

植物源活性物质对内皮细胞损伤的保护作用研究进展

梁 盈, 袁晓娟, 刘巧丽, 王 荣, 刘 颖, 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: 内皮细胞的损伤可引起多种血管性疾病。为了保护内皮细胞免受损伤, 对内皮细胞的功能进行改善, 可将植物源活性物质作用于内皮细胞。本文中概括了对内皮细胞损伤有保护作用的植物源活性物质的分类、来源及其主要保护作用, 列举了内皮细胞的常见损伤类型, 并比较了植物源活性物质对内皮细胞损伤保护的研究现状, 为将来对植物源活性物质的大力应用提供理论基础, 以期运用植物源活性物质来保护或抵抗内皮细胞损伤, 从而预防和治疗血管性疾病。

关键词: 植物源; 活性物质; 内皮细胞; 损伤模型; 保护

中图分类号: R 1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2018)02—0113—07

Research Progress of the Protective Effect of Plant Derived Active Substances on Endothelial Cell Injury

LIANG Ying, XI Xiaojuan, LIU Qiaoli, WANG Rong, LIU Ying, LIN Qinlu*

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

Abstract: The damages of endothelial cells may cause varieties of vascular diseases. In order to protect endothelial cells against damage and improve functions of endothelial cells, we can make use of botanical active substances to act on these cells. The paper summarizes the classifications, sources and functions of botanical active substances that have functions of protecting endothelial cells from damages. It also lists the common models of endothelial cell damage, and compares the situation of studies on the protection of botanical active substances to the endothelial cell damages. The paper tries to provide theoretical foundation for the large-scale using of botanical active substances in the future, expecting it to be a trend to use the botanical active substances on the damages of endothelial cells. It aims to prevent and treat vascular diseases.

Keywords: botanical, active substances, endothelial cells, damage model, protection

收稿日期: 2015-11-04

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, 理学博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事分子营养学方面研究。E-mail: liangying498@163.com

* 通信作者: 林亲录(1966—), 男, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事食品科学方面研究。E-mail: linql0403@126.com

引用本文: 梁盈, 袁晓娟, 刘巧丽, 等. 植物源活性物质对内皮细胞损伤的保护作用研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(02): 113-

119.

血管内皮细胞位于血液与血管壁之间,是保护血管的屏障。内皮细胞具有选择性屏障、细胞通透性、止血、纤溶、抗凝、血液传输和分泌血管活性物质的作用;还能调节血管运动张力、产生生长因子、纤维基质增生,并参与炎症反应,影响体液平衡、血管发生以及血管通透性^[1]。氧化应激、氧化型胆固醇、氧化型低密度脂蛋白、内皮细胞黏附分子、细胞因子等多种因素可使内皮细胞损伤^[2]。内皮细胞损伤会导致功能障碍,症状主要为促凝和抗凝物质、舒张和收缩因子或生长抑制和生长促进物质的生成释放不平衡,引起生理系统各种变化,如血小板和白细胞的黏附,进一步导致血管性疾病的发生。血管平滑肌细胞损伤极易导致多种血管性疾病,但内皮细胞可能是影响血液病理生理变化的最关键细胞,多种因素的综合作用会导致内皮功能障碍,因此,内皮功能损伤是导致多种血管性疾病的关键因素^[2]。本文作者主要总结概括了植物源活性物质在内皮细胞的损伤保护方面的研究进展。

1 植物源活性物质的分类、来源及作用

植物源活性物质是指存在于植物性食物中的生物活性物质(bioactive compounds),对生命现象有影响的微量或少量物质,又称植物性保护物质(phytoprotectants),或植物化学物(photochemical),目前研究的比较清楚的有下列几类:

