



黄酮类化合物生物学活性研究进展

文开新, 王成章, 严学兵, 吴鹏举, 李振田

(河南农业大学牧医工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 黄酮类化合物具有多种生物学功能, 如清除自由基和抗氧化作用、抑菌、抗病毒、抗癌和抗肿瘤, 防治心血管疾病、肝病均有一定的疗效, 对细胞凋亡产生抑制(或促进)作用, 对畜禽生产也有良好的促进功能。本研究简述了黄酮类化合物的主要生物学活性, 对于充分研究开发黄酮类化合物的药用生物学活性价值及促进畜牧业的健康发展具有重要的现实意义。

关键词: 黄酮类化合物; 医学价值; 生物活性

中图分类号: S816.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2010)06-0115-08

*1 黄酮类化合物广泛存在于自然界的植物中, 属植物次生代谢产物。黄酮类化合物是以黄酮(2-苯基色原酮)为母核而衍生的一类黄色色素, 其中包括黄酮的同分异构体及其氢化和还原产物, 也即以 C6-C3-C6 为基本碳架的一系列化合物^[1]。黄酮类化合物在植物界分布很广, 在植物体内大部分与糖结合成苷类或碳糖基的形式存在, 也有的以游离形式存在。研究表明^[2], 黄酮的基本骨架是由 3 个丙二酰辅酶 A 和 1 个桂皮酰辅酶 A 生物合成而产生的。天然黄酮类化合物母核上常含有羟基、甲氧基、羟氧基、异戊烯氧基等取代基。由于这些助色团的存在, 使该类化合物多显黄色。又由于分子中 γ -吡酮环上的氧原子能与强酸成盐而表现为弱碱性, 因此曾称为黄碱素类化合物。根据三碳键(C3)结构的氧化程度和 B 环的连接位置等特点, 黄酮类化合物可分为下列几类: 黄酮和黄酮醇、黄烷酮(又称二氢黄酮)和黄烷酮醇(又称二氢黄酮醇)、异黄酮和异黄烷酮(又称二氢异黄酮)、查耳酮和二氢查耳酮、橙酮(又称澳味)、黄烷和黄烷醇及黄烷二醇(3, 4)(又称白花色苷元)、花(色)[又称 2-苯基苯并吡(喃)]^[3]。

黄酮类化合物中有药用价值的化合物很多, 这些化合物用于防治心脑血管疾病, 如能降低血管的脆性, 改善血管的通透性、降低血脂和胆固醇, 防治老年高血压、脑溢血、冠心病、心绞痛、扩张冠状血管, 增加冠脉流量。许多黄酮类成分具

有止咳、祛痰、平喘及抗菌的活性, 同时具有护肝、解肝毒、抗真菌、治疗急、慢性肝炎、肝硬化及抗自由基和抗氧化作用。除此之外, 黄酮类化合物还具有与植物雌激素相同的作用。在畜牧业动物生产上, 黄酮类化合物的应用能显著提高动物生产性能, 提高动物机体抗病力, 改善动物机体免疫功能。本研究介绍了黄酮类化合物的主要生物学活性及简要介绍了黄酮类化合物在畜禽生产方面应用的研究。

1 黄酮类化合物的抗自由基和抗氧化作用

1.1 自由基的危害 自由基, 化学上也称为“游离基”, 是含有一个不成对电子的原子团。体内活性氧自由基具免疫和信号传导功能, 但过多的活性氧自由基产生会导致产生一系列不良反应, 导致人体和动物机体正常细胞和组织的损坏, Chung 等^[4]认为, 自由基对人体的危害主要是对组成细胞脂蛋白和原生质膜的多不饱和脂肪酸(PUFA)的氧化, 导致膜流动性丧失、受体错位、细胞溶解、含硫酶及一些蛋白质的失活、交联或变性等, 进而破坏细胞 DNA, 从而引起诸如心脏病、老年痴呆症、帕金森病和肿瘤等。此外, 外界环境

收稿日期: 2009-07-11
基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金; 河南省农业成果转化项目(082201110001)
作者简介: 文开新(1981-), 男, 河南西平人, 在读硕士生, 研究方向为动物营养与饲料。
E-mail: kangheqingxing@163.com
通信作者: 王成章 E-mail: wangchengzhang@263.net

