

日粮中添加黄芪多糖对锦江黄牛瘤胃体外发酵及养分降解率的影响

李 翌, 聂春桃, 兰 剑, 陈 环, 宋小珍

(江西农业大学动物科学技术学院, 江西省动物营养重点实验室, 南昌 330045)

摘 要: [目的] 试验旨在探究不同水平黄芪多糖(astragalus polysaccharides, APS)对锦江黄牛瘤胃体外发酵指标及养分降解率的影响。[方法] 选取4头健康并安装永久瘤胃瘘管的锦江黄牛公牛, 采集瘤胃液。采用单因素试验设计, 试验分为6组, 每组4个重复, 在基础日粮中分别添加0、0.25%、0.5%、1.0%、2.0%和4.0%的黄芪多糖, 体外发酵24 h后测定发酵参数、养分降解率, 并评定多项指标综合指数(MFAEI)。[结果] 结果表明, 与对照组相比, 1.0%和2.0%添加组的瘤胃液菌体蛋白(MCP)含量均显著升高($P < 0.05$); 2.0%添加组的氨态氮($\text{NH}_3\text{-N}$)含量显著降低($P < 0.05$); 1.0%添加组的丙酸含量显著升高($P < 0.05$), 乙丙酸比值显著下降($P < 0.05$); 0.5%、2.0%和4.0%添加组的粗蛋白(CP)降解率极显著高于对照组($P < 0.01$); 各添加组的总产气量、pH、乙酸含量、干物质(DM)降解率、酸性洗涤纤维(ADF)降解率及中性洗涤纤维(NDF)降解率与对照组相比均无显著变化($P > 0.05$)。MFAEI指数评定结果为1.0%组 $>$ 4.0%组 $>$ 0.5%组 $>$ 0.25%组 $>$ 2.0%组。[结论] 在体外发酵条件下, 添加黄芪多糖可提高瘤胃微生物蛋白含量和丙酸浓度, 降低 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度和乙丙酸比值, 其中1.0%添加量效果最佳。

关键词: 黄芪多糖; 锦江黄牛; 瘤胃; 体外发酵; 养分降解率

中图分类号: S823 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9111(2023)02-0046-04

瘤胃是反刍动物养分消化吸收的主要场所, 含有大量的微生物, 包括细菌、真菌、原虫等, 瘤胃可为微生物提供养分和适宜的环境, 微生物通过降解饲料中的纤维、非蛋白氮, 产生挥发性脂肪酸、合成微生物蛋白, 为反刍动物供应能量和蛋白质。因此, 瘤胃微生物生态的稳定及其发酵功能直接影响到反刍动物的健康和生长性能。面对抗生素禁用后畜牧业所面临的问题, 寻找安全、有效的抗生素替代物成为研究热点。植物提取物因其安全、毒副作用小等特点, 受到广泛关注, 植物提取物是经过物理、化学方法从植物中提取、分离得到的含有多种有效活性成分的混合物^[1], 主要生物活性成分有多糖、黄酮、生物碱、有机酸等, 是作为饲料添加剂发挥作用的基础。研究发现, 植物提取物有提高生长性能、抗氧化等多种作用^[2]。

黄芪为豆科植物黄芪的干燥根, 性甘, 微温, 归肺, 脾经, 具有补气升阳, 利水消肿等功能^[3]。黄芪多糖是黄芪中提取分离的主要活性成分之一, 因其具有

抗衰老、抗病毒、降脂^[4]等多种功效, 在农业发展方面得到广泛应用。李俊才^[5]研究表明, 在犊牛日粮中添加0.01%、0.02%、0.03%的黄芪多糖发现可以促进生长, 降低哺乳犊牛常见疾病腹泻等疾病的患病率, 提高血清总蛋白、白蛋白等含量, 增强免疫力、抵抗力和抗氧化力。田旭^[6]也有研究表明, 雏鸡口服黄芪多糖, 可以减少肠粘膜损伤, 增强对病原微生物的抵抗力, 达到防止雏鸡细菌性肠炎的效果。Yang等^[7]报道, 在断奶仔猪基础日粮中添加80 mg/kg的黄芪多糖, 可增加平均日增重和饲料转化率, 并降低腹泻率。目前, 黄芪多糖在畜禽免疫功能、生长性能等方面的研究报道较多, 但在调控瘤胃发酵方面鲜有报道, 因此, 本试验拟通过体外瘤胃发酵试验, 探究在日粮中添加不同水平的黄芪多糖对瘤胃发酵参数和养分降解率的影响, 旨在筛选可改善瘤胃发酵的黄芪多糖适宜添加浓度, 为黄芪多糖作为饲料添加剂在肉牛养殖中的应用提供理论依据。