1.1 氨基酸、肽与蛋白质

氨基酸、肽与蛋白质为含有氨基和羧基的一类化合物的总称,包括大米活性肽、谷胱甘肽及免疫球蛋白等。

研究发现,大米活性肽具有抗氧化、降血压、免疫和抗癌等作用^[3]。梁盈等^[4]通过观察和分析大米活性肽处理前后氧化损伤的血管内皮细胞的生长能力及细胞形态的变化,发现大米活性肽对过氧化氢损伤的血管内皮细胞有一定的保护作用。Yoshiyukis等^[5]从酒糟中经蛋白酶处理,分离得到了血管紧张素转换酶(ACE),作用于患有原发性高血压的老鼠,30 h后仍有降压效果。

谷胱甘肽(GSH)广泛存在于植物胚芽中。目前研究已证实,GSH在DNA和蛋白质的合成、物质的运输、酶的活性、新陈代谢及保护细胞等中起了直接或间接的作用。GSH作为许多酶反应的辅基,可清除体内过多的自由基,具有良好的抗氧化功能;

它也参与体内三羧酸循环及糖代谢,并具有解毒,预防糖尿病和癌症以及消除疲劳等作用。

1.2 功能性油脂类

功能性油脂类包括多不饱和脂肪酸、磷脂及其他复合脂质类。

目前已有研究表明,多不饱和脂肪酸中的 ω -6多不饱和脂肪酸(ω -6 polyunsaturated fatty acids, ω -6 PUFAs)与人体心血管疾病的控制、免疫调节、细胞生长以及抗癌作用等息息相关。花生四烯酸(AA)具有调节血脂和血糖,预防心血管疾病的生理作用。动物试验表明,AA能有效地降低高血糖、高血脂和高胆固醇,同时还可以降低血中丙二醛的含量,升高肝组织中超氧化歧化酶活性,并促进生物体内脂肪代谢。从降低血胆固醇的效果,AA比亚油酸和亚麻酸强4倍,其降血脂和降血压的作用比亚油酸和亚麻酸强^[6]。

磷脂(Phospholipid)在植物界中主要存在于种子、坚果及谷物中。研究发现,大豆卵磷脂具有提高大脑活力、增强记忆力、预防脂肪肝以及抗疲劳的生理功效。秦晓健等^[7]用不同剂量大豆卵磷脂作用于小鼠,对其强迫游泳时间、耐缺氧能力、血清尿素氮、血乳酸、肝糖原含量进行了试验。结果表明,大豆卵磷脂能延长小鼠游泳时间,降低血乳酸含量,提高肝糖原含量。说明大豆卵磷脂具有抗疲劳作用。

1.3 活性多糖

活性多糖包括膳食纤维、香菇多糖、灵芝多糖、枸杞多糖、黑木耳多糖、海带多糖、松花粉多糖等活性成分。

膳食纤维具有非常广泛的药理作用,能降血糖并保护胃肠道。Panahi等^[8]发现口服燕麦膳食纤维可显著降低餐后血糖浓度。马正伟等^[9]实验发现,大豆膳食纤维有降低体内血液中胆固醇含量,预防动脉硬化、冠心病和降血糖的作用。同时还能改善大肠功能,促进胃肠正常蠕动,从而预防便秘与结肠癌,有减肥瘦身作用。

香菇多糖(LEP)具有抗病毒、抗辐射、抗肿瘤、增强人体免疫力等多种功能^[10]。柳迎华等^[11]研究表明LEP具有一定的抗慢性辐射作用,能有效地保护小鼠脏器受辐射损伤。王玉红^[12]研究表明,香菇多糖在体内、外均能间接发挥抗白血病作用。香菇多糖还可提高恶性肿瘤患者的免疫功能,改善调节性T细胞的水平。

菊糖广泛存在于桔梗植物中,具有良好的抗氧化、降血糖、降血脂作用。刘德萍等^[13]通过测定菊糖抗氧化能力以及还原能力,建立人克隆结肠腺癌细胞(Caco-2)细胞模型探讨其抗氧化机理,结果表明菊糖具有良好的抗氧化能力,对 H_2O_2 诱导的Caco-2细胞损伤有显著的保护作用。

