动物营养学报 2019,31(7):2999-3003
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2019.07.008

大豆异黄酮在奶牛生产中的研究进展

赵　悦[1]　童津津[1]　熊本海[2]　蒋林树[1*]

(1.北京农学院动物科技术学院,奶牛营养学北京市重点实验室,北京 102206;
2.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所,北京 100193)

摘　要: 大豆异黄酮是豆科植物中存在的一类黄酮类化合物,由于其类雌激素活性而被称为植物雌激素,具有抗肿瘤、抗氧化应激、抗炎以及促进乳腺上皮细胞增殖等能力。本文主要从大豆异黄酮的主要成分、结构功能及其对奶牛瘤胃发酵、泌乳性能、抗氧化能力以及增殖性能的影响和作用机制等方面进行阐述。

关键词: 大豆异黄酮;奶牛;生产性能;瘤胃;乳腺上皮细胞;抗氧化能力

中图分类号:S823;S816.7　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1006-267X(2019)07-2999-05

在奶牛规模化养殖的生产过程中,如何将奶牛的产奶量达到最高,如何使奶牛的泌乳性能更好地提升,如何将奶牛的抗氧化水平达到最佳,一直是畜牧工作者研究的重点。饲粮添加适量的添加剂或动物生长促进剂可以起到调控作用,但其在畜产品中的药物残留物会对人体健康产生危害。开发利用能够促进动物生长的天然活性物质逐渐受到人们的关注。大豆异黄酮(soybean isoflavones,SI)是一种天然的添加剂,是由大豆衍生而来的一类次级代谢产物,属于植物雌激素家族,具有多种生理功能[1]。大豆异黄酮具有弱雌激素活性,因此可以作为抗氧化剂以及调节机体内源性激素水平的生理调节剂[2]。它具有促进动物乳腺发育、提高奶牛泌乳量以及增强机体免疫力等作用[3]。此外,大豆异黄酮还具有绿色、安全、有效以及副作用小等优点[4]。本文结合国内外近年来的研究成果,对大豆异黄酮在奶牛生产中的应用进行综述,为开发利用大豆异黄酮等天然饲料添加剂提供理论依据。

1　大豆异黄酮的结构及功能

大豆异黄酮是一种存在于豆科植物中的黄酮类化合物[1]。大豆是日常饮食生活中很重要的一种食物,也是植物雌激素的来源[5]。大豆异黄酮主要分布于大豆的种皮、胚轴和子叶中[6],其中含量最高的是大豆的子叶,占总含量的80%~90%;胚轴中的总含量相对较低,但是含有的大豆异黄酮的种类较多[7]。由于大豆异黄酮的化学结构类似于哺乳动物雌激素的化学结构,因此大豆异黄酮在内分泌调节中具有双重作用[8],是选择性雌激素受体调节剂[9],既能作为雌激素与受体进行结合,又能作为抗雌激素阻碍其与受体结合[10]。大豆异黄酮在不同水平下都具有生物活性,对具有高雌激素水平的受体产生抗雌激素作用,对具有低雌激素水平的受体产生雌激素作用[3,7]。近年来研究发现,大豆异黄酮在人类疾病治疗中起到了抗肿瘤[11]、抗氧化应激、抗炎[12]以及增强组织细胞增殖能力等作用[13]。对于非反刍动物来说,大豆异黄酮能提高蛋白质合成效率、促进家畜生长、改善繁殖性能[14-15]。而对于反刍动物而言,

收稿日期:2018-12-17

基金项目:北京市农业局"北京市现代农业产业技术体系奶牛创新团队";国家自然科学基金项目(31772629,31702302,31802091)