中的阳光辐射、空气污染、吸烟、农药等都会使人体产生更多活性氧自由基,使核酸突变,这是人类和动物衰老和患病的根源^[5]。

1.2 黄酮类化合物的抗自由基及抗氧化活性

大量研究表明,黄酮类化合物有提高动物机体抗氧化及清除自由基的能力。黄酮类化合物因酚羟基上的氢原子可与过氧自由基结合生成黄酮自由基,进而与其他自由基反应,从而终止自由基链式反应^[6-7]。超氧化物歧化酶(Superoxide Dismutase, SOD)是机体重要的抗氧化系统成员,它能清除超氧阴离子、自由基保护细胞免受损伤,而谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathion Peroxidase, GSH-Px)可以起到保护细胞膜结构和功能完整的作用^[8]。丙二醛(Malondialdehyde, MDA)是氧化应激反应中脂质过氧化的产物,其下降反映脂质过氧化的减少^[9]。黄酮类化合物能很好地提高SOD和GSH-Px的生物学活性,明显降低MDA水平^[10],并呈剂量-效应关系^[11],从而显著提高动物机体的抗氧化能力^[12-16]。大豆黄酮和染料木素能显著($P < 0.05$)提高GSH-Px活性,在一定浓度范围内能促进奶牛乳腺上皮细胞抗氧化水平^[17-18]。通过研究山楂叶总黄酮(FHB)对胰岛素抵抗大鼠高血脂、氧化损伤及脂肪肝的防治作用发现,FHB组和模型组比较,可以显著提高总抗氧化能力和肝脏组织中SOD活性,降低MDA含量。

对体外黄酮类化合物清除2,2-二苯基-1-苦味酰基自由基(DPPH)体系、羟基自由基体系、烷基自由基引发的亚油酸氧化体系、超氧阴离子自由基体系、过氧化氢反应体系及抗氧化活性进行研究,发现黄酮类化合物在试验浓度范围内对上述自由基体系及氧化体系的清除率为90%左右^[19-21],维生素C(V_C)和维生素E(V_E)等对黄酮具有明显的协同抗氧化作用^[22-23]。多甲氧基黄酮单体对亚油酸及脂质体的氧化性有一定的抗性,对氢氧根离子(OH^-)有清除作用^[24]。无梗五加果树脂纯化后的总黄酮具有抗油脂氧化、清除羟自由基和超氧自由基的能力,随总黄酮浓度的增加,其抗油脂氧化、清除自由基的能力随之增强^[25]。

2 黄酮类化合物对心血管系统的作用

黄酮类化合物在防治心血管疾病,如防止动脉硬化、降低血脂和胆固醇、降低血糖、舒张血管和改善血管通透性及减少冠心病发病率等方面均具有良好的效果。动脉粥样硬化主要是动脉弹性减低、管腔变窄的病变,是由于脂类代谢异常而引起的^[26]。对苯肾上腺素(Phenylephrine, PE)可以激活受体操作性钙通道,导致细胞外钙内流而引起动脉环收缩^[27],而黄酮能够阻止钙离子内流,使血管舒张,具有非内皮依赖性作用。脂蛋白包括低密度脂蛋白和高密度脂蛋白等,而低密度脂蛋白、载脂蛋白是致动脉粥样硬化的危险因子^[28]。黄酮能降低总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)、载脂蛋白的含量,全面改善血脂^[29-31],防止动脉壁上沉积脂类,从而防止动脉粥样硬化。金柑黄酮能明显降低糖尿病小鼠的血糖^[32]。大豆黄酮有降血脂和降低胆固醇的作用,用大豆黄酮来饲养动物[家兔、大鼠、仓鼠(*Crictulus iriton*)、猪、狒狒、豚鼠]均能观察到血浆胆固醇的降低^[33]。番石榴叶总黄酮能降低链脲佐菌素性高血糖小鼠血糖水平^[34]。染料木素为豆豉中的大豆异黄酮的主要成分,可以明显地降低小鼠的高血糖^[35]。何煜舟和丁美萍^[36]探讨了大豆异黄酮对氧化损伤的血管内皮细胞的保护作用,结果表明大豆异黄酮可保护和修复 H_2O_2 诱导的血管内皮细胞的损伤。

3 黄酮类化合物抑菌作用

大量研究表明,几乎所有类黄酮对很多微生物(包括革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌和真菌),都具有程度不等的抑菌活性。

类黄酮是一种多酚类物质,可通过破坏细胞壁及细胞膜的完整性,导致微生物细胞释放胞内成分而引起膜的电子传递、营养吸收、核苷酸合成及ATP活性等功能障碍,从而抑制微生物的生长^[37]。亮叶杨桐中提取的生物活性物质类黄酮化合物对金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏杆菌、枯草杆菌和普通变形杆菌等致病菌均有明显的抑制作用^[38]。吴贞建等^[39]通过响铃草黄酮体外抗菌试验发现,响铃草黄酮对金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌、藤黄微球菌有明显的抑菌效果。抑菌最低浓

度分别为 6.25、25 和 50 mg/mL。用纯度为 90% 的类黄酮物质二氢杨梅树皮素(DMY)对酵母菌、桔青霉菌、牛奶酸败混合菌群等 3 类微生物进行抑制试验,结果表明该物质对牛奶酸败菌有抑制作用,且呈现一定的量效关系。特别是 0.05% 的 DMY 抑菌效果与同浓度苯甲酸相近,对桔青霉菌的试验也呈类似结果。这些结果表明二氢杨梅素对牛奶酸败菌群和霉菌具有明显的抑制作用^[40]。大豆异黄酮对金黄色葡萄球菌、藤黄微球菌、腊状芽孢杆菌、短小芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、单增李氏菌、白色念珠菌、犁头霉菌和米曲霉均有明显的抑制作用^[41]。石榴皮中黄酮类化合物对金黄色葡萄球菌、福氏痢疾杆菌、沙门氏菌、大肠杆菌、绿脓杆菌和白色念珠菌均有不同程度的抑制作用^[42]。