1.4 其他植源性活性物质

研究发现,藻类中的褪黑素(MT)有抗氧化、调节生物钟功能、抗肿瘤和免疫调节的生理功效^[14]。Pieri C等^[15]通过实验发现MT主要通过提供电子来清除ROS,失去电子后MT本身变成了毒性很低的吡啶阳离子,进一步增强了MT对ROS的清除能力。Negrette B等^[16]给供试小鼠皮下注射MT后,用灭活的病毒免疫小鼠,发现MT注射组的IgM抗体滴度和IL-14水平显著升高,证明MT有提高小鼠免疫力的作用。同时,MT可以促进IL-2的合成及提高T淋巴细胞的活性。

人参皂苷Rb1是一种固醇类化合物。研究表明,人参皂苷在促进智力发育、改善血管内皮细胞功能、保护细胞损伤和抑制细胞凋亡中起了很重要的作用。Lee等^[17]以脑多胺水平为指标,研究了人参皂苷Rb1对沙鼠的抗应激作用,实验结果显示,Rb1在束缚应激3 min后腐胺水平明显降低,说明Rb1在脑束缚应激过程中具有神经保护作用。

姜科、天南星科中的植物的根茎中提取的姜黄素是种天然色素,具有抗氧化、降血脂、抗癌抗肿瘤的功效。吴亚丽等^[18]探讨了姜黄素对大肠癌(LoVo)细胞凋亡以及相关蛋白表达的影响,用不同浓度的姜黄素溶液体外培养大肠癌细胞,实验发现姜黄素能显著抑制LoVo细胞生长增殖并能加速其凋亡,具有良好的抗肿瘤抗癌作用。

实验结果表明,叶绿素具有抗诱变、抗肿瘤和抗氧化的生理功效^[19]。叶绿素及其衍生物卟啉环结构易与具有多环结构的复合物以非共价键结合,形成一种无活性复合物失去它的攻击性,从而减轻致癌效应^[20]。Blum CA等^[21]发现叶绿素还可以和DNA、mRNA及蛋白质结合,调节细胞中与分化、增殖和凋亡相关蛋白的表达;降低细胞膜对一些致癌物质的转运能力^[22],从而具有抗诱变、抗肿瘤作用。

2 植物源活性物质对内皮细胞损伤的保护作用

2.1 植物源活性物质对高糖造成的VEC损伤的保护

植物源活性物质对高糖造成的血管内皮细胞(vascular endothelial cell, VEC)损伤有一定的保护作用。研究证明,高糖是导致血管内皮功能障碍的主要因素之一。何胜虎通过研究发现丹参多酚酸盐对体外高糖诱导的内皮细胞损伤具有保护作用,其作用机制可能通过保护细胞线粒体、清除活性氧、提高内皮细胞抗氧化酶体系的活力和抑制内皮素1的分泌而实现^[23]。彭军通过实验发现高浓度葡萄糖能使血管内皮细胞血管内皮生长因子(VEGF)、mRNA和蛋白表达下调,可损伤血管内皮细胞,当归和葡萄糖同时作用能抑制其下调,他推测当归对高浓度葡萄糖下的血管内皮细胞保护作用可能是当归治疗糖尿病并发组织缺血性疾病的机制之一^[24]。李桂林通过大量实验得出高糖可明显影响血管内皮细胞和颈上交感神经节mRNA和蛋白表达。甲基莲心碱可以下调糖尿病内皮细胞、II型糖尿病模型大鼠颈上神经和心肌中CCL5和CCR5的表达,上调糖尿病大鼠颈上神经和心肌组织DDAH1和UCHL1表达,从而增加NO的生成,减少ROS的产生,对糖尿病及其血管内皮细胞和交感神经损伤产生防治作用^[25]。此外,红芪总黄酮、黄芪注射液等植物源活性物质对高糖环境造成的VEC损伤也有独特的保护作用。

