

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2014-0504

左晓昕,姚丹丹,占今舜,赵国琦.苜蓿生物活性物质在动物上的应用[J].草业科学,2015,32(7):1185-1191.

ZUO Xiao-xin, YAO dan-dan, ZHAN Jin-shun, ZHAO guo-qi. Application of bioactive substance in alfalfa on animals[J]. Pratacultural Science, 2015, 32(7): 1185-1191.

苜蓿生物活性物质在动物上的应用

左晓昕,姚丹丹,占今舜,赵国琦

(扬州大学动物科学与技术学院,江苏 扬州 225009)

摘要:苜蓿中含有许多生物活性物质,能够显著影响动物的生长性能、繁殖机能和免疫功能,有些活性物质还可以作为人的保健品使用。本文主要介绍苜蓿皂苷、苜蓿多糖、苜蓿黄酮的生物学功能以及国内外学者对苜蓿中活性成分研究的最新成果。苜蓿中活性物质可以作为动物的饲料添加剂使用,一定剂量的苜蓿活性物质可以提高动物体内的淋巴细胞水平,增加免疫力;提高谷胱甘肽过氧化物酶的活性,抑制丙二醛的水平,具有抗氧化功能;增加动物的生产性能和繁殖性能。

关键词:苜蓿皂苷;苜蓿多糖;苜蓿黄酮

中图分类号:S816;S541⁺.1

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2015)07-1185-07^{*}

Application of bioactive substance in alfalfa on animals

ZUO Xiao-xin, YAO dan-dan, ZHAN Jin-shun, ZHAO guo-qi

(College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: Alfalfa is good source for bioactive substance such as polysaccharides saponins and flavonoids which can significantly affect the growth, reproductive performance and immune function of animals. In the present paper, we discussed the biological functions and the latest achievements of bioactive substance around the world. The bioactive substances can be used as feed additives in animal because the appropriate amount of alfalfa active substances may increase immunity by promoting the level of lymphocyte, and have antioxidant functions by improving the activities of glutathione peroxidase, inhibiting malondialdehyde, can also improve production and reproductive performance.

Key words: alfalfa saponins; polysaccharides; flavonoids

Corresponding author: ZHAO guo-qi E-mail: gqzhao@yzu.edu.cn

苜蓿(*Medicago sativa*)属于一年或多年生豆科草本植物,是一种重要的饲料作物。苜蓿作为一种优质牧草其蛋白质含量丰富,在干物质中苜蓿粗蛋白的含量是羊草(*Leymus chinensis*)的 2.3 倍,其消化率是羊草的 3.2 倍^[1]。苜蓿中维生素种类齐全,维生素 A 和维生素 E 的含量最多,其中 β -胡萝

卜素具有改善动物产品色泽的作用^[2];苜蓿中含有丰富的矿物质,其中钾、铁、钙的含量较高;另外,还含有动物生长发育所需的必需氨基酸、未知生长因子和微量元素。在中国,苜蓿种植面积广泛,从 20 世纪 90 年代的 133 万 hm^2 发展到目前的 300 万 hm^2 ^[3],是目前种植面积最大的豆科牧草之一。苜

* 收稿日期:2014-11-14 接受日期:2015-01-19

基金项目:江苏省高校优势学科建设工程资助项目(PADA);江苏省科技支撑项目(BE2013387);江苏省高校研究生科研创新计划项目(KYZZ_0367)

第一作者:左晓昕(1992-),女,江苏姜堰人,在读硕士生,主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail:1570197184@qq.com

通信作者:赵国琦(1964-),男,吉林长春人,教授,博导,博士,主要从事动物营养与饲料科学。E-mail:gqzhao@yzu.edu.cn

蓍主要以青干草、草粉、青贮料的形式饲喂动物,目前有很多研究发现,蓍中含有许多活性物质,这些从蓍中提取的活性物质不仅可以缓解动物饲料资源匮乏的问题,还能预防传染病的发生,提高动物的抵抗力^[4-5]。