4 黄酮类化合物对细胞凋亡和肝脏病变的影响

4.1 黄酮类化合物对细胞凋亡的影响

细胞凋亡是指细胞在一定的生理或病理条件下,受内在遗传机制的控制自动结束生命的过程,不引起周围细胞的溶解^[43]。黄酮类化合物能够诱发癌细胞和肿瘤细胞的凋亡,发挥抗癌抗肿瘤作用,而对正常组织细胞的凋亡起延缓作用。

4.1.1 黄酮类化合物对病变细胞的凋亡的促进作用

黄酮类化合物通过激活半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶(caspase-2, 3, 8, 9, 10)和减少抗凋亡因子 Bcl-2 蛋白的表达,caspase-10 通过 caspase-1 诱导激活,进而诱导 HCT-116 结肠癌细胞凋亡^[44]。大豆异黄酮和皂甙可因时间和浓度依赖性地抑制结肠癌细胞增殖;诱导细胞凋亡和改变细胞周期分布,使细胞凋亡率显著增加;凋亡相关基因 bax 蛋白表达显著增加,bcl-2 表达显著降低^[45]。黄酮类化合物 Genistein(4,5,7-三羟基异黄酮)通过下调骨髓瘤细胞核中 NF-kappaB 的表达来抑制 bcl-2、bcl-xl、Cy-clinD1、ICMA-1 基因 mRNA 的表达,进而抑制骨髓瘤细胞的增殖、粘附、转移^[46]。Genistein 在调节肝癌 HepG2 细胞 Fas 基因表达及诱导细胞凋亡过程中能减少三磷酸肌醇(IP3)生成,上调 Fas(Fas 是 I 型膜蛋白,属 TNF 受体家族成员,许多细胞表达 Fas^[47])基因表达,

诱导肝癌细胞凋亡。沙棘籽渣黄酮类化合物(FSH)能够诱导人肝癌细胞 BEL-7402 发生凋亡,从而抑制 BEL-7402 细胞增殖^[48]。将 Genistein 与放疗联合应用可明显提高前列腺癌细胞对放疗的敏感性,增加癌细胞的死亡率^[49]。植物提取物黄酮苷化合物对 57 种人体肿瘤细胞,包括白血病、非小细胞肺癌、结肠癌、黑色素瘤、卵巢癌、前列腺癌和乳房癌等细胞均有细胞毒性作用,其 IC₅₀ 值范围为 4.016~4.810 μmol/L^[50]。黄酮类化合物还可作用于肿瘤细胞的 M 期或 S 期,干扰肿瘤细胞的细胞周期从而抑制肿瘤的增殖,如查尔酮可抑制蛋白激酶 C(PKC)的活性,改变细胞蛋白质的磷酸化过程来抑制肿瘤细胞的生长^[51]。解雪峰等^[52]通过对野菊花总黄酮(TFC)对佐剂性关节炎(AA)大鼠滑膜细胞的凋亡诱导作用的研究表明,AA 大鼠滑膜细胞出现凋亡抑制,增殖过度的类瘤样细胞特征,TFC 可剂量依赖性降低 AA 大鼠滑膜细胞的炎性增殖,TFC(168,336 mg/kg)治疗组大鼠滑膜细胞的凋亡率较模型组显著升高。表明 TFC 可抑制 AA 大鼠滑膜细胞的过度增殖,诱导滑膜细胞凋亡。

4.1.2 黄酮类化合物对机体正常细胞的凋亡的抑制作用

黄酮类化合物能抑制 DNA 损伤,通过线粒体死亡途径调节 bcl-2 家族蛋白表达来抑制心肌细胞凋亡,降低心肌细胞凋亡率^[53]。纪影实等^[54]通过山楂叶总黄酮对 H₂O₂ 诱导的大鼠嗜铬细胞瘤细胞株(Pheochromocytoma Cells, PC12)细胞凋亡的保护作用的研究表明,山楂叶总黄酮可抑制 H₂O₂ 诱导的 PC12 细胞凋亡。金小寅等^[55]研究表明,心肌缺血前给予 GST(三羟基异黄酮)能有效地减轻心肌 I/R 损伤,心肌细胞坏死和凋亡减少,从而保护了心功能。

4.2 黄酮类化合物对肝病的影响

肝脏是消化系统中最大的消化腺,又是新陈代谢的重要器官^[56]。由于肝细胞不断地从血液中吸取原料,难以避免遭受有毒物质的影响而引发肝病、肝功能损伤,甚至引起机体死亡。丙氨酸转氨酶(Alanine Transaminase, ALT)、天门冬氨酸转氨酶(Aspartate Transaminase, AST)对肝病的诊断和预后评价具有重要的作用^[57]。黄酮类化合物