2.2 植物源活性物质对过氧化氢造成的VEC损伤保护

植物源活性物质对过氧化氢对VEC造成的损伤有保护作用。氧化应激被认为是导致内皮细胞损伤的主要病理因素^[26]。活性氧自由基是内皮细胞损伤的主要原因之一, H_2O_2 是机体产生的活性氧,在过氧化氢条件下能分解成氧自由基,通过对生物膜中多不饱和脂肪酸的过氧化引起细胞损伤,最终形成动脉粥样硬化斑块。

方婧杰^[27]测定了大米活性肽对自由基的体外清除能力,通过采用作为外源性自由基生成系统,建立体外培养的人脐静脉血管内皮细胞(HUVECs)氧化损伤模型,观察比较和分析大米活性肽处理前后血管内皮细胞氧化损伤程度,结果表明,大米活性肽对血管内皮细胞受过氧化氢氧化损伤有一定的

保护作用,同时,大米活性肽可抑制 HUVEC 凋亡。高蒙蒙^[28]实验发现红车轴草总黄酮对 H_2O_2 诱导的内皮细胞损伤有明显的保护作用, H_2O_2 可诱发 ECV-304 细胞产生凋亡,而红车轴草总黄酮预处理可抑制细胞凋亡,这能与抗自由基,减轻脂质过氧化、降低 Caspase-3 活性及稳定性线粒体膜电位有关。潘少霞^[29]发现三七总皂苷能明显改善内皮细胞活力,改善内皮细胞分泌功能,改善细胞氧自由基清除功能,减轻血管内皮细胞缺氧再给氧损伤。此外,黑米花色苷、麦冬不同提取部位、山葡萄多酚、总丹酚酸等对过氧化氢对 VEC 造成的损伤均有一定的保护作用。

2.3 植物源活性物质对低密度脂蛋白、氧化型低密度脂蛋白造成的 VEC 损伤保护

植物源活性物质对低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL), 氧化型低密度脂蛋白 (Oxidized low-density lipoprotein, Ox-LDL) 对 VEC 造成的损伤起保护作用。LDL 是血液中胆固醇重要的载体,而氧化修饰的 Ox-LDL 能引起内皮细胞内环境发生紊乱,致使 VEC 损伤,使其脂质过氧化,诱导细胞产生凋亡。田蔚^[30]通过建立 Ox-LDL 诱导人脐静脉血管内皮细胞氧化损伤模型,采用 MTT 比色法研究 5 种霉菌的米渣发酵产物对存活率的影响,并探讨了抗氧化活性与发酵产物的水解度、酚类物质含量、总酸含量的相关性。实验结果表明,大米活性肽对氧化型低密度脂蛋白引起的血管内皮细胞氧化损伤有保护作用,能够抑制内皮细胞凋亡。车文文^[31]实验得出车前子多糖(PSP)可通过稳定细胞膜的结构,使细胞免受自由基的损害,减少脂质过氧化产物丙二醛(MDA)的生成,提高细胞内 SOD 的活力;PSP 能增强细胞的增殖活性,对 Ox-LDL 损伤内皮具有一定的保护作用。翟小菊^[32]经试验研究证实芍药苷可以减少内皮细胞内氧化产物的生成,拮抗内皮细胞 MDA 的产生,并抑制黏附分子的生成,减轻内皮细胞的损伤,增加内皮细胞 NO 的合成,从而减缓动脉粥样硬化的进程。另外,陈皮-半夏、大豆异黄酮、红花水提物、西红花苷等对 LDL, Ox-LDL 对内皮细胞损伤均有具体保护作用。

