

植物黄酮在养鸡生产中的应用研究进展

张 硕¹, 李瑞萍¹, 陈 菲², 刘雅丽³, 刘长国^{1*}

(1. 浙江农林大学 动物科技学院, 浙江 杭州 311300; 2. 杭州萧山东海养殖有限责任公司, 浙江 杭州 311200;
3. 浙江省畜牧技术推广总站, 浙江 杭州 310017)

[摘要] 黄酮是一类具有2-苯基色原酮结构的多酚类化合物, 可由多种植物提取获得。植物黄酮能够提高鸡的免疫与抗氧化功能, 调节脂质代谢与激素分泌, 提高鸡的生产性能与肉、蛋品质。文章综述了近年来在鸡生产中研究较多的几种植物黄酮的应用情况, 旨在为其作为饲料添加剂在鸡生产中的应用提供参考。

[关键词] 植物黄酮; 鸡; 生产性能; 研究进展

[中图分类号] S811.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1005-5228(2020)10-0000-00

doi:10.3969/j.issn.1673-1182.2020.10.001

长期以来, 动物生产中抗生素类饲料添加剂的滥用及其带来的各种危害饱受诟病。寻找饲用抗生素替代品, 成为解决动物食品安全问题的研究热点。植物黄酮(Plant Flavonoids)以其天然性、使用安全、效果显著等特点受到畜禽养殖行业的青睐。近年有几种植物黄酮在鸡生产中应用较多, 本文对其进行了综述。

1 竹叶黄酮的应用研究

竹叶黄酮是从新鲜竹叶中提取的复合物, 其成分除了黄酮类化合物外, 还有酚酸类、内酯类、蒽醌类化合物以及锰、锌、锡等微量元素^[1]。竹叶黄酮的功能因子主要是4种碳苷黄酮——荭草苷、异荭草苷、牡荆苷和异牡荆苷^[2]。

竹叶黄酮能提高济宁百日鸡雏鸡的免疫器官指数, 提高饲料转化率和日增重。吴红燕等^[3]研究表明, 日粮中添加0.45%竹叶黄酮饲喂28d的济宁百日鸡, 血清中葡萄糖(GLU)、甘油三酯(TG)、血清尿素(UREA)和尿酸(UA)的含量显著降低; 谷草转氨酶(AST)、 γ -谷氨酰转氨酶(γ -GGT)、肌酸激酶(CK)、肌酐(CRE)和钙(Ca)、磷(P)及部分代谢物的含量降低, 总蛋白(TP)、球蛋白(GLB)和碱性磷酸酶(ALP)含量无显著变化。李正田等^[4]发现, 日粮中添加0.45%竹叶黄酮饲喂28d的济宁百日鸡,

平均周增重极显著高于对照组。竹叶黄酮能提高AA肉鸡脾脏IL-2和INF- γ 基因的表达, 促进免疫器官的发育; 还能调控肝脏中PPAR γ 、ATGL、ADSL基因和胸肌中LPL、ADSL基因的表达, 影响肉鸡脂质代谢和肌苷酸含量^[5]。舒刚等^[6]以糊精、甘露醇为辅料制成竹叶黄酮颗粒, 连续饮水给药7d饲喂AA肉鸡雏鸡。结果表明, 即使以10倍的推荐剂量饲喂雏鸡也是安全的。不过, 随着剂量增大, 雏鸡生长性能有降低的趋势, 提示使用竹叶黄酮应注意添加剂量。

2 柑橘黄酮的应用研究

柑橘黄酮存在于柑橘属植物果实的外皮中, 主要包括黄酮、黄烷酮、黄酮醇和花青苷四大类物质, 以黄烷酮含量最为丰富。黄烷酮主要以芦丁和橙皮苷两种形式存在, 前者主要包括圣草次苷、橙皮苷、柚皮芸香苷和香蜂草苷等; 后者主要包括新圣草次苷、柚皮苷、新橙皮苷和枸橼苷等^[7]。