具有广泛的来源和极高的药用价值,能显著降低 ALT、AST 活性^[58-59],明显减轻肝组织损伤程度,显著提高肝细胞活性,促进肝细胞增殖;明显减少肝组织中 α -SMA 的表达,降低肝组织 Hyp 含量,通过抑制肝星形细胞的活化达到抗肝纤维化作用,使纤维组织增生明显减少^[59]。一些黄酮类化合物可通过降低 MDA 含量,提高 SOD、GSH-Px 活力来提高肝组织中自由基清除系统的功能,以此来减少自由基对肝组织的损伤,显著改善肝功能,抑制肝纤维化^[16]。血浆甘油三酯水平升高是导致心血管疾病的重要因素^[60]。黄酮(TFLC)通过降低血清和肝脏甘油三酯(Triglyceride, TG),使肝脂肪变性程度和炎症均明显减轻^[61]。

刘江等^[18]在研究山楂叶总黄酮(FHB)对胰岛素抵抗大鼠高血脂和氧化损伤时发现,FHB 能够改善大鼠胰岛素抵抗状态,增强其胰岛素敏感性,并具有良好的防治脂肪肝作用。汪德清等^[62]在黄芪总黄酮(TFA)对扑热息痛所致小鼠肝损伤防护作用的研究中发现,TFA 对扑热息痛所致肝损伤有保护作用。

5 黄酮类化合物对动物激素的调节作用

黄酮类化合物具有雌激素的双重调节作用^[3],能促进动物的生长,影响性激素的分泌和代谢,及体内激素的水平。

生长激素(GH)、胰岛素样生长因子(IGF-1)是促进肌肉、软骨、骨等组织生长的主要激素^[63]。在妊娠母猪日粮中添加大豆黄酮能显著促进胎儿的生长,给 14 日龄的仔猪皮下注射大豆黄酮(2 mg/kg),连续 5 周,仔猪体质量明显增加,仔猪血清 GH、IGF-1 水平显著增加^[64]。给妊娠母猪口服大豆黄酮,母猪血清和初乳中 GH、促乳素(Prolactin, PRL)含量明显升高,血清生长抑素(Somatostatin, SS)含量显著降低^[65]。给妊娠期大鼠口服大豆黄酮能通过抑制或拮抗多巴胺对垂体 PRL、GH 分泌的抑制作用,显著提高泌乳前期大鼠乳腺质量,同时极显著地提高大鼠的泌乳量、血清 GH 和 PRL 含量以及乳腺胞浆雌二醇受体的数目与亲和力^[66]。菟丝子黄酮能够显著抑制去卵巢大鼠的骨代谢增强,调整骨形成和骨吸收的关系,对去卵巢造成的骨质疏松有明显的防治

作用^[67]。在蛋鸡饲料中添喂大豆黄酮使实验鸡血液中三碘甲状腺原氨酸(Triiodothyronine, T3)、甲状腺素(Thyroxin, T4)和孕酮水平均明显升高,蛋质量和饲料转化率提高^[68]。在日粮中添加大豆黄酮能使家畜(肉鸡、仔公猪)血清睾酮水平显著提高,总异黄酮能促进雄性动物生殖系统发育^[69-70]。

6 黄酮类化合物对免疫的影响

黄酮类化合物可提高机体免疫机能,促进机体健康。

淋巴细胞在免疫应答过程中起核心作用,分为 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞;巨噬细胞具有非特异性免疫防御、非特异性免疫监视、递呈抗原的作用^[43]。大豆黄酮可促进小鼠体液免疫过程中致敏淋巴细胞的产生和形成,促进淋巴细胞的转化率,并能使小鼠胸腺巨噬细胞功能大幅度提高,活性增强,细胞的吞噬功能增强,促进淋巴细胞的转化率^[71-72]。胸腺、脾脏是动物机体的重要免疫器官;通过玫瑰花形成细胞试验可了解 T 细胞总数及百分率^[43]。植物提取物总黄酮能增加小鼠 T 细胞百分率、胸腺指数和脾特异玫瑰花形成细胞(SREC);能拮抗环磷酸胺引起的 SREC 减少,并且在低浓度时促进淋巴细胞转化^[73-74];而在促进 IL-2 的分泌呈剂量依赖性的量效关系^[75]。石枫和郑维发^[76]通过从芫花根中提取的 7 种酚类化合物(4 种黄酮类),研究其对小鼠的免疫功能的影响,结果表明,20~30 mg/L 的化合物对巨噬细胞分泌 IL-1、T 淋巴细胞增殖及分泌 IL-2 有显著的提升作用。仔公猪注射大豆黄酮 4 周后,胸腺、脾脏质量分别比对照组增加 15.83% 和 15.85%;大豆黄酮能显著提高外周血淋巴细胞的阳性率,能显著提高 T 淋巴细胞的转化率,显著促进刀豆球蛋白(Concanavalin, ConA)诱导 T 淋巴细胞产生白细胞介素 IL-2 和 IL-3^[77]。