收稿日期: 2022-12-13 修回日期: 2022-12-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(32060768); 江西省重点研发项目(20212BBF63021)

作者简介: 李翌(1996—), 女, 硕士, 主要从事反刍动物营养与饲料科学研究。

* 通讯作者: 宋小珍(1974—), 女, 教授, 主要从事反刍动物营养与饲料科学研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黄芪多糖(黄芪多糖≥90%)采购于陕西某有限公司。

1.2 试验动物及基础日粮

瘤胃液供体动物选取 4 头体重(250±20) kg、安装有瘤胃瘘管的健康锦江黄牛,单栏饲养,每日 8:00、18:00 进行饲喂,自由饮水。基础饲粮精粗比为 5: 5,其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础) %

原料	含量	营养水平 ²⁾	含量
稻草	50.00	干物质	89.78
玉米	19.75	综合净能/(MJ·kg ⁻¹)	6.13
麦麸	25.60	粗蛋白质	10.82
豆粕	2.40	中性洗涤纤维	60.95
碳酸氢钠	0.17	酸性洗涤纤维	28.05
氯化钠	0.08	粗灰分	4.78
预混料 1)	2.00	钙	0.86
合计	100	磷	0.55

注:1)每 1 kg 预混料含 VD3 1 000 000 IU,VA 30 000 000 IU,VE 80 000 IU,Mn 64 mg,Fe 170 mg,Zn 88 mg,Cu 40 mg,Co 20 mg,I 30 mg,Ca 120 g,P 20 g。2)综合净能、钙、磷为计算值,其余为实测值。

1.3 试验设计

采用单因素试验设计,发酵底物为粉碎过 40 目筛的基础饲粮 0.4 g,分别添加 0(对照)、0.25%、0.5%、1.0%、2.0%、4.0% 的黄芪多糖,每组设 4 个重复。

1.4 样品采集及制备

晨饲前采集 4 头瘘管牛的瘤胃液,经四层纱布过滤至保温瓶,人工唾液参考 Zheng^[8] 的方法提前配制,将人工唾液与采集的瘤胃液(1:2,V/V)混合后,分装至提前预热的 50 mL 发酵瓶中(39℃),每个发酵瓶中加 40 mL 混合液,通入 CO₂ 气体,盖上橡皮塞,将其置于 39±0.50℃ 的恒温水浴振荡器中,厌氧发酵 24 h。

1.5 测定指标与方法

1.5.1 瘤胃发酵指标 分别发酵至 0、2、4、6、8、

12、24 h 时记录产气量,累计 24 h 的产气量之和即为总产气量;使用便携式 pH 计(上海雷磁,pHS-3C 型)测定瘤胃液 pH,测定 3 次取其平均值;使用苯酚-次氯酸钠法测定 NH₃-N 浓度;使用气相色谱仪(岛津,GC-2014)测定瘤胃液中挥发性脂肪酸含量;MCP 浓度参考余涵婧^[9] 的方法测定。

1.5.2 多项组合效应综合指数 多项组合效应指数(MFAEI)为各单项指标组合效应指数(SFAEI)之和,参考杨梓曼等^[10] 的方法计算。

SFAEI 计算公式参考如下:

$$SFAEI = \frac{\sum_{m=1}^n (A_2 - A_1) / n}{A_3}$$

式中:*m* 为各培养时间点;*n* 为培养时间点的个数(本试验中只有一个时间点,*m*、*n* 的值均为 1);*A*₁ 为对照组各单一指标不同时间点的数值;*A*₂ 为试验组各单一指标不同时间点的数值;*A*₃ 为试验组 *A*₂ 总和的平均值。

1.5.3 饲料营养成分测定 参照张丽英主编的《饲料分析及饲料质量检测技术》测定饲料及发酵残渣中的粗蛋白质(CP)、干物质(DM)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)等。

瘤胃养分降解率=[(降解前日粮养分含量-降解 24 h 后某养分含量)/降解前日粮某养分含量]×100

1.6 统计分析

试验数据采用 Excel 进行整理,用 SPSS 23 软件中的单因素方差分析(one-way ANOVA)。*P*<0.05 为差异显著,*P*>0.05 为差异不显著。