1 蓍皂苷

皂苷是苷类的一种,由于它的水溶液在震荡时会产生泡沫,像肥皂一样,因此称为皂苷。蓍皂苷是从蓍中提取出来的生物活性物质,由含糖化合物的羟基或非含糖化合物的羟基经缩醛链脱水缩合而成的环状缩醛物,是五环三萜烯类化合物^[6]。有研究发现国内蓍品种的平均总皂苷含量为2.22%,不同的蓍品种之间皂苷的含量有差异,同一品种不同部位的皂苷含量也存在差异^[7]。蓍根部皂苷的含量多于其他部位,其中根部的总皂苷占干物质含量的2.43%,而地上部分仅占干物质的1.49^[8]。Bialy等^[9]报道蓍根部含有24种皂苷,它们是由很多单体皂苷形成的复合物。

1.1 蓍皂苷的生物学功能

溶血是皂苷的主要功能特性,主要通过和红细胞里面的胆固醇结合形成稳定的络合物而产生溶血作用。皂苷还能与膜胆固醇、蛋白质和磷脂结合,形成具有不同稳定性的产物。还发现低浓度注射蓍皂苷水溶液即产生溶血作用,口服给予不会产生溶血作用^[10]。在检测蓍总皂苷的毒性和突变性发现,小鼠口服蓍皂苷后会产生较低毒性,但不会影响小鼠的健康状况^[11];皂苷可以显著影响动物体内的脂肪代谢,具有抑制动物体内总胆固醇的增加,提高脂蛋白脂肪酶(LPL)和肝甘油三酯脂酶(HTGL)的活性等作用。蓍皂苷还具有防止发生动脉粥样硬化的功能,是调节血脂水平和保护心血管的保健品^[12-13];蓍皂苷具有抗氧化功能,能够保护动物免受脂质过氧化物的损伤,主要通过提高谷胱甘肽过氧化物酶的活性,抑制丙二醛水平,皂苷中含有三萜皂苷,由于三萜皂苷具有微弱的抗致病菌的功能,皂苷也能抗菌消炎^[14];蓍皂苷具有免疫功能,能够提高动物体内免疫球蛋白M(IgM)的含量,促进禽类免疫器官法氏囊和脾脏增生,提高中枢系统和外周系统的免疫力。蓍皂苷还会影响动物的生产性能。

1.2 蓍皂苷在动物上的应用

1.2.1 蓍皂苷在鸡上的应用 蓍皂苷能够显著降低鸡蛋中的胆固醇水平。给海兰褐商品蛋鸡的玉米—豆粕型饲料中添加不同水平的蓍皂苷,发现添加30 mg·kg⁻¹的蓍皂苷组的蛋黄胆固醇浓度与不添加蓍皂苷的对照组相比差异显著($P<0.05$),在血清中胆固醇的浓度极显著低于对照组($P<0.01$)^[15]。Zhou等^[16]和Fan等^[17]也发现饲喂蓍皂苷可以降低鸡蛋中的胆固醇水平。蓍皂苷还能提高蛋鸡的生产性能。在添加一定剂量的蓍皂苷后,海兰褐商品蛋鸡的产蛋率、蛋重增加,虽然饲料消耗量增加,但是料蛋比下降,以添加60 mg·kg⁻¹的蓍皂苷对蛋鸡脂肪代谢、胆固醇和生产性能影响效果最佳^[15]。还发现60 mg·kg⁻¹的蓍皂苷能够显著增加盲肠中双歧杆菌的含量,而大肠杆菌的含量显著降低,故改善了蛋鸡肠道微生物内环境^[18],还能降低粪中钙磷和氨气的含量,提高饲料的利用率。由此可以看出,目前发现的蓍皂苷在蛋鸡上的主要功能是降低蛋鸡体内的胆固醇水平,提高蛋鸡的生产性能以及改善肠道内环境。