2.4 植物源活性物质对其他因素造成的 VEC 损伤保护

大量动物实验研究表明,甲醛可致 VEC 及多组织器官氧化损伤^[33]。李梓民等经研究发现茶多酚可

提高 VEC 抗氧化酶活性,抑制 NF- κ B 表达,减少 NO 产生,减轻脂质过氧化作用进而拮抗甲醛对 VEC 氧化损伤,从而保护 VEC^[34]。高半胱氨酸(Hcy)是一种含硫基氨基酸,为体内管内 VEC 损伤的危险因素。有研究证实,大蒜素可明显降低大鼠血清 Hcy 水平。郝媛媛在此基础上发现大蒜素可增强细胞的抗氧化能力,对 VEC 的保护作用在一定浓度内有效,小(大蒜素 10 μ g/mL+Hcy 5 mmol/L 培养液)、中(大蒜素 20 μ g/mL+Hcy 5 mmol/L 培养液)剂量可明显降低 Hcy 对 VEC 的损伤,有效防止高半胱氨酸血症^[35]。大剂量肾上腺素(Adr)可导致血管强烈收缩,引起血压升高和血液剪切应力的改变,对血管壁产生机械损伤。鲁波等通过血管内膜形态学观察和血浆培养液血管性血友病因子(von Willebrand factor, vWF)水平检测,发现海带多糖具有保护 VEC 的作用,进而维护了 VEC 止血与抗血栓功能平衡,从而能够抑制血栓形成^[36]。

3 植物源活性物质对内皮细胞损伤保护的作用机理

植物源活性物质对内皮细胞损伤有明显的保护作用,其作用机理在大量的实验研究中可以体现。Ding Y 等^[37]通过抗氧化机制研究鞣花酸(EA)对血管内皮功能障碍和动脉粥样硬化的影响,发现鞣花酸能显著改善内皮依赖性血管舒张和衰减 HOCl 诱导的血管内皮功能障碍。Zhou P^[38]通过建立乳鼠的鼠脑微血管内皮细胞细胞收集和 VIII 因子损伤模型,丹红注射液(50、100 mL/L)能显著对抗缺氧诱导的损伤,提高细胞内 SOD 活性,降低 MDA 水平。结果表明,丹红注射液在保护缺氧损伤的鼠脑微血管内皮细胞起着重要的作用,其机制可能与细胞抗氧化能力的增强、炎症反应的抑制及细胞凋亡有关。Li M^[39]研究了茶多酚对血管紧张素 II (Ang II) 的影响,探讨茶多酚对人血管内皮细胞的保护作用。结果发现,茶多酚对血管紧张素 II 诱导的内皮素分泌有抑制作用,改善了血管紧张素 II 诱导细胞内钙离子浓度和线粒体膜电位的变化。这项研究表明,茶多酚可有效调节内皮素、细胞内钙离子浓度与血管内皮细胞线粒体膜电位,来保护血管内皮细胞免受损伤。植物源活性物质对各种内皮细胞损伤的保护机制见表 1,综上所述,植物源活性物质保护血管内皮细胞损伤的机理,在于它们能影响血管紧张

素、细胞内离子浓度和血管内皮表面的酶的含量水平,同时抑制细胞凋亡,从而改善血管内皮的功能,减少血管内皮功能障碍。

表 1 植物源活性物质对内皮细胞不同损伤的保护机制

Table 1 Protective mechanism of botanical activesubstances on different injury of endothelial cells

损伤类型	保护物种类	保护物来源	保护机制
高糖环境	丹参多酚酸盐	唇形科植物丹参	保护细胞线粒体、清除活性氧、提高内皮细胞抗氧化酶体系的活力和抑制内皮素 1 和炎症因子蛋白受体的分泌
高糖环境	当归	当归	降血糖,治疗糖尿病以及并发组织缺血性疾病
高糖环境	甲基莲心碱	睡莲科植物成熟中的绿色胚芽	下调糖尿病内皮细胞、2 型糖尿病模型大鼠颈上神经和心肌中 CCL5 和 CCR5 的表达,增加 NO 的生成
H ₂ O ₂	大米活性肽	大米	抑制细胞凋亡,抗氧化
H ₂ O ₂	红车轴草总黄酮	红车轴草	抗自由基,减轻脂质过氧化、降低 Caspase-3 活性及稳定性线粒体膜电位
H ₂ O ₂	三七总皂苷	三七	提高内皮细胞活力,改善细胞氧自由基清除功能
氧化型低密度脂蛋白	大米活性肽	大米米渣发酵产物	抑制细胞凋亡,抗氧化
氧化型低密度脂蛋白	车前子多糖	植物车前的干燥成熟种子	稳定细胞膜结构,增强细胞增殖能力
氧化型低密度脂蛋白	芍药苷	毛茛科植物芍药根、牡丹根、紫牡丹根	减少内皮细胞内氧化产物的生成,并抑制黏附分子的生成,增加内皮细胞 NO 的合成