蛋鸡在产蛋高峰期易患生殖系统炎症, 柑橘黄酮具有抗组胺活性, 能够抑制组织细胞炎性生物酶渗出。Goliomytis等^[8]研究了橙皮苷或柚皮苷对54周龄罗曼蛋鸡产蛋性能和蛋品质的影响, 发现750mg/kg添加水平能缓解蛋鸡在植物血凝素皮肤试验(PHA)中的炎症反应, 并且改善了蛋黄的颜色和氧化

[收稿日期] 2019-07-09 **[修改日期]** 2019-11-27

[基金项目] 浙江省畜禽农业新品种选育重大科技专项(2016C02054-12); 浙江省畜禽绿色生态健康养殖应用技术研究重点实验室项目(KLGEH012)

[作者简介] 张 硕(1994-), 男, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 研究方向为生物饲料添加剂。E-mail: 2018820661009@stu.zafu.edu.cn

* **[通讯作者]** 刘长国(1973-), 男, 江西南丰人, 教授, 硕士生导师, 主要从事禽蛋品质及其分子遗传的研究。E-mail: liuzg007@163.com

稳定性。Iskender 等^[9]发现 28 周龄罗曼蛋鸡日粮中添加 500 mg/kg 橙皮苷、柚皮苷或槲皮素对产蛋性能和蛋壳品质无明显影响,但能显著降低蛋黄中的胆固醇含量,这对部分消费者可能具有吸引力。

研究表明,橘皮苷和川陈皮素通过降低凋亡蛋白酶 Caspase-3 的活性,清除细胞内脂质过氧化反应产物,保护细胞膜结构完整性,发挥抗氧化作用^[10]。Kamboh 等^[11]发现肉鸡日粮中添加 20 mg/kg 橘皮苷(或橙皮苷)与 5 mg/kg 染料木黄酮使肝脏和肌肉中总抗氧化能力(T-AOC)和超氧化物歧化酶(SOD)的活性显著提高,能够提高鸡肉抗氧化活性,抑制鸡肉中腐败微生物增殖,延长鸡肉保质期。

3 沙棘黄酮的应用研究

沙棘叶和果实、根茎中均含有黄酮类化合物,以沙棘叶中含量最为丰富,主要有槲皮素、杨梅素、山奈酚及其苷类^[12]。沙棘黄酮在鸡生产上的应用研究主要集中在沙棘叶黄酮和槲皮素。

研究表明,沙棘叶黄酮能提高热应激环境中 AA 肉仔鸡血清和肌肉、肝脏组织中 T-AOC 和铜-锌-超氧化物歧化酶(Cu-Zn-SOD)活性,降低热应激对仔鸡造成的伤害^[13]。郑伟等^[14]研究发现,在三黄鸡日粮中添加 0.05% 沙棘叶黄酮,可以显著提高肉鸡日增重,降低腹脂率,但对 GLB、TP、尿素氮(BUN)等血清生化指标无明显影响。日粮中添加沙棘黄酮能显著提高 AA 肉鸡对饲料中蛋白质和 Ca、P 的利用率,促进胫骨发育,并能提高腿肌肌内脂肪含量,改善胴体品质和鸡肉风味^[15]。补充沙棘黄酮能够提高海兰褐蛋鸡免疫机能,降低料蛋比和残次蛋率,并能提高血清中 GLB 和丙氨酸(Ala)的含量^[16]。也有研究报道,沙棘黄酮能够显著降低肉鸡平均日采食量而不影响平均日增重^[17],原因可能是沙棘黄酮促进了肉鸡对饲料中营养物质的充分消化和吸收。

