

王宇,李晗,高景,等.金针菇菌糠营养价值评定及其对肉牛生产性能的影响[J].华中农业大学学报,2020,39(5):115-122.

DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2020.05.016

金针菇菌糠营养价值评定及其对肉牛生产性能的影响

王宇¹,李晗¹,高景¹,许宏扬¹,陈珠凉²,陈巧娥³,高思¹,齐智利¹

1.华中农业大学动物科技学院,武汉 430070;2.如意情生物科技股份有限公司,武汉 430040;

3.武汉牧饲生物高科技有限责任公司,武汉 430040

摘要 为研究金针菇菌糠的饲用价值,对金针菇菌糠和常规粗饲料进行营养组分分析,并设计 6 种菌糠与常规粗饲料的组合,通过人工瘤胃法测定每组单独饲喂以及与精料混合后的 pH、NH₃-N 浓度和干物质降解率,筛选出最佳组合方式。选择 16 头健康状况良好、年龄、体重相近的西门塔尔杂交公牛,随机分为对照组和试验组,每组 8 头牛。对照组饲喂普通全混合日粮(total mixed rations, TMR),试验组饲喂最佳组合方式的 TMR 日粮。预试期 10 d,正试期 80 d,试验初始和结束时进行称重和采血。测定最佳组合方式对肉牛日增重、血液生理指标和血浆生化指标的影响。结果显示:菌糠的营养组分接近稻草和黄贮,其最佳饲喂组合为青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 豆腐渣(10%),该组合的饲喂极显著提高了肉牛日增重($P < 0.01$),降低了饲料成本,并且不会对血液生理指标和血浆生化指标造成不良影响。以上结果表明,金针菇菌糠可以作为粗饲料在肉牛养殖中使用。

关键词 金针菇菌糠;营养价值评定;菌糠利用;肉牛;人工瘤胃;血液生理生化指标

中图分类号 S 816.69 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2020)05-0115-08

菌糠是栽培食用菌后产生的副产品,各种食用菌需要的营养不同,这就导致其培养基组成也不同,所以菌糠的组成也有差异。简单地说,菌糠不仅包括栽培食用菌后的废弃培养基,还包括未收割完全的菌丝体^[1]。早在 2010 年,我国菌糠产量就已经突破了 3 000 万 t,而到了 2017 年,仅是湖北省的产量就达到了 500 万 t 以上。虽然我国菌糠产量很高,但合理利用率却很低^[2]。焚烧菌糠会污染空气,露天堆积又会污染水源和土壤。因此,如何安全环保地处理菌糠,做到菌糠的合理利用成为目前生产中急需解决的问题。

有研究结果显示,菌糠的无害化处理主要有制作有机肥料、沼气池原料、土壤改良修复、制作生物质燃料和制作畜禽饲料等^[3-4]。目前的这些处理方法中,制作畜禽饲料应用为最广泛,研究时间也最长。在肉牛饲养中,粗饲料一般占日粮的 40%~80%,其品质不仅影响反刍动物的生产性能和健康状况,还会影响对精饲料的需求量以及饲料成本,最

终影响生产效益。虽然我国粗饲料资源非常丰富,但利用率较低,粗饲料资源的开发对反刍动物饲养有重要意义。已有研究显示,用菌糠代替部分粗饲料饲喂反刍动物能提高生产性能、降低饲养成本并且不会对反刍动物的免疫功能造成不良影响^[5-6],但对菌糠与其他不同常规粗饲料的组合效果未见报道。本研究在对金针菇菌糠进行营养价值评定后将其与青贮、酒糟、豆腐渣、燕麦草、稻草等进行组合,采用人工瘤胃法筛选出最佳组合方式并在肉牛饲养试验中进行了效果验证,旨在为金针菇菌糠的合理饲喂提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用菌糠、豆腐渣、黄贮、青贮、燕麦草、苹果粕、稻草、啤酒糟、酒糟采自湖北省各养殖场。

饲养试验于湖北省红安肉牛场进行,选择 16 头

收稿日期:2019-11-06

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0500507,2018YFD0501605);大北农青年学者提升专项(2017DBN003);中央高校基本科研业务费专项(2662018PY079);武汉市农科院开放性课题项目