4 内皮细胞的国内外研究

血管内皮细胞是位于血管内壁表面的单层细胞,与血液直接接触。VEC 可产生和分泌许多血管活性物质,对各种刺激做出反应,调节血管舒张和收缩,参与维持机体组织稳态,在血细胞激活和迁移等生理病理过程中发挥着重要作用^[40]。VEC 能够参与血管的形成,调节血管内外大分子和炎症细胞的交换,VEC 可以分泌许多与造血有关的细胞因子,极大地促进了造血干细胞、祖细胞和造血调控机制的研究^[41],当 VEC 受到损伤后,其功能失衡可导致动脉粥样硬化、高血压等心脑血管病发生,

然而当前已知的植物源活性物质并不多,而且现在有关植物源活性物质保护内皮细胞损伤的研究的作用机理大部分都只停留在表观现象,比如细胞形态、细胞生存活力等,而较少研究其中深层现

象,例如 DNA、RNA 以及信号通路等。因此,广泛从植物中提取生物活性物质进行实验研究具有良好的应用前景,也将对血管炎疾病的防治提供参考价值。

5 展 望

目前,通过植物源活性物质对内皮细胞损伤进行保护有良好的发展趋势,对内皮细胞具有损伤保护作用的植物源活性物质并不多,其中有些植物生物活性物质的作用机理尚不清楚,对损伤的内皮细胞具有保护作用的未知植物生物活性物质有很大的研究潜力,因此,关于内皮细胞损伤保护方面,从植物中提取生物活性物质进行试验研究具有良好前景。相信在不久的将来与植物源活性物质相关的研究会越来越全面,使其运用于医学生物学成为必然趋势,在医疗救助方面发挥关键的生理作用。

参考文献:

- [1] QIU Yahui. Functions and injury repair of vascular endothelial cells in atherosclerosis[J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2007, 11(10): 1927. (in Chinese)
- [2] DU Guanhua. Study on the mechanism of vascular endothelial cell injury and the protective drug[J]. *Basic Medical Sciences and Clinics*, 2004, 24(3): 258. (in Chinese)
- [3] FANG Jingjie, LIANG Ying, LIN qinlu, et al. Study on functional effect of rice active peptide and its application prospect[J]. *Food And Fermentation Industry*, 2012, 38(9): 119-120. (in Chinese)
- [4] LIANG Ying, LU Qian, FANG Jingjie, et al. The antioxidant effect and influence on HUVEC cell proliferation of rice bioactive