槲皮素是沙棘黄酮的主要成分,具有抗菌、抗氧化、消炎、抗肿瘤等多种生物学功能^[18]。体外抑菌试验表明,槲皮素对革兰氏阳性菌的抑制作用强于革兰氏阴性菌,能够损伤大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的细胞壁和细胞膜,造成细菌裂解死亡^[19]。Liu 等^[20]研究发现,日粮中添加 367~369 mg/kg 槲皮素能够改善蛋鸡肠道菌群结构,使产蛋率从 85.00% 提高到 88.55%,料蛋比降低到 2.0725。刘莹^[21]和张琳^[22]研究表明,海赛蛋鸡基础饲料中添加槲皮素可以调节鸡体内促卵泡素(FSH)、促黄体素(LH)、雌二醇(E2)、孕酮(P4)和生长激素(GH)的

分泌,提高平均蛋重,降低料蛋比,显著降低肝组织中粗脂肪含量,添加 0.04% 槲皮素提高了蛋黄中总磷脂与卵磷脂的含量。另有研究发现,日粮中添加 0.04% 槲皮素提高了蛋鸡产蛋率和蛋黄相对重量,显著提高蛋壳厚度和比重,极显著提高蛋黄中蛋白质含量^[23-24]。Simitzis 等^[25]研究发现,蛋鸡日粮中添加槲皮素能延长鸡蛋保质期,原因可能是添加槲皮素使蛋黄中的胆固醇含量上升,脂质氧化速率降低,蛋黄氧化稳定性得以改善。

4 大豆异黄酮的应用研究

大豆异黄酮是一类植物次生代谢产物,广泛分布于豆类、谷物和牧草等多种植物中,主要以葡萄糖苷形式存在,被动物摄入后,在肠道细菌、微生物的 β -葡萄糖苷酶或 β -半乳糖苷酶的作用下转化为具有生物活性的游离苷元。天然存在的大豆异黄酮主要有 3 类,即大豆黄酮、染料木黄酮、黄豆黄素^[26]。

邵丹等^[27]研究表明,海兰褐种鸡日粮中添加 30 mg/kg 大豆黄酮能提高血清 LH 水平,种鸡产蛋率和平均产蛋量均显著提高。日粮中添加 10 mg/kg 大豆黄酮能显著提高 43 周龄 S2 系肉种鸡产蛋率、种蛋受精率、孵化率以及健雏率^[28]。肖蕴祺等^[29]研究表明,饲喂大豆黄酮能显著提高如皋黄鸡的产蛋率和蛋清哈夫单位,对蛋形指数、蛋黄比例、蛋壳强度等蛋品质指标无明显影响。Lu 等^[30]发现大豆黄酮能提高如皋黄鸡种蛋孵化率,但是对种鸡产蛋率和蛋品质无明显影响。

母源性添加的大豆黄酮可以将信号传递到子代并影响其生长发育。鸟类在采食豆类食物后,结合型大豆黄酮在肠道微生物的作用下分解成游离型大豆黄酮,或者进一步代谢成雌马酚被机体吸收,游离型大豆黄酮和雌马酚可以通过血液运输至蛋黄中沉积^[31]。Fan 等^[32]比较了肉种鸡日粮中添加低剂量(20 mg/kg)和高剂量(100 mg/kg)大豆黄酮对后代仔鸡的影响。结果表明,低剂量大豆黄酮能够提高鸡胚中丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)和生长转化因子 β (TGF- β)的表达,激活核因子 κ B(NF- κ B)和 Toll 样受体(TLR)的信号转导,促进鸡胚发育和肉仔鸡的生长;高剂量大豆黄酮对鸡胚发育和雏鸡的生长无明显影响,但是可以显著降低后代仔鸡 42 日龄时的腹脂率。大豆黄酮可降低肉仔鸡血清中的胰岛素、脂蛋白酯酶和肝脏中的苹果酸脱氢酶水平,从而降低腹脂率^[33]。倪迎冬等^[34]发现,肉种母鸡(矮脚 B)饲料中添加大豆黄酮