1.2.2 蓍皂苷在猪上的应用 蓍皂苷可以提高猪(*Sus scrofa*)的生长性能和抗氧化能力,促进猪对碳水化合物的吸收利用。研究发现随着蓍皂苷添加量的增加仔猪的平均日增重呈线性上升^[19-21],对育肥猪而言,在饲料中添加蓍皂苷可以提高肥育猪生长性能,但是高剂量的蓍皂苷会抑制肥育猪的生长^[22],蓍皂苷还具有抗氧化功能,可以提高断奶仔猪中的血清、肝脏和肌肉中谷胱甘肽过氧化物酶的活性^[19-20],也可以提高育肥猪的抗氧化能力^[22]。血浆中的总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和甘油三酯是反映动物机体内脂类代谢情况的指标。随着蓍皂苷的增加,试验猪血浆中的总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和甘油三酯提高,能够提高对碳水化合物的吸收利用率^[23-24]。

1.2.3 蓍皂苷在羊上的应用 蓍皂苷主要作用于反刍动物的瘤胃。其对羊草在绵羊(*Ovis aries*)瘤胃内降解有显著影响,当蓍皂苷的添加量在8 g·d⁻¹时,对羊草中中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的降解率最高^[25]。蓍皂苷可以调节瘤胃内环境,当添加量在一定水平(8 g·d⁻¹)时,可以

减少瘤胃内原虫数,调整瘤胃微生物区系,提高降解纤维型细菌的数量和纤维降解率^[25]。苜蓿皂苷也会影响山羊(*Capraaegagrus hircus*)的瘤胃细菌发酵,1%~3%的苜蓿皂苷可以显著降低瘤胃细菌发酵液的 pH,提高总挥发性脂肪酸和氨态氮的浓度,但对微生物蛋白浓度并没有产生显著影响^[26]。苜蓿皂苷还能维持绵羊体内的氮平衡,提高绵羊的生产性能,可以显著提高绵羊日增重,但是不同性别增重效果不同,雌性的日增重低于雄性^[25](表 1)。

表 1 苜蓿皂苷生物学功能和在动物上的利用(以鸡为例)
Table 1 Biological function and application on animal of alfalfa saponins (take chicken as example)

项目 Item	指标 Parameter	参考文献 References
生物学功能 Biological function	溶血 Hemolysis	[10]
	促进脂肪代谢,调节血脂 Promote lipornetabolism and regulate blood lipids	[12-13]
	提高 GSH—Px,抑制 MDA,抗氧化 Antioxidant with increasing the activity of glutathione peroxidase,in- hibiting malondialdehyde	[14]
在动物上的利用 Application on animal	溶血 Hemolysis	[10]
	降低鸡蛋中的胆固醇水平 Reduce cholesterol levels in eggs	[15-17]
	提高蛋鸡的生产性能,产蛋率、蛋重增加 Improve production performance of laying hens with increased egg weight and laying rate	[15]
	改善肠道微生物内环境 Adjust the microbial environment in intestine	[18]

2 苜蓿多糖

苜蓿多糖是从苜蓿中提取的水溶性非淀粉酸性植物多糖。苜蓿多糖的组成成分是葡萄糖、甘露糖、鼠李糖、半乳糖醛酸和另外一种未知的单糖,不包含蛋白质和淀粉。由于影响苜蓿多糖提取率的因素很多,苜蓿多糖提取率范围波动较大,最新研究指出用微波辅助提取苜蓿多糖效果较好,并提出在最适条件下,苜蓿多糖的提取量可高达 49.362 mg·kg⁻¹^[27]。苜蓿多糖能够调节机体的生理活动,给动物提供维持正常生命活动所需的能量,活性多糖还具有增强免疫、防止动脉发生粥样硬化、预防高胆固醇和抗感染的作用。此外苜蓿多糖与云芝多糖和香菇多糖一样没有毒性,可以作为添加剂和保健品放心使用^[28]。