作者简介:赵　悦(1996—),女,北京人,硕士研究生,研究方向为反刍动物营养与免疫。E-mail:982830024@qq.com

* **通信作者:**蒋林树,教授,博士生导师,E-mail:kjxnb@vip.sina.com

大豆异黄酮能够促进奶牛泌乳性能、改善常规乳成分等作用[3,10,16-17]。

2 大豆异黄酮中的主要成分

据报道,大豆异黄酮共有 12 种,其中最主要的 2 种为染料木黄酮和大豆苷元[13],存在形式主要以 2 种形式存在,一是游离的苷元型异黄酮,二是糖苷型异黄酮,游离的苷元型异黄酮的含量较少,糖苷型异黄酮的含量较多,占总异黄酮含量的 97%~98%[7]。由于苷类成分在肠道内难以吸收代谢,所以糖苷型异黄酮必须经过肠道微生物发酵转化或直接水解成苷元型异黄酮才能被机体吸收利用[7]。反刍动物在口服摄入后,糖苷被细菌葡糖苷酶水解成糖苷配基,被瘤胃微生物高度代谢[18],将大豆苷元转化为雌马酚[19]。染料木黄酮代谢为对乙基苯酚[20],尽管对乙基苯酚是一种无活性的代谢产物,但雌马酚是大豆苷元在奶牛体内通过生物转化产生的具有较稳定化学结构的最终代谢产物,与受体结合具有更高的亲和力,相对于其母体大豆苷元具有更高的生物活性[20],因此可作为一种更有效的抗氧化剂,能够更好地促进动物乳腺发育,提高产奶量、机体免疫力和抗氧化能力[13]。

3 大豆异黄酮对奶牛生产性能的影响及作用机制

3.1 对瘤胃发酵的影响及作用机制

瘤胃是一个高度多样化的生态系统,包括 3 个微生物分类群:细菌、原生动物和真菌[20]。奶牛瘤胃微生物组在动物健康和生产力方面发挥着重要作用,是一个非常动态的系统,随着年龄的增长[21]或饮食[22]而变化。瘤胃中的大多数细菌是对氧气敏感的专性厌氧菌,细菌种群可受各种因素的影响,如饲粮、物种和寄主年龄、饲料、饲料添加剂、季节和地理区域等[23]。此外,瘤胃厌氧细菌的代谢活动受 pH 和氧化还原电位值变化的影响[20]。大豆异黄酮对瘤胃环境的影响的研究很少且不一致。Kasparovska 等[20]研究发现,饲粮中添加大豆异黄酮的试验组和未添加大豆异黄酮的对照组相比,pH 和氨含量没有显著差异;但是与试验组相比,对照组的总挥发性脂肪酸(TVFA)含量较高;2 组中丙酸在 TVFA 含量中的比例相似。据报道,大豆异黄酮及其代谢物在吸收后存在于循环血液中[20]。除了瘤胃内异黄酮的初始直接作用外,血液中的这些循环异黄酮及其代谢物也会影响瘤胃微生物,如通过唾液或通过瘤胃上皮进入瘤胃的血液中睾酮水平的波动可能影响挥发性脂肪酸(VFA)含量和瘤胃细菌蛋白[24-25],需要进一步的研究来澄清这些观察结果。然而,关注异黄酮对瘤胃微生物种群组成的影响的研究很少。朱河水等[26]和李琮等[27]报道,大豆黄酮可以通过血液循环影响瘤胃的代谢以及提高微生物蛋白的含量。刘春龙等[28]试验结果表明,添加染料木黄酮可以增加饲粮中乙酸和 TVFA 的产量,但是对于丙酸产量、乙酸和丙酸的比值并未产生影响。

3.2 对泌乳性能的影响及作用机制

奶牛乳腺的发育状况会影响奶牛的泌乳性能,通过神经内分泌系统可以对奶牛乳腺的发育状况及泌乳过程进行调控[10]。据报道,大豆异黄酮可影响神经内分泌系统的生长轴,并且可与下丘脑、垂体等处的受体进行结合,促进垂体分泌生长激素(GH)和催乳素(PRL)[10]。催乳素可以增加细胞核内的 RNA,使蛋白激酶受到环化腺苷酸(cAMP)的激活,促使糖元和脂肪进行分解[29],增加乳汁的分泌,从而提高奶牛产奶量[29]。