(10 mg/kg)使种蛋的孵化率显著降低,后代仔鸡(尤其是雌鸡)的胸肌率和腿肌率也显著降低。由此可见,大豆黄酮对种鸡及后代仔鸡的影响尚有争议,有待深入研究阐明。

染料木黄酮是大豆异黄酮复合物中结构最简单,活性最高的组分,由于其分子结构与 E2 相似,具有类雌激素样活性。染料木黄酮能够促进动物生长,提高免疫力,还能调节与生殖相关的激素水平,影响动物的生殖^[26]。

Rasouli 等^[35]研究表明,染料木黄酮和抗生素(维吉尼亚霉素或杆菌肽锌)都能显著促进肉仔鸡生长,并且饲喂染料木黄酮的肉仔鸡胸腺指数和法氏囊指数更高。日粮中添加染料木黄酮可以抑制肉鸡肺脏中内皮素-1(ET-1)基因的表达,降低肺动脉内膜厚度,从而缓解肺血管重塑,降低肉鸡腹水综合征的发病率^[36]。

染料木黄酮可以调节胆固醇代谢关键因子 *SREBP-2* 及其下游因子 *HMGCR*、*LDLr*、*CYP7A1* 等的基因表达,维持机体胆固醇水平动态平衡^[37],还能缓解蛋鸡脂肪肝综合征中脂代谢紊乱和炎症反应,下调腹脂基因 *PPAR γ* 和 *AFABP* 的表达,降低蛋鸡腹脂率^[38]。弓琴等^[39]研究表明,染料木黄酮能促进垂体分泌 β -内啡肽,提高血清 E2 水平,还能促进蛋鸡卵黄蛋白原(VTG)合成,而 VTG 是严格受雌激素诱导的产物。染料木黄酮能提高肉种鸡输卵管雌激素受体 α (ESR α)转录水平和种蛋孵化后期胚体长度、重量以及肝脏指数,增加胫骨生长板增殖区宽度。转录组聚类分析表明,染料木黄酮能促进鸡胚细胞增殖,提高肝脏 *IGF2*、*IGFBP3* 基因的表达量。染料木黄酮的母源效应可能是通过长链非编码 RNA(LncRNA)顺势调控鸡胚 *MATN4*、*PPAP2*、*BXDH*、*MyoD1* 和 *TCF3* 基因的转录,进而影响鸡胚的发育^[38]。

5 其他植物黄酮的应用研究

5.1 对鸡生产性能与脂肪代谢的影响

目前的研究表明,黄酮类化合物可能是通过提高糖、脂和蛋白质的代谢,促进营养物质的相互转化,从而增加机体合成蛋白质,提高动物的生产性能^[40]。日粮中添加黄芩黄酮可通过降低肠道内大肠杆菌和鸡白痢沙门氏菌数量,改善肉鸡肠道健康,促进肉鸡生长^[41]。泡桐花黄酮粗提物也能促进肉鸡生长,并能提高肉鸡屠宰性能和胴体品质^[42]。刘博等^[43]研究发现,饲料中添加葛根总黄酮能够促进

肉鸡生长,添加剂量为 250 mg/kg 时可以改善肌肉色泽和嫩度。在三黄鸡日粮中添加 100 mg/kg 蕨菜黄酮能够改善鸡的毛色,显著降低料重比,肉鸡平均采食量和日增重均有提高^[44]。冯猛等^[45]发现藤茶黄酮具有与抗生素相似的功效,能够极显著提高海兰蛋鸡产蛋性能和体重均匀度,并能延长产蛋高峰期。欧阳克蕙等^[46]发现,补充苜蓿黄酮能够提高生长后期崇仁麻鸡母雏日增重,极显著降低雏鸡腹脂率。

研究表明,二氢杨梅素是藤茶黄酮中含量最高的一种组分,能够提高超氧化物体增殖激活受体 d(PPARd)及激素敏感脂酶(HSL)的基因表达,从而增强脂肪的消耗代谢;还能抑制超氧化物体增殖激活受体 γ (PPAR γ)和脂肪酸合成酶(FAS)等的基因表达,减少脂肪合成^[47]。避免体脂过多沉积对于维持蛋鸡良好的产蛋性能具有重要意义。