2 结果与分析

2.1 黄芪多糖对锦江黄牛瘤胃液体外养分降解率的影响

由表 2 可知,0.5%、2.0% 和 4.0% 添加组的粗蛋白降解率与对照组相比均极显著升高,分别比对照组升高 3.39%、6.78%、11.86% (*P*<0.01)。各处理组的 DM、ADF 和 NDF 的降解率均无显著变化(*P*>0.05)。

表 2 黄芪多糖对瘤胃体外养分降解率的影响 %

项目	处理						SEM	<i>P</i> 值
	0	0.25%	0.5%	1.0%	2.0%	4.0%		
DM 降解率	0.42 ^a	0.42 ^a	0.41 ^a	0.40 ^a	0.42 ^a	0.40 ^a	0.04	0.731
ADF 降解率	0.62 ^a	0.63 ^a	0.61 ^a	0.62 ^a	0.60 ^a	0.65 ^a	0.01	0.442
NDF 降解率	0.39 ^b	0.39 ^b	0.36 ^b	0.39 ^b	0.36 ^b	0.47 ^a	0.02	0.074
CP 降解率	0.59 ^d	0.59 ^d	0.61 ^c	0.59 ^d	0.63 ^b	0.66 ^a	0.01	<0.001

注:同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05),相同字母或无字母表示差异不显著(*P*>0.05)。下同。

2.2 不同浓度黄芪多糖对锦江黄牛瘤胃发酵指标的影响

由表 3 可知,与对照组相比,1.0% 和 2.0% 添加组的菌体蛋白 (MCP) 含量均显著升高 ($P < 0.05$),1.0% 添加组丙酸含量显著升高 ($P < 0.05$),

然而 2.0% 添加组的氨态氮 ($\text{NH}_3 - \text{N}$) 含量显著降低 ($P < 0.05$), A/P 显著下降 ($P < 0.05$)。各黄芪多糖添加组的总产气量、pH 值以及乙酸含量与对照组相比均无显著变化 ($P > 0.05$)。

表 3 黄芪多糖对瘤胃体外发酵指标的影响

项目	处理						SEM	P 值
	0	0.25%	0.5%	1.0%	2.0%	4.0%		
总产气量/mL	60.73	61.95	59.70	60.58	60.30	61.23	0.29	0.346
pH	6.27	6.40	6.52	6.40	6.27	6.54	0.04	0.172
MCP/(mg · mL ⁻¹)	5.68 ^c	6.26 ^{bc}	6.69 ^{abc}	7.73 ^a	7.06 ^{ab}	6.52 ^{abc}	0.20	0.045
NH ₃ - N/(mg · dL ⁻¹)	18.07 ^{ab}	18.56 ^a	17.70 ^{ab}	17.28 ^b	15.22 ^c	17.32 ^b	0.25	<0.001
乙酸/(mmol · L ⁻¹)	44.03	44.20	44.16	43.36	43.86	43.79	0.10	0.186
丙酸/(mmol · L ⁻¹)	12.84 ^b	11.98 ^b	12.26 ^b	14.29 ^a	11.98 ^b	12.193 ^b	0.20	<0.001
丁酸/(mmol · L ⁻¹)	8.33	8.42	7.90	7.52	8.17	8.16	0.10	0.087
乙酸/丙酸	3.43 ^a	3.69 ^a	3.61 ^a	3.03 ^b	3.67 ^a	3.60 ^a	0.06	<0.001
总挥发性脂肪酸 TVFA /(mmol · L ⁻¹)	68.00	67.54	71.45	67.78	67.22	67.09	0.36	0.067

2.3 黄芪多糖对锦江黄牛体外培养 MFAEI 的影响

由表 4 可知,MFAEI 从高到低排序为 1.0% 组

>4.0% 组 >0.5% 组 >0.25% 组 >2.0% 组。由此可见,日粮中黄芪多糖的最适添加量为 1.0%。

表 4 肉牛体外培养 MFAEI

项目	处理				
	0.25% 组	0.50% 组	1.00% 组	2.00% 组	4.00% 组
总产气量/mL	0.020	-0.017	-0.002	-0.007	0.008
菌体蛋白/(mg · mL ⁻¹)	0.093	0.151	0.265	0.195	0.129
氨态氮/(mg · dL ⁻¹)	0.026	-0.021	-0.046	-0.187	-0.043
总挥发性脂肪酸/(mmol · L ⁻¹)	-0.007	0.048	-0.003	-0.012	-0.014
多项指标综合指数(MFAEI)	0.132	0.161	0.214	-0.011	0.166