- peptide[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils**, 2014, 29(7): 1-6. (in Chinese)
- [5] YOSHIYUKI S, KEIKO W. Structure and activity of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from sake and sake lees [J]. **Biosci Biotech Biochem**, 1994, 58(10): 1767-1771.
- [6] SHI Dongkui, HU Chungan. Primary role and extraction of arachidonic acid[J]. **China Journal of Chinese Materia Medica**, 2007, 32(11): 1009-1011. (in Chinese)
- [7] QIN Xiaojian, MA Tingjun, JIA Changxi. Anti-fatigue effect of soybean lecithin[J]. **Chinese Agricultural Science Bulletin**, 2010, 26(12): 48-50. (in Chinese)
- [8] PANAHI S, EZATAGHA A, TEMELLI F, et al. Beta-glucan from two sources of oat concentrates affect postprandial glycemia in relation to the level of viscosity[J]. **J Am Coll Nutr**, 2007, 26(6): 639-644.
- [9] MA Zhengwei, ZHANG Xizhong. Long-term effect of dietary fiber complex on cholesterol metabolism in terolemic rats[J]. **Chinese Journal of Arteriosclerosis**, 2002, 10(5): 400-404. (in Chinese)
- [10] WANG Guojia, CAO Hong. Research progress of lentinan polysaccharides[J]. **Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army**, 2011, 27(5): 451-455. (in Chinese)
- [11] LIU Yinghua, LI Mingchun. Inhibitory effect of lentinan on visceral organs in subchronic radiation-injured mice[J]. **Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army**, 2012, 28(3): 200-204. (in Chinese)
- [12] WANG Y H. The maturation and function study of Lentinan dendritic cells of acute myeloid leukemia patients in vitro and in vivo[D]. Gansu: Lanzhou University, 2010.
- [13] LIU Deping, WU Ping. Studies on the antioxidant activity of inulin and its mechanism[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2015, 34(9): 1002-1007. (in Chinese)
- [14] CHEN Huiliang, GU Youfang, QU Xueqi. Research progress of melatonin functional food[J]. **Cereals and Oils Food Science and Technology**, 2007, 15(4): 40-42. (in Chinese)
- [15] PIERI C, MARRA M, MORONI F, et al. Melatonin: a peroxyl radical scavenger more effective than vitamin E[J]. **Life Sci**, 1994, 55(15): 271-276.
- [16] NEGRETTE B, BONILLA E, VALERO N, et al. Melatonin treatment enhances the efficiency of mice immunization with Venezuelan Equine Encephalomyelitis Virus TC-83[J]. **Neurochem Res**, 2001, 26(7): 767-770.
- [17] SANG H L, BYUNG H J, SUN Y K, et al. The antistress effect of ginseng total saponin and ginsenoside Rg3 and Rb1 evaluated by brain polyamine level under immobilization stress[J]. **Pharmacol Res**, 2006, 54(1): 46-49.
- [18] WU Yali, LV Fang, GUO Lida. Effects of curcumin on Caspase-3 and PARP expression of colorectal carcinoma cells[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2015, 34(7): 751-755. (in Chinese)
- [19] LIU Xinping, WANG Xinming, ZHOU Kaiwen, et al. Application of chlorophyll in cancer prevention and treatment [J]. **Chinese Journal of Clinical Oncology and Rehabilitation**, 2007, 14(3): 269-271. (in Chinese)
- [20] SMITH W A, FREEMAN J W, GUPTA R C. Effect of chemopreventive agents on DNA adduction induced by the potent mammary carcinogen dibenzo[a,h]pyrene in the human breast cells MCF-7[J]. **Mutat Res**, 2001, (480-481): 97-108.
- [21] CARTER O, BAILEY G S, DASHWOOD R H. The dietary phytochemical chlorophyll *l* alters E-cadherin and beta-catenin expression in human colon cancer cells[J]. **J Nutr**, 2004, 134(12 Suppl): 3441-3444.
- [22] MATA J E, YU Z, GRAY J E, et al. Effects of chlorophyllin on transport of dibenzo(a,h)pyrene, 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine, and aflatoxin B₁ across Caco-2 cell monolayers [J]. **Toxicology**, 2004, 196(1-2): 117-125.
- [23] HE Shenghu, YAN Jianfeng, YUAN Bin, et al. Protective effect of salvianolate on human umbilical vein endothelial cells induced by high glucose[J]. **Chinese Journal of Arteriosclerosis**, 2008, 16(12): 948-952. (in Chinese)
- [24] PENG Jun, ZHANG Jianjun. Protective effect of angelica injection on vascular endothelial cell injury induced by glucose[J]. **Chinese Journal of Rehabilitation**, 2006, 21(5): 299-301. (in Chinese)
- [25] 李桂林. 甲基莲心碱对糖尿病血管内皮细胞和交感神经节损伤的作用及机理研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2011, 21-25.
- [26] GRIENDLING K K, FITZ G G A. 2003a. Oxidative stress and cardiovascular injury. Part II [J]. **Animal and Human Studies Cric**, 108, 2034-2040.
- [27] 方婧杰. 大米活性肽抗氧化机理的研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013: 33-41.