王宇,硕士研究生.研究方向:反刍动物营养. E-mail: 467308908@qq.com

通信作者:齐智利,博士,副教授.研究方向:反刍动物营养. E-mail: zhiliqi@mail.hzau.edu.cn

尔杂交牛作为供试牛。

1.2 试验设计

第一阶段:依据饲料种类将金针菇菌糠、豆腐渣、黄贮、青贮、燕麦草、苹果粕、稻草、啤酒糟和酒糟分组编号,每组 2 个重复,分别测定干物质、总能、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、粗灰分、钙和总磷。

第二阶段:分为两部分。第一部分为菌糠和不同粗饲料组合体外发酵试验,不添加精料补充料。分为 6 组:青贮(50%) + 菌糠(50%) (1 组)、青贮(50%) + 酒糟(30%) + 豆腐渣(20%) (2 组)、青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 豆腐渣(10%) (3 组)、青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(20%) (4 组)、青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 燕麦草(10%) (5 组)和青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 稻草(10%) (6 组)。第二部分为菌糠和不同粗饲料组合与精料配比后体外发酵试验,将以上 6 种粗饲料组合与同一精料分别混合,精饲料组合为:玉米(45%) + 豆粕(15%) + 麸皮(20%) + 浓缩料(20%),精粗比为 4 : 6。

第三阶段:饲养试验。选择 16 头 12~14 月龄、体重相近(平均 328.98 kg)、健康状况良好的西门塔尔杂交公牛,随机分为对照组和试验组(菌糠饲喂组),每组 8 头牛。采用舍饲饲养,通槽饲喂,记录试验组和对照组的平均采食量,自由饮水。试验月份为 9—11 月,温热环境适宜,不会对试验结果产生影响。预试验 10 d,正式试验 80 d,试验初始和结束时进行牛体称重和采血,称量工具精确度为 0.1 kg。试验组日粮使用第二阶段筛选出的最佳饲料组合方式:青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 豆腐渣(10%) (3 组)组合,组成见表 1,浓缩料每千克精料提供:CP 300 mg,CF 150 mg,Ca 30 mg,P 8 mg,NaCl 60 mg,Lysine 7 mg,VA 8 240 IU,VD 1 010 IU,VE 70 mg,Fe 131 mg,Mn 117 mg,Zn 120 mg,Cu 20 mg,I 0.5 mg,Se 0.54 mg,Co 0.21 mg。

1.3 试验方法

1) 概略养分分析。饲料样品中干物质(DM)含量使用烘箱、干燥器等(GB/T 6435—2006)测定;中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量采用 ANKOM A200i 型全自动纤维素分析仪测定;粗脂肪(EE)含量采用索式抽提法(GB/T 6433—2006)测定;钙(Ca)含量采用高锰酸钾法(GB/T 6436—2002)测定;总磷(P)含量采用分光光度法(GB/

T6437—2002)测定;粗蛋白(CP)含量采用凯氏定氮法(GB/T6432—1994)测定。

表 1 肉牛的日粮组成及营养水平(干物质)

Table 1 Dietary composition and nutrient level of beef cattles(dry matter)		
项目 Item	对照组 Control group	试验组 Experimental group
原料 Ingredient		
金针菇菌糠/% Flammulina velutipes substrate	0	30
酒糟/% Distillers dried grains with solubles	18	18
玉米青贮/% Corn silage	36	6
豆腐渣/% Bean curd residue	6	6
玉米/% Corn	18	18
豆粕/% Soybean meal	6	6
麸皮/% Wheat bran	8	8
浓缩料/% Concentrate feed	8	8
合计/% Total	100	100
营养水平 Nutrient level		
综合净能/(MJ/kg) NE _{mf}	6.63	6.82
粗蛋白/% CP	14.81	13.65
中性洗涤纤维/% NDF	38.97	37.11
酸性洗涤纤维/% ADF	26.77	27.16
钙/% Ca	0.60	0.90
总磷/% P	0.36	0.55

注:综合净能 NE_{mf}为计算值,根据我国《肉牛饲养标准》(NY/T 815—2004)计算而来,其他营养水平为实测值。Note: The comprehensive net energy(NE_{mf}) is the calculated value, according to the Beef Cattle Feeding Standard (NY/T 815—2004), other nutritional levels are the measured values.