2.1 苜蓿多糖的生物学功能

苜蓿多糖是一种生物免疫调节物质,能够通过

抑制 HIV 病毒逆转录酶的活性,阻止病毒反转录整合形成 DNA 拷贝并通过细胞内的酶消灭病毒 RNA;通过 NH₄HCO₃ 溶液洗脱后得到的 4 种不同组分的苜蓿多糖对 HIV 的逆转录酶活性存在显著差异,不同组分的苜蓿多糖其吸光度越大,对 HIV 逆转录病毒的抑制活性越强^[29];苜蓿多糖还能通过抑制蛋白酶的活性来抑制传染病,由于蛋白酶失活的作用,蛋白多聚体无法水解,抑制了病毒的成熟从而阻止传染病的发生;苜蓿多糖也可以通过增加淋巴细胞的含量,提高淋巴细胞产生抗体的能力从而增强动物的免疫力^[30]。

2.2 苜蓿多糖在动物上的应用

2.2.1 苜蓿多糖在鸡上的应用 有研究发现,苜蓿多糖有明显的提高鸡的生长性能和机体免疫的作用。水溶性苜蓿多糖(WSAP)对肉仔鸡的生长性能也有一定的影响,在早期添加 WSAP 会抑制肉仔鸡生长发育,到后期则会促进肉仔鸡的生长。WSAP

是通过调节机体的免疫机能而促进肉仔鸡的生长^[29-30]。添加一定比例的苜蓿多糖可以显著提高肉仔鸡粗蛋白的代谢率,促进动物对营养物质的消化利用率,加快蛋白质的合成;但是 2% 苜蓿多糖则会显著降低仔鸡粗蛋白的代谢率,降低动物对日粮中营养物质的利用率^[31]。苜蓿多糖可以促进 1 日龄的艾维茵肉仔鸡中 T 淋巴细胞增殖,从而提高仔鸡的免疫能力^[32];其还可以提高血清中新城疫 HI 抗体的水平,对抵抗新城疫病毒有较好的效果。苜蓿不同部位提取的 WSAP 的巨噬细胞的吞噬指数均高于饲喂 WSAP 的对照组^[33]。

2.2.2 苜蓿多糖在猪上的应用 苜蓿多糖对体液免疫和细胞免疫有不同程度的调节作用,研究发现苜蓿多糖可以作为免疫增强剂强化猪瘟兔化弱毒疫苗的作用。有研究发现在疫苗注射基础上同时注射苜蓿多糖的试验组中 B 淋巴细胞含量和血清中抗体的平均水平与不注射苜蓿多糖组相比均有显著增加,同时苜蓿多糖还可以增强红细胞免疫功能^[34]。有将苜蓿多糖作为猪瘟兔化弱毒疫苗

的强化剂对猪的免疫反应研究^[35]同样证明了以上结论,试验还通过测定动物体内谷氨酸丙酮酸转氨酶(GPT)、谷草转氨酶(GOT)的活性,指出注射苜蓿多糖对 60 日龄仔猪的肝脏等实质性脏器并无损伤,仔猪血液中 B 淋巴细胞的数量显著增加,血清中免疫球蛋白 G 的水平更高,试验组对猪瘟病毒有更好的抵抗力。

2.2.3 苜蓿多糖在兔上的应用 苜蓿多糖可以提高热应激兔(Leporidae)的生长性能和抗氧化能力。试验将环境温度控制在 29~31℃,在基础日粮的水平上给产生热应激的兔饲喂不同水平的苜蓿多糖,发现随着苜蓿多糖水平的增加,兔体内清除 1,1-二苯基苦基苯肼(DPPH)自由基以及抑制自由基增长的能力也相应提高,研究还发现基础日粮中添加 0.5% 的苜蓿多糖所获得的平均日增重明显高于基础对照组,皮质醇含量显著降低,超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶的含量显著增加^[36],对于促进热应激状态下兔的生长性能和抗氧化能力均有积极的意义(表 2)。

表 2 苜蓿多糖生物学功能和在动物上的利用(以鸡为例)
Table 2 Biological function and application on animal of alfalfa polysaccharides (take chicken as example)