将大豆异黄酮这种天然的植物雌激素添加到奶牛饲粮中进行饲喂,在奶牛采食后,大豆异黄酮被消化吸收进入到奶牛的血液中,使血液中的胰岛素样生长因子-Ⅰ(IGF-Ⅰ)含量得到提升[10]。一方面,IGF-Ⅰ同时作用于哺乳动物雷帕霉素靶蛋白(mTOR)和 Janus 激酶-信号转导与转录激活子(JAK-STAT)2 条信号通路,调节乳蛋白相关基因表达从而促进乳蛋白合成,提高乳产量[30];另一方面,IGF-Ⅰ作用于下丘脑和垂体,可促进垂体生长激素和催乳素的分泌,使催乳素与受体结合[31],进而提高核蛋白体 RNA[32],使酪蛋白 mRNA 翻译转录的速度变快[26],从而使乳汁的分泌得到增加,提高奶牛的产奶量[31]。刘续航等[33]在大豆异黄酮对奶牛泌乳性能及乳腺主要免疫功能影响的研究表明,在混合饲粮的基础上添加大豆异黄酮可以显著提高奶牛的产奶量,但是对乳蛋白的含量和乳脂率无显著影响。杨建英等[34]在饲粮中添加大豆异黄酮可显著提高奶牛的产奶量以及乳中乳糖、乳蛋白含量和乳脂率。朱河水等[35]研究发现,大豆异黄酮不但能阻止奶牛泌乳后期产奶量下降,而且在一定程度上能提高泌乳量。有研究发

现,乳腺上皮细胞的增殖是决定泌乳持续性和乳产量的重要因素之一[36]。刘春龙等[37]在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研究中表明,在奶牛乳腺上皮细胞中添加不同浓度梯度的大豆异黄酮,在一定浓度范围内可以显著增强奶牛乳腺上皮细胞的增殖。穆莹等[38]研究发现,在饲粮中添加大豆异黄酮时,可以显著提高 β-酪蛋白、乳糖和甘油三酯的含量,促进细胞的增殖,提高奶牛的产奶量。欧阳五庆等[39]在研究大豆异黄酮对视网膜微血管内皮细胞(RMEC)增殖的影响时表明,大豆异黄酮能提高大鼠乳腺上皮细胞的细胞增殖,并且大豆异黄酮的添加剂量呈现一定的依赖性。卢志勇等[16]在进行不同浓度大豆异黄酮和奶牛乳腺上皮细胞共培养试验的结果中表明,当大豆异黄酮的添加剂量在一定范围时,可以显著提高奶牛乳腺上皮细胞分泌 β-酪蛋白、乳糖和甘油三酯的能力;并指出,大豆异黄酮可提高细胞活力,促进合成代谢与分泌 β-酪蛋白、乳糖和甘油三酯的能力,加速细胞对营养物质的转化效率,从而增强乳腺上皮细胞的泌乳能力。