7 黄酮类化合物在畜牧生产中的应用

黄酮类化合物广泛存在于植物中。苜蓿(*Medicago sativa*)^[78]等许多牧草含量丰富。由于黄酮类化合物具有较多的生物学功能,因此对促进畜牧生产有积极作用。

在产蛋鸡日粮添加大豆黄酮的研究表明,大

豆黄酮能显著提高骨密度,改善骨代谢,并能显著增加蛋壳厚度和蛋质量^[79-81]。谢棒祥等^[82]对黄酮在肉鸡生产性能影响的研究发现,在其日粮中添加适量的大豆黄酮和山楂叶黄酮能显著提高饲料转化率,以添加剂量为 5 mg/kg 最佳。大豆黄酮能提高采食量,显著降低肉鸡腹脂率^[83]。添喂伊普异黄酮分别使生长前期公鸡和母鸡增质量提高明显^[84]。给 5~6 周龄仔公猪皮下注射适量大豆黄酮可显著提高血清睾酮和 IGF-I 水平,促进机体生长,料重比降低,日增体质量提高^[85]。

8 展望

天然植物提取物——黄酮类化合物在临床应用方面十分广泛,对许多疾病都有较好的疗效,并且毒副作用小,黄酮类化合物在畜牧生产中也有较多的研究,作用效果明显。随着科学技术的进步和发展及研究手段的不断改进,对黄酮类化合物在促进人类健康,防病治病,在促进畜牧业良好发展,提高动物生产性能,提高动物机体抗病力,免疫力等方面的研究必将有新的认识和新的突破,对于促进人类健康及畜牧业的健康发展将具有重大的现实意义。

参考文献

[1] 郑裕国,王远山,薛亚平,等. 抗氧化剂的生产 and 运用[M]. 北京:化学工业出版社,2003.

[2] 陈业高. 植物化学成分[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

[3] 谭仁祥. 植物成分分析[M]. 北京:科学出版社,2004.

[4] Chung H S, Chang L C, Lee S K, *et al.* Flavonoid constituents of *chorizanthe diffusa* with Potential Cancer chemopreventive Activity[J]. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 1999, 47(1): 36-41.

[5] 李怡歆. 自由基与人体健康[J]. *中国科技信息*, 2008, 10: 181-182.

[6] 刘莉华,苑晓春,李大祥. 黄酮类化合物抗氧化活性构效关系的研究展望[J]. *安徽农业大学学报*, 2002, 29(3): 265-270.

[7] Baderschneider B, Winterhalter P. Isolation and characterization of novel benzoates, cinarnates, ravnoids and longmans from rlessling wine and screening for antioxi-

dant activity [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49(6): 2788-2798.

- [8] Drabko K, Bojarska-Junak A, Kowalczyk J. Activity of superoxide dismutase and glutathione peroxidase and concentrations of malonyldialdehyde, vitamin E, total antioxidant status and extracellular cytokines concentrations in children with acute lymphoblastic leukaemia (ALL) [J]. *Medycyna Wieku Rozwojowego*, 2006, 10(3 Pt1): 861-868.
- [9] 谭至柔,黄雪,唐国都. 抗氧化剂对急性坏死性胰腺炎大鼠一氧化氮、丙二醛的影响[J]. *胃肠病病学和肝病学杂志*, 2003, 12(6): 527-529.
- [10] 李宝兰,张咏梅,卢小康,等. 苜蓿总黄酮对小鼠脂类代谢及氧自由基的影响[J]. *草业科学*, 2009, 26(8): 93-96.
- [11] 史红阳,许君望,任晓侠. 木黄酮对培养肝星状细胞增殖及脂质过氧化的影响[J]. *南方医科大学学报*, 2008, 28(11): 2066-2071.
- [12] 主静,刘大川. 紫(白)苏叶黄酮类化合物抗氧化性能的研究[J]. *中国油脂*, 2004, 29(3): 33-36.
- [13] 刘贺荣,李国莉,刘秀英,等. 大豆异黄酮对小鼠抗氧化酶活性的影响[J]. *宁夏医学院学报*, 2005, 27(3): 196-197.
- [14] 何学军,张妮娅,徐雪梅,等. 大豆异黄酮抗霉变饲料对肉鸡的影响及机制[J]. *中国兽医学报*, 2008, 28(12): 1468-1473.
- [15] 郑元林,杨敏,毛镇,等. 大豆黄酮在 D-半乳糖致衰老小鼠肝组织氧化损伤中的保护作用[J]. *徐州师范大学学报*, 2008, 26(4): 1-7.
- [16] 许东晖,陈颖,梅雪婷,等. 水稻黄酮对大鼠实验性肝纤维化的作用[J]. *中国药科大学学报*, 2002, 33(3): 234-237.
- [17] 刘春龙,李忠秋,张帆,等. 大豆黄酮和染料木素对体外培养奶牛乳腺上皮细胞增殖及抗氧化水平的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2008, 39(11): 1517-1522.
- [18] 刘江,童智,张再超,等. 山楂叶总黄酮防治大鼠胰岛素抵抗及脂肪肝的实验研究[J]. *华东师范大学学报*, 2008(6): 127-132.
- [19] 吴春,陈林林. 菟丝子黄酮体外清除自由基活性的研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2005, 17(5): 553-556.
- [20] 张力,包玉敏,李增春,等. 赤包子黄酮的体外抗氧化性研究[J]. *光谱实验室*, 2008, 25(6): 1284-1286.