项目 Item	指标 Parameter	参考文献 References
生物学功能 Biological function	提高免疫能力 Improve immunity	[29]
	提高饲料的消化利用率 Improve the digestibility of feed	[30]
	提高动物的生长性能 Improve the growth performance of animals	[31]
在动物上的利用 Application on animal	提高肉仔鸡的生长性能 Improve the growth performance of broilers	[29-30]
	提高肉仔鸡对粗蛋白的代谢率和对饲料的消化利用 Improve the metabolic rate of crude protein and the digestibility of feed in broilers	[29-31]
	提高淋巴细胞的水平增加免疫能力 Increase the immunity by enhancing lymphocyte levels	[32-33]

3 苜蓿黄酮

苜蓿中含有丰富的黄酮,作为苜蓿的生物活性成分之一,在一定剂量内能够维持畜禽的正常生理生化功能。可以通过液相色谱分析^[37]鉴定苜蓿中

的黄酮种类众多,不同苜蓿品种黄酮的含量存在差异。牧歌三叶型(AmeriGraze trifoliolate)紫花苜蓿的总黄酮量最高,全能三叶型(Total trifoliolate)紫花苜蓿的含量最低;在不同生育期、不同部位的苜蓿黄酮含量也不相同,苜蓿叶在始花期黄酮量最高,后

期缓慢下降;苜蓿茎则在生长时期含量最高,然后随着木质化程度的增加而降低^[38]。

3.1 苜蓿黄酮的生物学功能

苜蓿中的黄酮可以代替抗氧化剂,有效地被动物体吸收,降低其在动物体内的残留。作为一种天然抗氧化物,黄酮可以通过自身所含有的酚类物质获得过氧化自由基,抑制过氧化链式反应进行,抑制油脂氧化;黄酮化合物还可以与维生素 E 和维生素 C 协同作用起到抗氧化的功能。苜蓿黄酮可以增强动物的免疫能力,促进淋巴细胞的扩增和提高动物的脾脏功能。苜蓿中的黄酮成分具有很好的抗癌作用^[39],通过黄酮中的染料木黄酮降低乳腺癌的发病率,黄酮中的刺芒柄花黄素能够降低甲状腺癌的发病率。苜蓿黄酮中的芹菜素抑制白细胞株 HL-60 具有促进生长和诱导凋亡的作用^[40],这种芹菜素还能降低前列腺癌的发病率^[41]。

3.2 苜蓿黄酮在动物上的应用

苜蓿黄酮作为一种植物激素,可以与母畜体内的内生性雌激素作用,引起母畜的性成熟、发情等一

系列生理功能发生变化,影响繁殖性能。苜蓿黄酮能降低大鼠(*Rattus norvegicus*)的采食量,抑制其增重^[42]。在大鼠妊娠前连续灌胃苜蓿黄酮,会影响雌鼠的内分泌激素和繁殖性能,不同的添加水平对雌鼠的内分泌激素和繁殖机能的影响程度也不同。添加低剂量对雌鼠的繁殖性能的影响较为显著,其中成熟雌鼠和非性成熟雌鼠的卵巢湿重和系数均显著降低,而性成熟子宫湿重和系数则显著提高,且产仔数和初生窝重均提高。黄酮还可以与内源性激素结合,促进蛋白质合成,提高鸡的生长性能和屠宰率^[43]。欧阳克蕙等^[44]指出苜蓿黄酮对崇仁麻鸡(*Chongren pullus*)生长性能产生影响,但对麻鸡母雏的生长性能没有显著影响,但总的来讲,对麻鸡的平均日增重和饲料的利用率具有提高和降低料重比的作用。另外,对后生长期麻鸡腿肌脂肪沉积的抑制效果优于胸肌。给崇仁麻鸡饲喂适量的苜蓿黄酮还能够促进麻鸡的生长,降低脂肪沉积,提高胴体的品质^[45]。以上说明苜蓿黄酮具有促进动物生长和改善动物产品品质的作用(表 3)。

表 3 苜蓿黄酮生物学功能和在动物上的利用(以鸡为例)
Table 3 Biological function and application on animal of alfalfa flavonoids (take chicken as example)