2) 人工瘤胃法。选择 5 头与供试牛相同牛场并采用同种饲养管理方式的肉牛,晨饲后 2 h 自瘤胃内上下左右不同位点采集足量瘤胃液,灌入经预热达 39 °C 并充满 CO₂ 的保温瓶中,灌满后立即盖严瓶口,带回实验室用 4 层纱布过滤后备用。参照卢德勋等^[7]方法,在使用前一天配制缓冲试剂和常量元素溶液(A 液);配制 Pfennigs 微量元素溶液(B 液)后持续 18 h 通入 CO₂,盖严瓶口,置于冰箱备用;配制还原剂溶液(C 液)后持续充入 CO₂ 20 min 后,盖严瓶口,置于冰箱备用。准确量取 988 mL A 液、10 mL B 液,经充分混和后持续通入 CO₂ 18 h,并于分装前 1 h 置于恒温水浴中预热至 39 °C。分装前 10 min 加入预热达 39 °C 的 C 液 2 mL 以配制缓冲溶液。

将培养瓶瓶口用胶塞密封后,再用 20 mL 注射器联通,保证培养瓶的厌氧状态。用恒温水浴摇床模拟瘤胃的恒温、蠕动环境。在培养瓶中加入 0.5 g 混合均匀的饲料,缓慢通入 CO₂,排出空气,加入新

配制并预热好的缓冲液 40 mL。用注射器吸取 20 mL 预热好的瘤胃液加入培养瓶,盖好塞子,将注射器插到塞子上。提前将水浴锅加满水并加热到 39 ℃,将培养瓶放入水浴锅,将振荡频率调整到适当频率,恒温水浴振荡 24 h 后进行相应指标的测定,每组 2 个重复。

1.4 测定指标和方法

1) pH 测定。发酵 24 h 后立即使用 pH 计测定培养液的 pH。

2) 干物质降解率测定。发酵 24 h,在测定完 pH 后,将培养瓶所有培养液和沉淀物使用定量滤纸(滤纸已经事先烘干至恒重并称量)过滤。将滤纸和沉淀一起放入烘箱 105 ℃ 烘干至恒重,并称量,计算干物质降解率。

3) NH₃-N 浓度测定。参照冯宗慈等^[8]的方法进行。

4) 供试牛日增重测定。在正试期始末对每头牛进行空腹称重以计算其日增重。

5) 血液生理生化指标测定。在正试期第 80 天对每头牛经尾静脉采血,1 份置于 EDTA 抗凝管中,静置 30 min 后收集血清,使用西门子 ADVIA2120i 全自动血液分析仪测定白细胞数目(WBC)、淋巴细胞数目(Lymph)、单核细胞数目(Mon)、中性粒细胞数目(Gran)、淋巴细胞百分比(Lymph)、单核细胞百分比(Mon)、中性粒细胞百分比(Gran)、红细胞数目(RBC)、血红蛋白(HGB)、红细胞积压(HCT)、平均红细胞体积(MCV)、平均红

细胞血红蛋白含量(MCH)、平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC);另 1 份置于普通采血管,3 500 r/min 离心 30 min 后分离血浆,用试剂盒检测血浆谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)酶活力以及血糖(GLU)、免疫球蛋白 G(IgG)、甘油三酯(TG)、尿素氮(BUN)、总胆固醇(TC)含量,所用试剂盒均购于南京建成生物工程研究所。

1.5 数据处理

采用 Excel 2007 进行初步数据整理,结果以“平均值±标准差”表示,然后采用 SAS 9.1.3 统计软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),Tukey's 法多重比较进行人工瘤胃 pH、氨态氮、干物质降解率及肉牛日增重、血液生理生化指标的显著性分析, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 菌糠和粗饲料的概略养分测定结果

菌糠和常规粗饲料营养成分如表 2 所示。菌糠总能为 16.38 MJ/kg,与其他粗饲料相比并不高,优于黄贮,与稻草相似。粗蛋白含量最高的粗饲料是啤酒糟,可达 24.53%,而菌糠粗蛋白含量最低,只有 4.12%。酒糟粗脂肪含量最高,为 9.15%,菌糠粗脂肪含量为 4.07%,低于酒糟类粗饲料而高于其他粗饲料。菌糠的粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量高于豆腐渣和青贮,粗灰分含量仅次于稻草,但钙磷含量最高。

表 2 菌糠和本试验使用饲料原料的营养成分

Table 2 Nutritional components of mushroom bran and common feed materials in beef cattle farm

