JUNG J S, KIM T K, et al. Protective effects of ferulic acid in amyloid precursor protein plus presenilin-1 transgenic mouse model of Alzheimer disease[J]. **Biol Pharm Bull**, 2013, 36(1): 140-143.
- [22] WU Jianliang, SHEN Minmin, YANG Shuixin, et al. Inhibitory effect of ferulic acid on neuroinflammation in LPS-activated microglia[J]. **Chinese Pharmacological Bulletin**, 2015, 31(1): 97-102. (in Chinese)
- [23] 白换力. 姜黄素和阿魏酸抑制抗病毒复制作用的研究[D]. 吉林长春: 吉林大学, 2014.
- [24] YANG Hao, Gao Qingjian, LU Cheng, et al. Effects of ferulic acid and isoferulic acid on proliferation of HepG2 cells and its cytochrome P450 enzymes[J]. **Chinese Herbal Medicine**, 2014, 45(12): 1728-1730. (in Chinese)
- [25] TOLOSA L, GOMEZ L M J, PEREZ C G, et al. HepG2 cells simultaneously expressing five P450 enzymes for the screening of hepatotoxicity: identification of bioactivable drugs and the potential mechanism of toxicity involved[J]. **Arch Toxicol**, 2013, 2(87): 1115-1127.
- [26] YUAN Zhuo, YANG Cui. Study on the effects of ferulic acid and chlorogenic acid on the vascular smooth muscle cell adhesion in vitro[J]. **Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine**, 2015, 42(6): 1288-1291. (in Chinese)
- [27] TAN Hongling, MA Zengchun, ZHAO Yonghong, et al. Effect of ferulic acid and its derivatives on survival rate of irradiated mice[J]. **Chinese Journal of medicine of the people's Liberation Army**, 2014, 30(6): 507-508. (in Chinese)
- [28] ZHANG Yanping, ZHOU Dongju, WANG Xinsheng. Inhibitory effect of active parts of ferulic acid from *Ligusticum wallichii* Franch on tyrosinase[J]. **China Hosp Pharm J**, 2010, 30(13): 1111-1113. (in Chinese)
- [29] 刘春杰. 阿魏酸钠抗炎分子机制及对奶牛子宫内膜炎疗效初步观察[D]. 吉林长春: 吉林大学, 2013.
- [30] KIM H J, RYU K, KANG J H, et al. Anticancer activity of ferulic acid-inorganic nanohybrids synthesized via two different hybridization routes, reconstruction and exfoliation-reassembly[J]. **The Scientific World Journal**, 2013.
- [31] LI Jiaming, ZHAO Yonghai, ZHON Guochen, et al. Synthesis of ferulic acid derivatives and their inhibitory effect on platelet aggregation[J]. **Acta Pharmaceutica Sinica**, 2011, 46(3): 305-310. (in Chinese)
- [32] WANG Jinzhi, HUANG Huayong, GUO Fuxiao, et al. Protective effect of ferulic acid analogs on hypoxia-reoxygenation injury of cardiomyocyte[J]. **Chinese Journal of Tropical Medicine**, 2011, 11(12): 1505-1508. (in Chinese)

- [33] SAREKHA W, RANGRONG Y, MITSURU A. Ferulic acid-coupled chitosan: Thermal stability and utilization as an antioxidant for biodegradable active packaging film[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2015, 115(22):744-751.
- [34] 肖明. 阿魏酸酯的合成及其抗氧化活性研究[D]. 陕西西安: 西北大学, 2013.
- [35] XIAO Naiyu, LU Manping, CHEN Shaojun, et al. Application of ferulic acid-collagen protein antibacterial membrane in fresh-keeping of meat[J]. **Food and Fermentation Industry**, 2014, 40(4):210-215. (in Chinese)
- [36] 董立峰. 脂肪酶催化合成阿魏酸油醇酯的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2012.
- [37] YUAN Q, JIANG Y W, FANG Q H. Improving effect of Sivelestat on lipopolysaccharide-induced lung injury in rats[J]. **APMIS**, 2014, 122(9):810-817.
- [38] SAIMA J, SABIHA K, MUHAMMAD H, et al. Anti-aging potential of phytoextract loaded-pharmaceutical creams for human skin cell longevity[J]. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2015, 7(8):1-17.
- [39] Abdel-Salam, Maha M, Hassan, et al. Effect of CaCl₂ sprays on anthocyanin, pectin and phenolic acids fractionation in berry skin of two red grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars during ripening[J]. **International Journal of Academic Research**, 2015, 7(1):159-168.
- [40] SUZANA M, FAIDRUZAZURA J, NA Rahim, et al. Comparable down-regulation of TYR, TYRP1 and TYRP2 genes and inhibition of melanogenesis by tyrostat, tocotrienol-rich fraction and tocopherol in human skin melanocytes improves skin pigmentation[J]. **La Clinica Terapeutica**, 2014, 165(1):39-45.
- [41] Di Domenico F, Perluigo M, Foppoli C, et al. Protective effect of ferulic acid ethyl ester against oxidative stress mediated by UVB irradiation in human epidermal melanocytes[J]. **Free Radical Research**, 2009, 43(4):365-375.
- [42] FANG Longmei, HOU Xiaomin, YANG Rong, et al. Vasodilatory effect of Ferulic acid on in-vitro rat coronary artery[J]. **Chinese Pharmacological Bulletin**, 2016, 32(4):554-558. (in Chinese)
- [43] NOOPUR K, PRAGATI K, GHANSHYAM Y. Recent advances in anti-aging-a review[J]. **Global Journal of Pharmacology**, 2015, 9(3):267-271.
- [44] LI D, JIANG J, HAN D D, et al. Measurement of antioxidant capacity by electron spin resonance spectroscopy based on copper (II) reduction[J]. **Anal Chem**, 2016, 88(7):3885-3890.
- [45] ZHOU Qinliao, WEI Jing, YANG Wantong, et al. Effects of sodium ferulate on neurological function and angiogenesis after reperfusion of focal cerebral ischemia in rats [J]. **Journal of Chinese Journal of Rehabilitation Medicine**, 2006, 21(3):200-203. (in Chinese)
- [46] 阴永辉. 黄芪甲苷和阿魏酸抑制 NF- κ B 信号途径干预糖尿病大鼠大血管病变的作用及机制[D]. 山东济南: 山东中医药大学, 2014.

会 议 消 息

第八届环境与生物科学国际会议(ICEBS 2018)

会议时间: 2018-10-10 至 2018-10-12

会议地点: 韩国首尔

主办单位: ICEBS

联系人: 蔺女士

电话: +86-28-86528465

Emai: licebs@cbees.org

官方网址: <http://www.icebs.org/>

会议亮点: 被接收的文章会被发表在 IJPMBs 上并被 Embase (Under Elsevier), ProQuest, Google Scholar, Chemical Abstracts Services (CAS), Indian Science, ICMJE, HINARI, and NYU 等知名数据库检索, 或者是发表在国际期刊 IJESD 上并被 WorldCat, Google Scholar, Cross ref, ProQuest, CABI 检索。来自韩国的顶级教授受邀参加会议并将为会议呈现学术前沿的大会报告和研究成果, 他是来自韩国仁川国立大学的 Chan Jin Park 教授。

投稿方式: <https://cmt3.research.microsoft.com/ICEBS2018>