项目 Item	指标 Parameter	参考文献 References
生物学功能 Biological function	含酚类结构,抗氧化 Antioxidant with the structures of phenolic group	[40]
	提高免疫力,抗癌 Improve immunity and anti-cancer	[41]
	提高生长性能,改善肉品质 Advance the growth performance, improve meat quality	[43-45]
在动物上的利用 Application on animal	提高崇仁麻鸡的生长性能,平均日增重有所增加 Improve the growth performance of Chongren Chicken, the average daily gain increased	[43-44]
	降低脂肪沉积,改善肉品质 Reduce fat deposits, improve meat quality	[45]

4 结论

苜蓿中活性物质可以作为动物的饲料添加剂使用,一定剂量的苜蓿活性物质可以提高动物的免疫力和抗氧化功能、增加动物的生产性能和繁殖性能、提高畜产品品质等。虽然苜蓿活性成分有多种生物学功能,但目前对其进行实际开发和利用的却很少。

一是原料苜蓿的质量得不到保证,生物活性成分会因为不同的环境条件,如虫害、刈割时间、储藏方法等产生极大的差异^[46];另一方面是因为苜蓿中活性物质的提取技术并不十分成熟,对紫花苜蓿活性物质的提取率并不高,还不能形成相应的生产规模。但是苜蓿活性物质的开发利用仍存在很大的价值:苜蓿皂苷能够促进畜禽生长发育,提高饲料利用率,

降低畜禽肉品质的胆固醇,能够作为降血脂和保护心血管的保健品;苜蓿多糖可以促进畜禽生长,提高免疫能力;苜蓿黄酮能够作为抗氧化剂抑制过氧化反应,降低脂肪沉积,提高胴体品种,满足消费者对肉产品质量的要求。苜蓿生物活性物质的应用具有

广阔的前景,今后研究的重点应该是提高加工工艺和苜蓿的利用率,将研究中得到的成果应用到实际生产上,除了作为饲料添加剂应用于畜禽中,还要不断深入研究苜蓿生物活性物质的价值,开发更多的苜蓿保健品以及苜蓿饮料。