5.2 对鸡免疫与抗氧化功能的影响

黄酮类化合物主要通过影响免疫器官、细胞免疫、体液免疫和非特异性免疫等途径来发挥免疫调节作用^[48]。王小宁等^[49]研究表明,日粮中添加飞机草总黄酮能够显著提高肉鸡胸腺指数、法氏囊指数和血清中免疫球蛋白 G(IgG)、分泌型免疫球蛋白 A(SIgA)的含量。日粮中添加元宝枫黄酮也能显著提高肉鸡胸腺指数、法氏囊指数和 T 淋巴细胞转化率,但对脾脏指数无明显影响^[50]。

氧化应激在养鸡生产中危害巨大,黄酮类化合物结构中的羟基和羰基可通过阻止自由基产生和清除其抗氧化活性来发挥抗氧化作用。日粮中添加黄芩黄酮能提高肉鸡肝组织中 T-AOC、SOD 和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,并能降低肌肉组织和血清中丙二醛(MDA)的含量^[51]。车前子黄酮对白羽蛋鸡氧化应激损伤有一定的缓解作用,20 mg/L 灌喂可显著提高鸡血清中 T-AOC、SOD、GSH-Px 和过氧化氢酶(CAT)活性,并能降低血清中 MDA 含量^[52]。红三叶异黄酮也能提高艾维茵肉鸡血清 SOD 和 GSH-Px 活性,以 10 mg/kg 的添加水平抗氧化活性最佳^[53]。另有研究报道,日粮中添加 10 mg/kg 小花棘豆黄酮能显著提高肉仔鸡肌肉组织和血清中 SOD、GSH-Px、CAT 和谷胱甘肽还原酶(GR)活性,并且其抗氧化作用明显受添加剂量和处理时间的影响^[54]。

5.3 对鸡胚血管生成的影响

黄酮类化合物具有广泛的抗肿瘤活性,可影响与肿瘤发生发展相关的细胞和免疫进程,通过多种途径抑制肿瘤的生长与转移。肿瘤的生长与转移依

赖肿瘤血管的增生,鸡胚绒毛尿囊膜(CAM)实验是研究药物影响血管生成的经典方法之一。刘姬艳等^[55]发现淫羊藿总黄酮对 CAM 血管生成有较强的抑制作用。熊艳梅等^[56]研究表明,海金沙总黄酮不仅能抑制 CAM 血管生成,对鸡胚卵黄囊膜(YSM)血管生成也有抑制作用。然而,潘武等^[57]却发现,10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 黄蜀葵花总黄酮处理对 CAM 血管新生有明显的促进作用,并且使大血管数量明显增多。由此看来,不同种类的植物黄酮在血管发生方面具有不同的功效,具体原因有待进一步研究阐明。

6 小 结

综上所述,植物黄酮具有极好的抗氧化活性,能够提高机体免疫功能和营养代谢水平,调节脂质代谢与激素分泌,改善鸡的肠道菌群结构,提高对饲料中营养物质的充分消化和吸收,从而提高生产性能。此外,植物黄酮还具有类激素样作用,能够提高种鸡繁殖性能和产蛋性能,并且能够影响到后代仔鸡的发育。当然,植物黄酮的功效受诸多因素影响,在实际生产中应做到科学合理的添加使用,今后可以从植物黄酮功能活性成分和药理作用机制等方面展开深入研究。

参 考 文 献:

[1] 韩卫丽,张永. 竹叶中黄酮类化合物的研究进展[J]. 牡丹江医学院学报,2019,40(1):102-103,165.

[2] 许宝泉,吴水英,宋秋华. 竹叶黄酮的生理功能研究进展[J]. 江西林业科技,2006(1):37-39.