3.3　对抗氧化能力的影响及作用机制

一般体内产生的自由基处于动态平衡状态,当体内产生的自由基过多或清除不足时,会导致机体产生氧化应激[2]。大豆异黄酮是有效的自由基清除剂,在体内和体外均具有高抗氧化能力,其分子结构的主链上,取代羟基的数目和位置是决定大豆异黄酮抗氧化能力的主要因素[40]。据报道,影响大豆异黄酮抗氧化活性最主要的羟基位 C-4' 位羟基,其次是 C-5 位羟基,而 C-7 位羟基对抗氧化活性的影响可以忽略[2]。由于染料木黄酮在 C-4' 位、C-5 位、C-7 位共有 3 个羟基,大豆苷元在 C-4' 位、C-7 位共有 2 个羟基,所以染料木黄酮和大豆苷元均是有效的抗氧化剂,且染料木黄酮的抗氧化活性强于大豆苷元。但是,大豆异黄酮的抗氧化能力并不仅仅由它们固有的自由基清除特性介导。许多研究表明,大豆异黄酮是天然强大的抗氧化剂,可以提升奶牛机体的抗氧化能力[3,16]。通过促进抗氧化基因的表达,提高抗氧化酶的活性,如过氧化氢酶(CAT)、超氧化物岐化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性,降低丙二醇(MDA)的含量,使细胞不受由活性氧(ROS)的释放产生自由基而引起的氧化损伤的破坏[40]。据报道,大豆异黄酮可阻止在细胞代谢过程中 DNA 中鸟嘌呤被某些活性氧破坏产生 8-羟基-2'-脱氧鸟苷,进而阻断自由基的链式反应,从而抑制脂质的过氧化生成[27]。因此,大豆异黄酮具有很好的抗氧化性,能够通过 2 种途径来发挥其抗氧化作用:一是清除体内产生的过多的自由基,使机体自由基处于平衡状态;二是增强抗氧化酶的活性,降低 MDA 的含量,使机体免受氧化损伤的破坏。

大豆异黄酮抗氧化能力非常强,可以保护机体,使机体不受 射线诱导的氧化损伤[41]。方洛云等[3]在大豆异黄酮对奶牛抗氧化指标影响的研究中表明,奶牛饲喂大豆异黄酮后,奶牛血清中的 SOD 和 GSH-Px 活性均有显著提高。刘德义等[42]在饲粮中添加了不同浓度的大豆异黄酮后,对具有过氧化物活性的酶进行测定,发现奶牛血清中的 GSH-Px、CAT 和 SOD 的活性显著上升。刘续航等[33]在饲喂大豆异黄酮 35 d 后的奶牛血清中发现 GSH-Px 和 SOD 的活性均有显著上升,CAT 的活性也有一定的提高。卢志勇等[16]在大豆异黄酮等对奶牛乳腺上皮细胞泌乳性能及抗氧化能力影响的研究中表明,大豆异黄酮能显著提高血清 CAT、SOD 和 GSH-Px 的活性,降低血清 MDA 和一氧化氮(NO)的含量,并呈一定的剂量依赖性。

4　小　结

大豆异黄酮是一种天然的饲料添加剂,其在奶牛生产中的应用目前主要集中在产奶量、泌乳性能以及抗氧化能力等方面,对于大豆异黄酮的成分分析以及作用机理等方面的研究较少。本文结合国内外应用大豆异黄酮对奶牛机体的影响进行了深入的分析,可为日后更好的应用大豆异黄酮这类植物雌激素提供依据。

参考文献:

[1] TSUGAMI Y, MATSUNAGA K, SUZUKI T, et al. Isoflavones and their metabolites influence the milk component synthesis ability of mammary epithelial cells through prolactin/STAT5 signaling[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2017, 61(10): 1700156.

[2] 邓卉,刘进远,汪林书,等.大豆异黄酮发挥抗氧化作用的途径及机理研究[J].四川畜牧兽医,2012,39(2):32-34.