参考文献

- [1] 王运亨,张振山,何启军,蔡士利.苜蓿是饲喂奶牛的好饲料[J].中国奶牛,2000(6):27-28.
- [2] Peterson T E, McDowell L R, McMahon R J, Wilkinson N S, Rosendo O, Seymour W M, Henry P R, Martin F G, Shearer J K. Balance and serum concentration of biotin in sheep fed alfalfa meal-based diets with increasing level of concentrate[J]. Animal Science, 2004, 82(4): 1165-1169.
- [3] 王跃卿,王翠玲,程广伟,李旭辉,王洁琼.苜蓿育种进展[J].中国草食动物,2009(5):58-61.
- [4] 陈红莉. 苜蓿多糖对肉仔鸡消化代谢、生长及免疫性能影响的研究[D].石河子:石河子大学硕士论文,2006.
- [5] 樊文娜,王成章,史鹏飞,严学兵,杨玲玲,郭江泽.苜蓿皂甙的研究应用进展[J].草业科学,2008,25(11):65-69.
- [6] 刘晴雪. 水溶性苜蓿多糖对肉仔鸡生长及免疫性能的影响[D].北京:中国农业科学院博士论文,2010.
- [7] 王松柏.苜蓿总皂甙提取纯化工艺的研究[D].北京:中国农业科学院博士论文,2005.
- [8] 刘勇.紫花苜蓿皂甙含量的变异及其遗传力的研究[D].重庆:西南大学博士论文,2006.
- [9] Bialy Z, Jurzysta M, Oleszek W, Piacente S, Pizza C. Saponins in alfalfa root and their structural elucidation[J]. Agricultural Food Chemistry, 1999, 47(8): 3185-3192.
- [10] Griminger P, Fisher H. Dietary saponin and plasma cholesterol in the chicken[J]. Proceedings of Society for Experimental Biology and Medicine, 1958, 99(2): 424-426.
- [11] 李国风,李兰芳,张勤增,郝娜,王薇.苜蓿总皂苷的急性毒性和遗传毒性[J].癌变·畸变·突变,2009,21(1):62-64.
- [12] Yu C H, Xie G, He R R, Zhai Y J, Li Y F, Tsoi B, Kurihara H, Yang D P. Effects of a purified saponin mixture from alfalfa on plasma lipid metabolism in hyperlipidemic mice[J]. Journal of Health Science, 2011, 57(5): 401-405.
- [13] Khaleel A E, Gad M Z, El-Maraghy S A, Hifnawy M A, Abdel-Sattar E. Study of hypocholesterolemic and antiatherosclerotic properties of *Medicago sativa* L. cultivated in Egypt[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2005, 13(3): 212-218.
- [14] Liu D L, Wang N L, Zhang X, Gao H, Yao X S. Two new triterpenoid saponins from *Ardisia crenata* [J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2007, 9(2): 119-127.
- [15] 侯永刚,陈辉,黄仁录,潘栋,王飞,王洪芳.苜蓿皂甙对蛋鸡胆固醇含量及脂质代谢的影响[J].畜牧与兽医,2009,41(3):73-76.
- [16] Zhou L, Shi Y, Guo R, Liang M, Zhu X, Wang C. Digital gene-expression profiling analysis of the cholesterol-Lowering effects of alfalfa saponin extract on laying hens[J]. PLoS ONE, 2014, 9(6): 98578.
- [17] Fan W, Du H, Zhou L, Shi P, Wang C. Digital gene-expression of alfalfa saponin extract on laying hens[J]. Genomics Data, 2015, 3: 97-99.
- [18] 侯永刚,黄仁录,陈辉,王飞,王洪芳.苜蓿皂甙对蛋鸡肠道菌群及粪便氮磷排泄的影响[J].中国饲料,2009(11):26-27.
- [19] Shi Y H, Wang J, Guo R, Wang Z, Yan X B, Xu B, Zhang D Q. Effects of alfalfa saponin extract on growth performance and some antioxidant indices of weaned piglets[J]. Livestock Science, 2014, 167: 257-262.
- [20] 史莹华,王成章,徐兵,王先科,陈明亮,袁德地.苜蓿皂甙对断奶仔猪生长性能和抗氧化性能的影响[J].草地学报,2010,19(5):735-739.
- [21] 王彦华,王成章,高永革,严学兵,史莹华,何云.苜蓿皂苷对断奶仔猪生产性能、消化率及血液生化指标的影响[J].草业学报,2009,18(5):115-122.
- [22] 王彦华,程宁宁,郑爱荣,樊文娜,史莹华,王成章.苜蓿草粉和苜蓿皂苷对肥育猪生长性能和抗氧化性能的影响[J].动物营养学报,2013,25(12):2981-2988.