[3] 吴红燕,刘宽辉,李正田,等. 竹叶黄酮对蛋雏鸡血清部分生化指标的影响[J]. 吉林农业科学,2015,40(4):78-82.

[4] 李正田,申智超,刘帅歌,等. 竹叶黄酮对济宁百日鸡早期增重及部分器官指数的影响[J]. 中国家禽,2017,39(8):52-54.

[5] 舒刚. 竹叶黄酮对肉鸡的生物效应及作用机理研究[D]. 成都:四川农业大学,2015.

[6] 舒刚,尹立子,赵谨,等. 竹叶黄酮颗粒对肉鸡的安全性检测[J]. 中国兽医学报,2016,36(2):314-319,325.

[7] 尹春燕,王若光. 柑橘黄酮的研究进展[J]. 医药前沿,2018,8(22):12-13.

[8] GOLIOMYTIS M, SIMITZIS P. Influence of citrus flavonoids on laying hen performance, inflammatory immune response, egg quality and yolk oxidative stability[J]. British poultry science,2019,60(3):272-278.

[9] ISKENDER H, YENICE G, DOKUMACIOGLU E, et al. Comparison of the effects of dietary supplementation of flavonoids on laying hen performance, egg quality and egg nutrient profile. [J]. British Poultry Science,2017,58(5):550-556.

[10] 李雪飞,江洪,胡笑容. 橙皮苷对大鼠心肌缺血再灌注损伤诱

导自噬的影响机制研究[J]. 疑难病杂志,2015,14(10):1 070-1 073.

[11] KAMBOH A A, MEMON A M, MUGHAL M J, et al. Dietary effects of soy and citrus flavonoid on antioxidation and microbial quality of meat in broilers[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2018,102(1):235-240.

[12] 张东,郭国栋. 沙棘黄酮的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国药房,2019,30(9):1 292-1 296.

[13] 王鹏祖,李焱,陈鑫,等. 沙棘叶黄酮对热应激条件下肉仔鸡抗氧化能力的影响[J]. 中国饲料,2009(15):27-29.

[14] 郑伟,王勇,王慧媛,等. 沙棘叶和沙棘叶黄酮对肉鸡生产性能、屠宰性能及血液生化指标的影响[J]. 当代畜禽养殖业,2015(12):6-8.

[15] 陈鑫,李焱,赵伟,等. 沙棘叶总黄酮对 AA 肉鸡饲料中钙磷利用率和胫骨发育的影响[J]. 中国饲料,2010(8):30-33.

[16] 郑伟,刘艳丰,王彦靓,等. 沙棘黄酮对蛋鸡生产性能和经济效益的影响[J]. 饲料博览,2019(1):39-42.

[17] 赵伟,陈鑫,刘红南,等. 沙棘叶黄酮对肉鸡生长性能及胴体品质的影响[J]. 动物营养学报,2012,24(1):117-123.

[18] 代重山,汤树生,张朝明,等. 槲皮素的生物学功能及其在鸡生产中的应用[J]. 中国饲料,2014(3):34-36.

[19] WANG S, YAO J, ZHOU B, et al. Bacteriostatic effect of quercetin as an antibiotic alternative *in vivo* and its antibacterial mechanism *in vitro*[J]. Journal of Food Protection,2018,81(1):68-78.

[20] LIU H N, LIU Y, HU L L, et al. Effects of dietary supplementation of quercetin on performance, egg quality, cecal microflora populations, and antioxidant status in laying hens. Poultry Science,2014,93(2):347-353.

[21] 刘莹. 槲皮素对蛋鸡生产性能和蛋白质的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013.

[22] 张琳. 槲皮素对蛋鸡生产性能和脂质代谢的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013.

[23] 刘红南,滕楠,李焱,等. 饲料添加槲皮素对蛋鸡蛋品质和蛋组分的影响[J]. 动物营养学报,2014(8):2 246-2 252.