3 讨 论

3.1 黄芪多糖对瘤胃体外养分降解率的影响

养分降解率可以反映瘤胃中的饲料被微生物降解的程度。本研究结果表明,饲料中添加黄芪多糖可显著提高瘤胃粗蛋白的降解率,且其变化呈现一定的剂量效应,说明黄芪多糖对肉牛营养物质的消化吸收有一定的促进作用。分析可能因为黄芪多糖有抑菌、抗炎作用^[11-12],影响了瘤胃细菌数量和菌群结构,进而提高瘤胃粗蛋白的降解率。冯士彬

等^[13]发现,在湖羊羔羊饲料精料中添加 3% 的黄芪多糖,可显著提高粗蛋白质、粗脂肪的表观消化率,还有提高免疫力、抗氧化力以及改善肠道菌群的作用。这与本研究结果一致。

3.2 黄芪多糖对瘤胃发酵参数的影响

本试验结果表明,添加黄芪多糖对瘤胃发酵产气量和 pH 值无显著影响,但会提高瘤胃中 MCP 产量、降低 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度、且对 VFA 的含量和比例有显著影响。 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 是饲料中蛋白质分解的产物,也是 MCP 的合成前体, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的浓度可以反映瘤

胃微生物降解饲料蛋白质,产生氨氮和利用氨氮合成 MCP 两者的平衡度^[14]。据报道,NH₃-N 在瘤胃内的最适浓度为 5~30 mg/dL^[15],本试验各组 NH₃-N 浓度均在最适浓度范围内,添加 1.0% 和 2.0% 的黄芪多糖均显著提高了瘤胃 MCP 的含量,2.0% 水平的黄芪多糖降低了瘤胃 NH₃-N 浓度,说明添加一定浓度的黄芪多糖可促进瘤胃微生物对氮的利用,进而提高 MCP 的合成。张清月^[16]也研究发现,在绒山羊日粮中添加 0.40% 的诺丽果多糖可以降低 NH₃-N 浓度并显著提高 BCP 浓度。这与本研究结果一致,说明黄芪多糖对瘤胃发酵有一定的促进作用。这个结果也与黄芪多糖添加后瘤胃粗蛋白降解率显著提高一致。

VFA 是反刍动物主要的能量来源,是瘤胃微生物发酵饲料中的碳水化合物产生的,主要包括乙酸、丙酸、丁酸等,可用来评价反刍动物瘤胃发酵性能。其中,乙酸是合成体脂和乳脂的主要前体物质,并可氧化释放能量,但乙酸发酵产生的氢是甲烷生成的重要原料;丙酸参与机体的能量代谢和葡萄糖生成,丙酸发酵可消耗氢;因此,乙丙酸含量越高,甲烷产量越高,能量利用率越低。本试验中,添加不同水平黄芪多糖对总 VFA 没有显著影响,但添加 1.0% 的黄芪多糖提高了锦江黄牛瘤胃丙酸浓度,降低乙丙酸比值。这表明添加黄芪多糖能有效改善瘤胃发酵模式,抑制甲烷形成,使其向丙酸发酵型转变,提高锦江黄牛的能量利用率。徐丽云等^[17]研究也发现,给奶牛灌服 20、55、90 g 黄芪多糖水溶液,可以增加丙酸浓度,降低瘤胃液中乙酸与丙酸的比值。李宗军^[18]研究表明,添加 1% 的香菇多糖、黄芪多糖和低木聚糖均提高了人工瘤胃 VFA 的含量,改善了瘤胃发酵。

MFAEI 具有动态性、综合性、量化描述的特点,更客观综合的反映各指标的综合效应。本试验采用 MFAEI 法来评定 DM 降解率、CP 降解率、pH、产气量、NH₃-N、VFA 等指标间的组合效应。本试验结果显示,1.0% 处理组的 MFAEI 数值最高,说明在日粮中添加 1.0% 的黄芪多糖时,锦江黄牛瘤胃发酵功能最佳。

4 结 论

本试验结果表明,在体外发酵条件下,添加黄芪多糖可提高瘤胃含氮物质的降解,促进微生物蛋白的合成利用,促进丙酸型发酵,其中 1.0% 添加量效果最佳。

参考文献:

- [1] 张然,郑琛,闫晓刚,等.植物提取物对反刍动物瘤胃发酵和甲烷排放影响的研究进展[J].东北农业科学,2017,42(5):43-47.
- [2] 吕慧源,李漠,王志明,等.山银花和黄芩提取物对肉鸡生长性能、免疫器官发育及抗氧化机能的影响[J].中国畜牧杂志,2021,57(1):175-179.
- [3] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京:中国医药科技出版社,2020:315.
- [4] ZHENG Y, REN W, ZHANG L, et al. A review of the pharmacological action of *Astragalus polysaccharide*[J]. Frontiers in Pharmacology, 2020, 11: 349.
- [5] 李俊才.黄芪多糖对犊牛健康和血液抗氧化指标的影响[D].洛阳:河南科技大学,2019.
- [6] 田旭.黄芪多糖对雏鸡细菌性肠炎的防制效果[D].哈尔滨:东北农业大学,2021.
- [7] YANG C M, HAN Q J, WANG K L, et al. Astragalus and ginseng polysaccharides improve developmental, intestinal morphological, and immune functional characters of weaned piglets[J]. Frontiers in Physiology, 2019, 10: 418.
- [8] ZHENG Y, ZHAO Y, XUE S, et al. Feeding value assessment of substituting cassava (*Manihot esculenta*) residue for concentrate of dairy cows using an in vitro gas test[J]. Animals, 2021(2): 2-11.
- [9] 余涵婧.肉牛不同形态硒及适宜添加水平的研究[D].南昌:江西农业大学,2021.
- [10] 杨梓曼,聂春桃,尚相龙,等.日粮中添加广藿香油对肉牛瘤胃体外发酵特性的影响[J].饲料工业,2022,43(15):50-54.
- [11] 史秋兰.黄芪多糖复合物的制备、表征与生物活性研究[D].阿拉尔:塔里木大学,2019.
- [12] LI Z. TRIF is essential for the anti-inflammatory effects of Astragalus polysaccharides on LPS-infected Caco2 cells[J]. International Journal of Biological Macromolecules: Structure, Function and Interactions, 2020, 159(1): 832-838.
- [13] 冯士彬,程连平,舒迎霜,等.黄芪多糖对湖羊羔羊生长性能、血清指标、消化功能和直肠菌群的影响[J].江苏农业学报,2019,35(1):122-129.
- [14] 李妍,韩肖敏,李建国,等.体外法评价玉米秸秆、谷草和玉米秸秆青贮饲料组合效应研究[J].草业学报,2017,26(5):213-223.
- [15] 郑宇慧,都文,黄文明,等.全株甘蔗的奶牛瘤胃降解特性及其替代奶牛饲粮苜蓿、燕麦草及精料的应用研究[J].畜牧兽医学报,2020,51(11):2743-2757.
- [16] 张清月.诺丽果多糖对绒山羊瘤胃发酵、营养物质消化、免疫及抗氧化功能的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.
- [17] 徐丽云,郑梦荷,许子豪,等.黄芪多糖对泌乳初期奶牛血清生化指标、瘤胃发酵及表观消化率的影响[J].饲料工业,2023,44(1):80-86.
- [18] 李宗军.瘤胃丙酸发酵的增强策略及其对碳水化合物代谢的动态影响[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2018.

(下转第 87 页)