- [21] 路晶晶, 戚进, 朱丹, 等. 白木香叶中黄酮类成分结构与抗氧化功能的相关性研究[J]. 中国天然药物, 2008, 6(6): 456-460.
- [22] 朱宇旌, 李新华, 张勇, 等. 苜蓿黄酮抗氧化性研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(4): 615-618.
- [23] 谭萍, 方玉梅, 王毅红, 等. 苦荞种子黄酮类化合物清除 DPPH 自由基的作用[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(12): 20-22.
- [24] 单杨, 李高阳, 李忠海, 等. 柑橘皮中多甲氧基黄酮的体外抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2007, 28(8): 100-103.
- [25] 冯颖, 王建国, 孟宪军, 等. 无梗五加果黄酮类化合物生物活性研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(1): 30-33.
- [26] 徐也鲁. 动脉粥样硬化——一种慢性炎症过程[J]. 中国动脉硬化杂志, 2001, 9(2): 93-95.
- [27] McCarron J G, Bradley K N, MacMillan D, *et al.* Sarcodema agonist-induced interactions between InsP3 and ryanodine receptors in Ca^{2+} oscillations and waves in smooth muscle[J]. Biochemical Society Transactions, 2003, 31(5): 920-924.
- [28] 高清萍, 李俊立. 血清低密度脂蛋白胆固醇水平的影响因素分析[J]. 实用医技杂志, 2008, 15(23): 3039-3040.
- [29] 江志平, 肖立中, 徐新, 等. 大豆异黄酮抑制去势兔动脉粥样硬化形成的实验研究[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2004, 2(9): 532-534.
- [30] 肖立中, 徐新, 赖少燕, 等. 大豆异黄酮对去卵巢兔动脉粥样硬化的影响及其机制探讨[J]. 岭南心血管病杂志, 2004, 10(5): 365-367.
- [31] 黎继烈, 王卫, 曾超珍, 等. 金橘黄酮提取物对大鼠降血脂功能的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(5): 89-92.
- [32] 魏继烈, 李忠海, 钟海雁, 等. 金柑黄酮对小鼠血糖的影响[J]. 中药药理与临床, 2007, 23(3): 42-44.
- [33] Balmir F, Staack R, Jeffrey E, *et al.* An extract of soy flour influences serum cholesterol and thyroid hormones in rats and hamsters[J]. Journal of Nutrition, 1996, 126: 3046-3053.
- [34] 蔡丹昭, 刘华钢, 陈洪涛, 等. 番石榴叶总黄酮对实验性糖尿病小鼠血糖水平的影响[J]. 生命科学研究, 2009, 13(1): 34-37.
- [35] 郭瑞华, 霍文, 刘正猛, 等. 豆豉中大豆异黄酮及苷元降血糖活性及其机理的研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(7): 1606-1607.
- [36] 何煜舟, 丁美萍. 大豆异黄酮对氧化损伤的血管内皮细胞的保护作用[J]. 浙江中医杂志, 2006, 41(4): 228-229.
- [37] Gould G W. New Methods of Food Preservation[M]. New York: Aspen Publisher, 1999: 79-83.
- [38] 余杰, 陈美珍. 亮叶杨桐中类黄酮提取及其抗氧化、抑菌作用的研究[J]. 汕头大学学报, 1997, 12(2): 52-58.
- [39] 吴贞建, 周英, 卢国峰, 等. 响铃草黄酮提取物体外抗菌活性研究[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(5): 83-84.
- [40] 杨书珍, 张友胜, 宁正, 等. 二氢杨梅素对几种食品常见菌的抑制效果[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(1): 40-42.
- [41] 谢明杰, 陆敏, 邹翠霞, 等. 大豆异黄酮的抑菌作用[J]. 大豆科学, 2004, 23(2): 101-105.
- [42] 杨林, 周本宏. 石榴皮中鞣质和黄酮类化合物抑菌作用的实验研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(10): 2335-2336.
- [43] 崔治中, 崔保安. 兽医免疫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [44] Erhart L M, Lankat-Buttgereit B, Schmidt H, *et al.* Flavone initiates a hierarchical activation of the caspase-cascade in colon cancer cells[J]. Apoptosis, 2005, 10(3): 611-617.
- [45] 金梅花, 许惠仙, 金花, 等. 大豆异黄酮和皂甙对结肠癌细胞增殖和凋亡的研究[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 1028-1031.
- [46] 何晖, 翟明. 4, 5, 7-三羟基异黄酮抗骨髓瘤细胞增殖机制的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20: 1067-1071.
- [47] 刘金成, 杨景学. 风湿性心脏病心肌组织中 Fas 基因表达与心肌病理变化的关系[J]. 第四军医大学学报, 2000, 21(8): 1020-1022.
- [48] 孙斌, 章平, 瞿伟菁, 等. 沙棘籽渣黄酮类化合物诱导人肝癌细胞凋亡研究[J]. 中草药, 2003, 26(12): 875-877.
- [49] Raffoul J J, Wang Y, Kucuk O, *et al.* Genistein inhibits radiation-induced activation of NF-kappaB in prostate cancer cells promoting apoptosis and G2/M cell cycle arrest[J]. BMC Cancer, 2006(6): 107.
- [50] Balasubramanian R, Narayanan M, Kedalgovindaram L. Cytotoxic activity of flavone glycoside from the stem of