[3] 方洛云,赵燕飞,金凯,等.大豆异黄酮对奶牛泌乳性能、血液免疫及抗氧化指标的影响[J].中国农学通报,2015,31(11):9-15.
[4] 李延杰.大豆异黄酮的生理作用以及在畜牧生产中的应用[J].现代畜牧科技,2016(11):47.
[5] 张百红,岳红云.植物雌激素的激素样作用机制研究进展[J].现代肿瘤医学,2018,26(9):1444-1446.
[6] 刘春龙,李忠秋,张帆,等.大豆黄酮和染料木素对奶牛血清生化及血液流变学指标的影响[J].中国兽医学报,2009(4):460-463,467.
[7] 张晓霞,刘春雪.大豆异黄酮及其在猪生产中的应用研究进展[J].粮食与饲料工业,2017(10):53-57.
[8] ASO T, UCHIYAMA S, MATSUMURA Y, et al. A natural S-equol supplement alleviates hot flushes and other menopausal symptoms in equol nonproducing postmenopausal Japanese women [J]. Journal of Women's Health, 2012, 21(1): 92-100.
[9] KANG H J, ANSBACHER R, HAMMOUD M M. Use of alternative and complementary medicine in menopause[J]. International Journal of Gynecology & Obstetrics, 2002, 79(3): 195-207.
[10] 程蕾,王定发,刘晓华,等.大豆异黄酮对奶牛产奶量及乳成分的影响[J].饲料博览,2009(4):5-7.
[11] RUSSO M, RUSSO G L, DAGLIA M, et al. Understanding genistein in cancer: the "good" and the "bad" effects: a review[J]. Food Chemistry, 2016, 196: 589-600.
[12] MORTENSEN A, KULLING S E, SCHWARTZ H, et al. Analytical and compositional aspects of isoflavones in food and their biological effects[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2009, 53(Suppl 2): S266-S309.
[13] 郑庆虎,周辉,陈祯祥,等.雌马酚的生物学作用及其在医学领域的研究进展[J].中国皮肤性病学杂志,2018,32(1):105-109.
[14] 郑峰,崔香丹,朱洁波,等.大豆异黄酮对小鼠肝癌移植瘤血管生成的抑制作用[J].大豆科学,2018,37(1):101-104.
[15] 韦习会,夏东,陈杰,等.饲喂大豆异黄酮对母猪繁殖性能及哺乳仔猪生长的影响[J].江苏农业学报,2004,20(1):51-54.
[16] 卢志勇,梁代华,杨运玲,等.大豆异黄酮对奶牛乳腺上皮细胞泌乳性能及抗氧化能力的影响[J].饲料与畜牧,2013(2):25-28.
[17] 赵传毅,姜宁,杨文忠,等.饲喂不同水平大豆异黄酮对泌乳中期奶牛生产性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2011(17):68-69.
[18] LUNDHT. Metabolism of estrogenic isoflavones in domestic animals[J]. Experimental Biology and Medicine, 1995, 208(1): 33-39.
[19] KASPAROVSKA J, KRIZOVA L, LOCHMAN J, et al. Soybean-derived isoflavone determination in rumen fluid and milk by LC-MS-(TOF)[J]. Journal of Chromatographic Science, 2016, 54(6): 997-1003.
[20] KASPAROVSKA J, PECINKOVA M, DADAKOVA K, et al. Effects of isoflavone-enriched feed on the rumen microbiota in dairy cows[J]. PLoS One, 2016, 11(4): e154642.
[21] JAMI E, ISRAEL A, KOTSER A, et al. Exploring the bovine rumen bacterial community from birth to adulthood[J]. The ISME Journal, 2013, 7(6): 1069-1079.
[22] SINGH K M, JISHA T K, REDDY B, et al. Microbial profiles of liquid and solid fraction associated biomaterial in buffalo rumen fed green and dry roughage diets by tagged 16S rRNA gene pyrosequencing[J]. Molecular Biology Reports, 2015, 42(1): 95-103.
[23] TAJIMA K, AMINOV R I, NAGAMINE T, et al. Diet-dependent shifts in the bacterial population of the rumen revealed with real-time PCR[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2001, 67(6): 2766-2774.
[24] 杨国宇,陈伟华,陈杰,等.雄性水牛瘤胃内睾酮的检测及变化规律的研究[J].南京农业大学学报,1998,21(1):82-86.
[25] 陈杰,杨国宇,韩正康.大豆黄酮对反刍动物血清睾酮和瘤胃消化代谢的影响[J].江苏农业研究,1999,20(2):17-19.
[26] 朱河水,王艳玲,杨国宇,等.大豆黄酮对奶牛相关产奶性能的影响[J].华北农学报,2006,21(6):127-129.
[27] 李琮,臧长江,刘亚伟,等.添喂两种植物雌激素对奶牛乳成分、血液生化指标和抗氧化性能的影响[J].中国畜牧兽医,2017,44(6):1688-1693.
[28] 刘春龙,李忠秋.大豆黄酮和染料木素对奶牛瘤胃发酵水平的影响研究[C]//首届中国奶业大会论文集.青岛:中国奶业协会,2010.
[29] 刘春龙,任延铭,姜文博,等.大豆异黄酮类植物雌激素对奶牛内分泌水平的影响[J].中国兽医学报,2010,30(9):1261-1264,1268.
[30] SIGL T, MEYER H H, WIEDEMANN S. Gene expression analysis of protein synthesis pathways in bovine mammary epithelial cells purified from milk during lactation and short-term restricted feeding[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,