- and GC/MS of metabolites of *Scytalidium hyalinum* and *Nattrassia mangiferae* (*Hendersonula toruloidea*) [J]. *J. Med. Vet. Mycol.*, 1997, 35(3): 181-188.
- [26] STEINSHAMN H, INGLINGSTAD R A, EKEBERG D, et al. Effect of forage type and season on Norwegian dairy goat milk production and quality [J]. *Small Ruminant Research*, 2014, 122(1/3): 18-30.
- [27] 刘敬先, 杨希国, 刘凯. GC/MS 分析牛尿中瘦肉精残留 [J]. *药物分析杂志*, 2012, 32(2): 285-288.
- [28] 徐天润, 刘心昱, 许国旺. 基于液相色谱-质谱联用技术的代谢组学分析方法研究进展 [J]. *分析测试学报*, 2020, 39(1): 10-18.
- [29] PARK Y W, JUAREZ M, RAMOS M, et al. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk [J]. *Small Ruminant Research*, 2007, 68(68): 88-113.
- [30] SUN H Z, WANG D M, WANG B, et al. Metabolomics of four biofluids from dairy cows: potential biomarkers for milk production and quality [J]. *Journal of Proteome Research*, 2015, 14(2): 1287-1298.
- [31] 林洁虹, 汪泓, 邵泓, 等. 基于质谱技术的手性氨基酸分析以控制消旋肽杂质的研究进展 [J]. *药科学报*, 2019, 54(11): 1958-1964.
- [32] ROZAIHAN M, MULEEN W, ALBALAT A, et al. A peptidomic approach to biomarker discovery for bovine mastitis [J]. *Journal of Proteomics*, 2013, 85: 89-98.
- [33] 金森. 代谢组学在畜禽遗传育种中的应用分析 [J]. *中国畜禽种业*, 2021, 17(10): 30-31.
- [34] 刘瑞, 金龙, 李明洲. 代谢组学在农业动物中的研究与应用 [J]. *中国畜牧杂志*, 2018, 54(6): 1-5.
- [35] 王凯悦. 云南 7 个地方黄牛品种全基因组遗传多样性与起源研究 [D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
- [36] XUE M Y, SUN H, WU X, et al. Multi-omics reveals that the rumen microbiome and its metabolome together with the host metabolome contribute to individualized dairy cow performance [J]. *Microbiome*, 2020, 8(1): 64.
- [37] SHAHZAD K, VINCENZO L, LIANG Y, et al. Hepatic metabolomics and transcriptomics to study susceptibility to ketosis in response to prepartal nutritional management [J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2019, 10: 96.
- [38] 温佳. 基于古 DNA 解析中国家猪品种的遗传结构及基因渗入影响 [D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
- [39] BOVO S, MAZZONI G, GALIMBERTI G, et al. Metabolomics evidences plasma and serum biomarkers differentiating two heavy pig breeds [J]. *Animal*, 2016, 10(10): 1741-1748.
- [40] MUKHTAR A, PADWAL V, CHOUDHARI J, et al. Estradiol affects androgen-binding protein expression and fertilizing ability of spermatozoa in adult male rats [J]. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 2006, 253(1/2): 1-13.
- [41] CHEN E, LU J, CHEN D, et al. Dynamic changes of plasma metabolites in pigs with GalN-induced acute liver failure using GC-MS and UPLC-MS [J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2017, 93: 480-489.
- [42] 赵永欣, 李孟华. 中国绵羊起源、进化和遗传多样性研究进展 [J]. *遗传*, 2017, 39(11): 958-973.
- [43] ZHANG T, SUN P, GENG Q, et al. Disrupted spermatogenesis in a metabolic syndrome model: the role of vitamin A metabolism in the gut-testis axis [J]. *Gut*, 2022, 71(1): 78-87.
- [44] JIA W, LIU Y, SHI L. Integrated metabolomics and lipidomics profiling reveals beneficial changes in sensory quality of brown fermented goat milk [J]. *Food Chemistry*, 2021, 364: 130378.
- [45] 陈彬龙. 基因组重测序揭示鸡的遗传多样性和进化选择模式 [D]. 成都: 四川农业大学, 2018.
- [46] SHI S, SHEN Y, ZHANG S, et al. Combinatory evaluation of transcriptome and metabolome profiles of low temperature-induced resistant ascites syndrome in broiler chickens [J]. *Scientific Reports*, 2017, 7(1): 2389.
- [47] TATSUHIKO G, MORI H, SHIOTA S, et al. Metabolomics approach reveals the effects of breed and feed on the composition of chicken eggs [J]. *Metabolites*, 2019, 9(10): 224.

Progress on Metabolomics of Domestic Animals

PENG Wei¹, ZHAO Huang-qing², FU Chang-qi¹, SHU Shi¹, ZHANG Jun¹,
LEI Chu-zhao², HUANG Yong-zhen^{2*}

(1. Qinghai Academy of Animal Science and Veterinary Medicine, Qinghai University, Xining 810016;

2. College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Since the ancient times, domestic animals are the important economic source of Chinese farmers and herdsmen, but also the important creatures to meet the needs of people's nutrition and various aspects of life. Metabolomics is an important technical method for quantitative analysis of all metabolites in the body of a living organism, and to find the relative relationship between metabolites and physiological and pathological changes. It may provide help for scientific breeding and disease treatment of domestic animals. In this paper, the latest progress of metabolomics research in domestic animals (cattle, sheep, pigs, chickens, and so on.) is reviewed, which will provide reference for future researchers to study metabolomics.

Key words: domestic animals; metabolomics; scientific feeding; treatment of diseases; research progress