- Indigofera aspalathoides Vahl[J]. Journal of Natural Medicines, 2007, 61(1): 80-83.
- [51] 张彦文. 查尔酮类化合物的药理作用和构效关系[J]. 国外医学·药学分册, 1996, 23(4): 218-223.
- [52] 解雪峰, 李俊, 陈晓宇, 等. 野菊花总黄酮对佐剂性关节炎大鼠滑膜细胞的凋亡诱导作用[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(22): 2838-2841.
- [53] 张锦, 赵翠翠, 韩维娜, 等. 黄酮类化合物对心肌细胞凋亡的作用[J]. 中国药理学通报, 2008, 24(5): 635-639.
- [54] 纪影实, 李红, 杨世杰. 山楂叶总黄酮对 H₂O₂ 诱导 PC12 细胞凋亡的保护作用及机制的研究[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2006, 40(2): 110-115.
- [55] 金小寅, 张永健, 汲克强. 三羟基异黄酮对兔缺血心肌的保护作用[J]. 实用临床医药杂志, 2008, 12(7): 19-21.
- [56] 肖传斌, 张玲, 程会昌. 动物解剖学与组织胚胎学[M]. 北京, 中国科学技术出版社, 2001.
- [57] 李丽华, 李威. 血清天门冬氨酸转氨酶对急性心肌梗死(AMI)的诊断价值[J]. 中国社区医师, 2005(15): 72.
- [58] 刘春宇, 顾振纶, 韩蓉, 等. 沙苑子黄酮对 CCl₄ 及 D-氨基半乳糖致急性肝损伤的保护作用[J]. 中草药, 2005, 36(12): 1838-1841.
- [59] 杨鹤梅, 李素婷, 梅立新, 等. 黄芩茎叶总黄酮对纤维化大鼠肝脏星形细胞活化的影响[J]. 中国中医基础医学杂志, 2006, 12(1): 42-44.
- [60] 杨晓芳, 陈杨, 吴建平, 等. 血清甘油三酯和总胆固醇在不同检测系统测定的偏倚评估[J]. 浙江预防医学, 2009, 21(7): 95-96.
- [61] 倪鸿昌, 李俊等, 金涌, 等. 豹皮樟总黄酮对大鼠非酒精性脂肪性肝炎的防治作用[J]. 中国药理学通报, 2005, 22(5): 591-594.
- [62] 汪德清, 丁保国, 马艳青, 等. 黄芪总黄酮对扑热息痛所致小鼠肝损伤防护作用的研究[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(7): 483-485.
- [63] 张忠诚. 家畜繁殖学[M]. 北京, 中国农业出版社, 2007.
- [64] 刘根桃, 陈杰, 韩正康, 等. 异黄酮植物雌激素(IFV-D)对哺乳母猪作用的研究[J]. 畜牧与兽医, 1997, 29(1): 5-7.
- [65] 张荣庆, 韩正康, 陈杰, 等. 大豆黄酮对母猪免疫功能和血清及初乳中 GH、PRL、SS 水平的影响[J]. 动物学报, 1995, 41(2): 201-206.
- [66] 张荣庆, 韩正康, 陈杰, 等. 大豆黄酮促进妊娠大鼠乳腺发育和泌乳的实验研究[J]. 动物学报, 1995, 41(4): 414-419.
- [67] 蔡西国, 赵素霞. 菟丝子黄酮干预去卵巢大鼠骨代谢研究[J]. 中药药理与临床, 2007, 23(6): 27-29.
- [68] 刘燕强, 韩正康. 异黄酮植物雌激素——大豆黄酮对产蛋鸡生产性能及其血液中几种激素水平的影响[J]. 实验研究, 1998: 9-10.
- [69] 王国杰, 韩正康, 陈杰, 等. 大豆黄酮对肉鸡生长的影响及其作用机制研究[J]. 广东畜牧兽医科技, 1994, 19(3): 4-7.
- [70] 张响英, 王根林, 唐现文, 等. 大豆黄酮对仔公猪增重及血清激素水平的影响[J]. 动物营养学报, 2006, 18(1): 59-61.
- [71] 张荣庆, 韩正康. 异黄酮植物激素对小鼠免疫功能的影响[J]. 南京农业大学学报, 1993, 16(2): 64-68.
- [72] 付明哲, 袁福汉, 卢兴民, 等. 泡桐花黄酮抗菌作用及对免疫机能的影响[J]. 中国兽医杂志, 1999, 25(5): 46-47.
- [73] 钟飞, 蒋韵. 沙棘总黄酮对动物非特异性免疫功能的影响[J]. 山西医药杂志, 1989, 18(1): 9-10.
- [74] 周月婵, 胡怡秀, 臧雪冰, 等. 藤茶安全性毒理学评价及其免疫调节作用实验研究[J]. 实用预防医学, 2001, 8(6): 412-414.
- [75] 郑维发, 王莉, 石枫, 等. 芫花根总黄酮对小鼠细胞免疫功能的调节作用[J]. 解放军药科学学报, 2004, 20(4): 241-245.
- [76] 石枫, 郑维发. 芫花根的酚类成分及其免疫调节活性[J]. 徐州师范大学学报, 2004, 22(4): 34-40.
- [77] 张响英, 王根林, 唐现文, 等. 大豆黄酮对仔公猪细胞免疫功能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2005(1): 31-32.
- [78] 樊文娜, 王成章, 史鹏飞, 等. 苜蓿在畜禽鱼饲料中的应用研究进展[J]. 草业科学, 2009, 26(1): 81-86.
- [79] 周振雷, 侯加法, 陶庆树, 等. 大豆黄酮对产蛋后期蛋鸡内分泌及骨代谢的影响[J]. 中国兽医学报, 2007, 27(3): 363-365.
- [80] 马学会, 武现军, 倪耀娣, 等. 大豆黄酮对产蛋鸡蛋壳品质和骨骼代谢的影响[J]. 饲料工业, 2004, 25(7): 32-34.
- [81] 朱新建, 韩正康, 王国杰. 日粮中添加大豆黄酮对蛋鸡抗氧化能力的影响[J]. 畜牧与兽医, 2004, 36