- [28] GAO Mengmeng, SUN Guibo, SI Jianyong, et al. Protective effect of total flavonoids from urocephala on H_2O_2 -induced vascular endothelial cell injury[J]. **Chinese Pharmacological Bulletin**, 2013, 29(2):201-207. (in Chinese)
- [29] PAN Shaoxia. Protective effect of panax notoginseng saponins on hypoxia and reoxygenation vascular endothelial cells injury[J]. **China Medical Engineering**, 2012, 20(7):98. (in Chinese)
- [30] 田蔚. 米渣霉菌发酵产物分离鉴定及抗氧化活性研究[D]. 长沙:湖南农业大学, 2012:17-24.
- [31] 车雯雯. 车前子多糖对氧化性低密度脂蛋白制人脐静脉内皮细胞损伤的保护作用[D]. 石家庄:河北医科大学, 2009:3-5.
- [32] 翟小菊. 芍药苷对 ox-LDL 致内皮细胞损伤的干预作用[D]. 开封:河南大学, 2012:21-24.
- [33] LIN Z, LUO W, LI H, et al. The effect of endogenous formaldehyde on the rat aorta endothelial cell[J]. **Toxicol Lett**, 2005; 159(2):134-143.
- [34] LI Zimin, ZHOU Yunfei, ZHOU Xuemin, et al. Protective effects of tea polyphenols on human umbilical vein endothelial cells injured by formaldehyde[J]. **Chinese Journal of Public Health**, 2011, 27(2):410-411. (in Chinese)
- [35] WANG Shuli, LIU Deshan, GUO Ruichen, et al. Effect of allicin on serum homocysteine in rats[J]. **Journal of Shandong University (Health Sciences)**, 2005, 44(4):389-391. (in Chinese)
- [36] LU Bo, LIU Aiqun, LI Jing, et al. Protective effects of laminarin on endothelial cell injury in rats[J]. **Chinese Journal of Gerontology**, 2006, 26(9):1252-1254. (in Chinese)
- [37] DING Y, ZHANG B, ZHOU K, et al. Dietary ellagic acid improves oxidant-induced endothelial dysfunction and atherosclerosis: role of Nrf2 activation[J]. **Int J Cardiol**, 2014 Aug; 175(3):508-514.
- [38] ZHOU P, HE Y, YANG J H, et al. Protective mechanism of Danhong injection on brain microvascular endothelial cells injured by hypoxic[J]. **Zhongguo Zhong Yao Za Zhi**, 2014 Dec; 39(24):4844-4848.
- [39] LI M, MA G, HAN L, et al. Regulating effect of tea polyphenols on endothelin, intracellular calcium concentration, and mitochondrial membrane potential in vascular endothelial cells injured by Angiotensin II[J]. **Ann Vasc Surg**, 2014, 28(4):1016-1022.
- [40] HIRSCH A T. Vascular disease, hypertension, and prevention: "from endothelium to clinical events"[J]. **JACC**, 2003, 42(2):377-379.
- [41] KASPRZAK J D, KLOSINSKA M, DROZDZ J. Clinical aspects of assessment of endothelial function[J]. **Pharmacol Rep**, 2006, 58:33-40.

会 议 消 息

会议名称(中文):第十五次全国膜生物学学术研讨会

会议名称(英文):The 15th National Symposium of Membrane Biology (ISMB2018)

所属学科:生物物理学、生物化学及分子生物学、细胞生物学

开始日期:2018-03-29

结束日期:2018-04-01

所在城市:安徽省 黄山市

主办单位:中国生物物理学会

摘要截稿日期:2018-03-04

联系电话:+86-10-6488-7226

传真:+86-10-6488-9892

E-MAIL:mali@ibp.ac.cn, findwayfrom@163.com

会议网站: <http://ismb2018.csp.escience.cn/dct/page/1>