[24] 王莲芳,吴建英,陶弼菲,等. 日粮添加槲皮黄酮对蛋鸡生产性能、蛋品质及蛋黄抗氧化性能的影响[J]. 畜牧兽医学报,2018(12):7-8.

[25] SIMITZIS P, SPANOU D, GLASTRA N, et al. Impact of dietary quercetin on laying hen performance, egg quality and yolk oxidative stability[J]. Animal Feed Science and Technology,2018,239:27-32.

[26] 李明,周永,糜漫天. 染料木黄酮的研究进展[J]. 西南国防医药,2008(4):617-620.

[27] 邵丹,胡艳,王强,等. 大豆黄酮对产蛋后期蛋种鸡生产性能、激素水平和繁殖性能的影响[J]. 中国家禽,2016,38(20):28-32.

[28] 王钱保,黎寿丰,赵振华,等. 大豆黄酮对肉种鸡产蛋和繁殖性能的影响[J]. 动物营养学报,2016,28(2):593-597.

[29] 肖蕴祺,王强,童海兵,等. 大豆黄酮对产蛋后期地方蛋鸡生产性能、蛋品质和血浆激素指标的影响[J]. 动物营养学报,2018,30(3):1 110-1 115.

- [30] LU J, QU L, SHEN M M, et al. Safety evaluation of daidzein in laying hens: Effects on laying performance, hatchability, egg quality, clinical blood parameters, and organ development [J]. *Poultry Science*, 2017, 96(7): 2 098-2 103.
- [31] SAITOH S, SATO T, HARADA H, et al. Biotransformation of soy isoflavone-glycosides in laying hens: intestinal absorption and preferential accumulation into egg yolk of equol, a more estrogenic metabolite of daidzein [J]. *Biochimica Biophysica Acta-reviews on Cancer*, 2004, 24 (2): 122-130.
- [32] FAN H, LV Z, GAN L, et al. Transcriptomics-related mechanisms of supplementing laying broiler breeder hens with dietary daidzein to improve the immune function and growth performance of offspring [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2018, Vol. 66(No. 8): 2 049-2 060.
- [33] 刘哲洁, 张桂春, 张维生, 等. 半胱胺、大豆黄酮对肉仔鸡脂肪代谢的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2003 (2): 55-59.
- [34] 倪迎冬, 洪文杰, 任灵芝, 等. 大豆黄酮对母鸡蛋品质及后代仔鸡肉品质的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2007, 38(11): 1 188-1 194.
- [35] RASOULI E, JAHANIAN R. Improved performance and immunological responses as the result of dietary genistein supplementation of broiler chicks [J]. *Animal*, 2015, 9(9): 1 473-1 480.
- [36] 蔡虹, 高铭宇, 王永伟, 等. 日粮中添加染料木黄酮对肉鸡肺血管重塑和腹水征敏感性的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2013, 49 (21): 61-64.
- [37] 陈咏然, 张明, 田宇, 等. 染料木黄酮对高能日粮肉鸡胆固醇代谢的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2018, 54(2): 93-98.
- [38] 吕增鹏. 染料木黄酮调节种鸡及其子代脂代谢与免疫的分子机理研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2018.
- [39] 弓琴, 冯于明, 袁建敏. 大豆黄酮与染料木黄酮对产蛋鸡生殖内分泌和蛋品质的影响[J]. *饲料研究*, 2009(4): 1-3.
- [40] 杨蕾. 黄酮类化合物在反刍动物营养上的研究进展[J]. *家畜生态学报*, 2019, 40(2): 8-12.
- [41] 梁英, 任成财, 金迪, 等. 黄芩黄酮对肉仔鸡生长性能和肠道菌群的影响[J]. *中兽医医药杂志*, 2012, 31(4): 39-42.
- [42] 宋扬. 泡桐花黄酮类化合物的提取及其对肉鸡生长性能和肉品质的影响[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2012.