(9);6-7.

- [82] 谢棒祥,张敏红,杜荣,等.类黄酮对肉仔鸡生产性能及脂质代谢的影响[J].动物营养学报,2002,14(4):49-53.
- [83] 程忠刚,林映才,余德谦,等.大豆黄素在岭南黄羽肉鸡中的应用[J].中国家禽,2002,24(6):27.

- [84] 陶胜宏,韩正康,王国杰.伊普异黄酮对不同生长阶段肉鸡生长性能和有关血清生化指标的影响[J].畜牧与兽医,2007,39(2):18-21.
- [85] 程忠刚,林映才,周桂莲,等.大豆黄酮对仔猪生产性能及血液生化指标的影响[J].河南科技大学学报,2003,23(4):44-48.

Research progress of flavonoids biological activity

WEN Kai-xin, WANG Cheng-zhang, YAN Xue-bing, WU Peng-ju, LI Zhen-tian

(College of Animal Science and Veterinary Medicine,

Henan Agricultural University, Henan Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Flavonoids have shown multi-biological properties, such as antioxidative activity, free-radical scavenging capacity, coronary heart disease prevention, anti-cancer activity, anti-bacterial, prevention of hepatopathy and inhibition (or promotion) of apoptosis. Therefore, Flavonoids have been used to improve the production of livestock. The current advances in flavonoids biological activity was summarized in this paper, which would provide some guidance for researchers in further investigations and in developing animal husbandry healthily.

Key words: flavonoids; medical value; biological activity

(上接第 49 页)

本期出现的植物种名

加拿大早熟禾 *Poa compressa*

箭头唐松草 *Thalictrum simplex*

角果碱蓬 *Suaeda corniculata*

金樱子 *Rosa laevigata*

锦鸡儿 *Caragana sinica*

韭菜 *Allium tuberosum*

菊花 *Dendranthema morifolium*

菊叶委陵菜 *Potentilla tanacetifolia*

卷耳 *Cerastium arvense*

苦豆子 *Sophora alopecuroides*

老鹤草 *Geranium pratense*

冷蒿 *Artemisia frigida*

藜 *Chenopodium album*

链荚豆 *Alysicarpus nummulariifolius*

芦苇 *Phragmites australis*

绿豆 *Phaseolus radiatus*

马兰 *Kalimeris indica*

碱蓬 *Suaeda glauca*

豇豆 *Vigna unguiculata*

金露梅 *Potentilla fruticosa*

锦鸡儿 *Caragana arborescence*

锦葵 *Malva sinensis*

桔梗 *Platycodon grandiflorus*

菊苣 *Cichorium intybus*

巨序剪股颖 *Agrostis gigantea*

苦参 *Sophora flavescens*

赖草 *Leymus secalinus*

老芒麦 *Elymus sibiricus*

冷蒿 *Artemisia frigida*

两耳草 *Paspalum conjugatum*

烈香杜鹃 *Rhododendron anthopogonoides*

苜蓿 *Medicago sativa*

萝卜 *Raphanus sativus*

马铃薯 *Solanum tuberosum*

(下转第 137 页)