- [23] 王彦华,王成章,高永革,李振田,史莹华,苑园园.苜蓿草粉和皂甙对肥育猪生产性能和血液生化指标的影响[A].河南省畜牧兽医学会.河南省畜牧兽医学会第七届理事会第二次会议暨 2008 年学术研讨会论文集[C].郑州:河南省畜牧兽医学会,2008:6.
- [24] 胡明,卢德勋,牛文艺,任晓萍,娜仁,羿静,乔俊文.苜蓿皂甙对绵羊瘤胃内纤维物质降解动力学的影响[J].河南农业科学,2007(1):95-98.
- [25] 胡明,卢德勋,牛文艺,任晓萍,娜仁,羿静,鲍庆江.苜蓿皂甙对绵羊氮平衡及生产性能的影响[J].中国畜牧兽医,2006,33(10):3-5.
- [26] 张建刚,王雅倩,赵国琦,郭彩霞,庄涛.苜蓿皂苷对山羊瘤胃细菌发酵的影响[J].中国畜牧杂志,2012,48(9):51-55.
- [27] 葛亚龙,杨恒拓,余凡,田光辉,张晓琦.苜蓿多糖的提取及其清除羟基自由基作用研究[J].食品工业,2014,35(1):7-10.
- [28] 张东杰.苜蓿的营养功能成分及其在功能食品中的应用前景[J].黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(4):69-72.
- [29] 张丽萍,张东杰,冯昆.苜蓿多糖的提纯组分对 HIV 逆转录酶和蛋白酶活性的抑制作用[J].中国食品学报,2006,6(2):59-62.
- [30] 王丽荣,董永军,郝永清.水溶性苜蓿多糖对肉仔鸡巨噬细胞吞噬功能的影响[J].中国兽医杂志,2004,40(7):28-29.
- [31] 李海英,陈红莉,孙国君.苜蓿多糖对肉仔鸡养分利用率的影响[J].养殖技术顾问,2007,9:101-102.
- [32] 江振莹,玉兰.水溶性苜蓿多糖对肉仔鸡营养免疫作用的研究[J].饲料工业,2005,26(21):19-20.
- [33] 王丽荣.水溶性苜蓿多糖(WSAP)对肉仔鸡免疫机理的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学博士论文,2001.
- [34] 赵坤,李敬玺,张慧辉,郭东升,贾贝贝,王三虎,张世军.苜蓿多糖对猪瘟兔化弱毒疫苗免疫效果的影响[J].河南农业大学学报,2005,39(4):67-71.
- [35] 张世军,王三虎,赵坤.苜蓿多糖对猪瘟兔化弱毒疫苗免疫应答强化作用的研究[J].河南农业科学,2003(10):57-60.
- [36] Liu H W, Dong X F, Tong J M, Zhang Q. Alfalfa polysaccharides improve the growth performance and antioxidant status of heat-stressed rabbits[J]. Livestock Science, 2010, 131(1):88-93.
- [37] Liang J, Yang Z, Cao X, Wu B, Wu X. Preparative isolation of novel antioxidant flavonoids of alfalfa by stop-and-go counter-current chromatography and following on-line liquid chromatography desalination[J]. Journal of Chromatography A, 2011, 1218(36):6191-6199.
- [38] 薄亚光,贾志宽,韩清芳.多叶型与三叶型紫花苜蓿地上部总黄酮含量的比较[J].西北农业学报,2008,17(4):129-132.
- [39] Horn-Ross P L, Hoqqatt K J, Lee M M. Phytoestrogens and thyroid cancer risk: The San Francisco Bay Area thyroid cancer study[J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2002, 11(1):43-49.
- [40] Wang I K, Lin Shiau S Y, Lin J K. Induction of apoptosis by apigenin and related flavonoids through cytochrome c release and activation of caspase-9 and caspase-3 in leukaemia HL-60 cells[J]. European Journal Cancer, 1999, 35(10):1517-1525.
- [41] Shcnouda N S, Zhou C, Browning J D, Ansell P J, Sakla M S, Lubahn D B, Macdonald R S. Phytoestrogens in common herbs regulate prostate cancer cell growth in vitro[J]. Nutrition and Cancer, 2004, 49(2):200-220.
- [42] 王伟,马登坦,翟新莹,王成章,田苗苗,严学兵.苜蓿黄酮对雌性大鼠生长和繁殖性能的影响[J].草业学报,2013,22(2):100-108.
- [43] 赵伟,陈鑫,刘红南,欧阳文文,王明昊,李垚.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.
- [44] 欧阳克蕙,熊小文,王文君,胡耀,周萍芳,刘党生.苜蓿黄酮对崇仁麻鸡生长性能及肌肉化学成分的影响[J].草业学报,2013,22(4):340-345.
- [45] 熊小文,周萍芳,丁君辉,戴征煌,欧阳克蕙,瞿明仁.苜蓿草粉和苜蓿黄酮提取物对崇仁麻鸡母雏生长性能和养分利用率的影响[J].江西畜牧兽医杂志,2012(3):30-33.
- [46] 夏素银,严学兵,王成章,李海艳.紫花苜蓿生物活性成分在畜禽生产中的应用[J].草业科学,2010,27(7):133-140.

(责任编辑 张瑾)