- [43] 刘博, 陈玉敏, 宋小珍, 等. 饲料中添加葛根总黄酮对爱拔益加肉鸡生长性能及肉品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2016, 28 (7): 2 243-2 249.
- [44] 左瑞华, 王莉. 蕨菜黄酮饲喂肉鸡的试验研究[J]. *皖西学院学报*, 2012, 28(2): 10-12.
- [45] 冯猛, 周健, 黄业成. 藤茶黄酮对海兰蛋鸡生产性能的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2008(1): 48-50.
- [46] 欧阳克蕙. 苜蓿黄酮对崇仁麻鸡生长性能及肌肉化学成分的影响[J]. *中国畜牧兽医文摘*, 2014(10): 131.
- [47] 杨志秋, 詹莉莉, 傅正伟. 脂肪酶抑制剂应用于抗肥胖的研究进展[J]. *现代生物医学进展*, 2011, 11(21): 4 178-4 181.
- [48] 杨杰, 沙金丹, 高翔, 等. 黄酮类化合物的免疫调节作用及机制[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(12): 4 295-4 300.
- [49] 王小宁, 郑锦达, 伦海文, 等. 飞机草总黄酮对 AA 肉鸡生长性能、免疫器官指数和血清免疫球蛋白水平的影响[J]. *中兽医医药杂志*, 2016, 35(2): 18-23.
- [50] 赵素君, 谢晶, 林毅, 等. 元宝枫黄酮对肉鸡免疫机能的影响[J]. *饲料工业*, 2012, 33(2): 5-7.
- [51] ZHOU Y F, MAO S G, ZHOU M X. Effect of the flavonoid baicalein as a feed additive on the growth performance, immunity, and antioxidant capacity of broiler chickens [J]. *Poultry science*, 2019, 98(7): 2 790-2 799.
- [52] 丘富安, 张建龙, 丁育诗, 等. 车前子黄酮的响应面法优化微波提取及其对鸡抗氧化能力的影响[J]. *中国兽医科学*, 2017, 47 (10): 1 315-1 325.
- [53] 朱宇旌, 田书音, 张勇, 等. 红三叶异黄酮对肉鸡免疫功能和抗氧化性能的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 2008, 39(6): 699-703.
- [54] 贾琦珍, 陈根元, 王帅, 等. 小花棘豆黄酮对热应激肉仔鸡抗氧化能力的影响[J]. *中国饲料*, 2014(17): 14-17.
- [55] 刘姬艳, 胡定慧, 胡芳华, 等. 淫羊藿总黄酮对血管生成抑制作用的初步研究[J]. *杭州师范大学学报*, 2014, 13(3): 304-306.
- [56] 熊艳梅, 亓翠玲, 李勇, 等. 海金沙总黄酮对鸡胚血管生成的影响的研究[J]. *食品与药品*, 2015, 17(1): 27-30.
- [57] 潘武, 蒋萌. 黄蜀葵花总黄酮对鸡胚绒毛尿囊膜血管生成的影响[J]. *河南中医*, 2010, 30(6): 555-557.

Research Progress of Application of Plant Flavonoids in Chicken Industry

ZHANG Shuo¹, LI Ruiping¹, CHEN Fei², LIU Yali³, LIU Changguo^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China;

2. Xiaoshan Donghai Breeding Co., Ltd. Hangzhou 311200, China;

3. Zhejiang Animal Husbandry Technology Extension Station, Hangzhou 310017, China)

Abstract: Flavonoids are a kind of polyphenolic compounds with 2-phenylchromanthone structure, which can be extracted from a variety of plants. Plant flavonoids can improve the immune and antioxidant functions of chickens, regulate lipid metabolism and hormone secretion, and improve the performance of chickens and the quality of eggs and chicken meat. This paper reviewed the recent application of several plant flavonoids which have been studied in chicken production and provided references for the study of flavonoids as feed additives in chicken production.

Key words: plant flavonoids; chicken; production performance; research progress