2014,98(1):84-95.
[31] 李琮,陈俊宏,刘亚伟,等.大豆黄酮、芒柄花素及其组合对奶牛产奶性能、血浆和乳中激素含量的影响[J].动物营养学报,2017,29(1):309-316.
[32] 郭云,赵芳,邓海峰,等.补喂植物雌激素对泌乳期伊犁母马产奶量和乳成分的影响[J].中国饲料,2016(5):5-8.
[33] 刘续航,蒋林树,王俊杰,等.大豆异黄酮对奶牛泌乳性能及乳腺主要免疫功能的影响[C]//中国畜牧兽医学会 2013 年学术年会论文集.北京:中国畜牧兽医学会,2013.
[34] 杨建英,张勇法,王艳玲,等.大豆黄酮对奶牛产奶量和乳中常规成分的影响[J].饲料研究,2005(6):30-31.
[35] 朱河水,王艳玲,杨国宇,等.大豆黄酮对泌乳后期奶牛相关乳成分的影响[J].中国农学通报,2006,22(7):27-28.
[36] 孟海洋.王不留行对奶牛乳腺上皮细胞泌乳信号转导通路的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2013.
[37] 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.
[38] 穆莹,江连洲.大豆异黄酮对奶牛乳腺上皮细胞增殖及泌乳性能的影响[J].中国畜牧兽医,2013(1):187-190.
[39] 欧阳五庆,邹思湘,林成招.大豆黄酮对 RMEC 增殖的影响[C]//全国反刍动物营养生理生化第三次学术会议论文摘要汇编.长春:中国畜牧兽医学会,2004.
[40] ARORA A,NAIR M G,STRASBURG G M.Antioxidant activities of isoflavones and their biological metabolites in a liposomal system[J].Archives of Biochemistry and Biophysics,1998,356(2):133-141.
[41] 林厦菁,蒋守群,林哲敏,等.大豆异黄酮和抗生素对文昌鸡生长性能、肉品质和血浆抗氧化指标的影响[J].华南农业大学学报,2018,39(1):1-6.
[42] 刘德义,周玉传,陆天水,等.大豆异黄酮对奶牛产奶量和乳脂率及饲料转化率的影响[J].中国畜牧杂志,2004,40(4):31-32,55.

Research Progress of Soybean Isoflavones in Dairy Cows Production

ZHAO Yue[1]　TONG Jinjin[1]　XIONG Benhai[2]　JIANG Linshu[1]*

(1. *Beijing Key Laboratory of Cow Nutrition*, *Institute of Animal Science and Technology*, *Beijing University of Agriculture*, *Beijing* 102206, *China*; 2. *Institute of Animal Sciences*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100193, *China*)

Abstract: Soy isoflavones are a class of flavonoids found in legumes. They are called phytoestrogens due to their estrogen-like activity and have anti-tumor, anti-oxidative stress, anti-inflammatory and mammary epithelial cells proliferation capabilities and so on. This paper mainly described the main components, structure and function of soy isoflavones and the effects and mechanisms of soy isoflavones on rumen fermentation, lactation performance, antioxidant capacity and proliferation performance of dairy cows. [***Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(7):2999-3003**]

Key words: soy isoflavones; dairy cows; performance; rumen; mammary epithelial cells; antioxidant capacity

* Corresponding author, professor, E-mail: kjxnb@vip.sina.com

(责任编辑　武海龙)