原料 Materials	干物 质/% DM	总能/ MJ GE	粗蛋 白/% CP	粗脂 肪/% EE	粗纤 维/% CF	中性洗 涤纤维/% NDF	酸性洗 涤纤维/% ADF	粗灰 分/% Ash	钙/% Ca	总磷/% Total P
金针菇菌糠 Flammulina velutipes substrate	92.06	16.38	4.12	4.07	10.63	54.95	41.58	9.98	1.58	0.80
酒糟 Distiller's grains	90.49	21.95	15.27	9.15	11.41	52.56	50.43	3.42	0.35	0.44
啤酒糟 Brewer's grains	90.35	21.35	24.53	7.26	11.59	49.20	29.48	3.47	0.33	0.45
玉米黄贮 Yellow corn silage	89.86	14.19	5.68	3.16	14.68	75.92	51.67	6.91	0.29	0.13
全株玉米青贮 Whole corn silage	89.13	23.75	8.01	3.19	6.74	61.15	40.28	4.95	0.56	0.14
豆腐渣 Bean curd residue	93.69	21.11	17.85	2.73	1.34	32.92	21.59	4.05	0.77	0.17
稻草 Rice straw	90.31	16.79	6.91	0.79	22.58	70.14	45.12	14.3	0.42	0.04
燕麦草 Oat grass	89.03	22.98	8.99	0.70	17.88	53.37	35.39	4.64	0.28	0.14
苹果粕 Apple pomace	91.16	18.31	7.39	4.54	21.98	48.83	35.72	1.76	0.38	0.09

2.2 粗饲料组合人工瘤胃培养结果

不同粗饲料组合人工瘤胃培养结果如表 3 所示。干物质降解率最高的是第 3 组,为 52.26%,最低的是第 2 组,为 34.03%。各组之间差异并不

显著($P>0.05$)。pH 最低的是第 2 组,为 7.06,显著低于第 1、5 和 6 组($P<0.05$)。NH₃-N 质量浓度最高的是第 6 组,最低的是第 5 组,但各组间差异不显著($P>0.05$)。

表 3 粗饲料组合人工瘤胃培养结果

Table 3 The results of artificial rumen culture with roughage combination

指标 Index	第 1 组 Group 1	第 2 组 Group 2	第 3 组 Group 3	第 4 组 Group 4	第 5 组 Group 5	第 6 组 Group 6
干物质降解率/% Dry matter degradation rate	41.65±1.20	34.03±9.57	52.26±10.58	37.23±3.46	39.53±0.49	39.91±0.98
pH	7.20±0.01a	7.06±0.01b	7.14±0.01ab	7.14±0.04ab	7.22±0.04a	7.20±0.03a
氨态氮质量浓度/(mg/dL) NH ₃ -N	4.31±0.81ab	4.05±1.30ab	4.63±0.58ab	4.57±0.54ab	3.63±0.11b	5.31±0.29a

注:同行中不同字母表示具有显著差异, $P<0.05$ 。下同。Note:distinct differences signified by different letters in the same row, $P<0.05$.The same as below.

2.3 精粗饲料组合人工瘤胃培养结果

不同粗饲料组合与精料混合后人工瘤胃培养结果如表 4 所示。干物质降解率最高的是第 3 组,最低的是第 6 组,各组间差异不显著($P>$

0.05)。pH 最高的是第 6 组,最低的是第 2 组,且第 2 组与其他各组差异显著($P<0.05$)。NH₃-N 质量浓度最高的是第 3 组,最低的是第 2 组,各组间无显著差异($P>0.05$)。

表 4 精粗饲料组合人工瘤胃培养结果

Table 4 The results of artificial rumen culture with concentrate and roughage combination

指标 Index	第 1 组 Group 1	第 2 组 Group 2	第 3 组 Group 3	第 4 组 Group 4	第 5 组 Group 5	第 6 组 Group 6
干物质降解率/% Dry matter degradation rate	57.86±3.31ab	51.85±2.67ab	58.53±1.91a	53.60±0.62ab	53.30±3.11ab	51.53±2.79b
pH	7.02±0.02a	6.92±0.02b	7.00±0.01a	7.02±0.01a	7.05±0.02a	7.06±0.01a
氨态氮质量浓度/(mg/dL) NH ₃ -N	6.10±0.13ab	4.35±0.24b	6.63±0.71a	5.52±0.50ab	5.78±0.51ab	6.01±1.03ab

2.4 菌糠对肉牛血液生理指标的影响

菌糠对肉牛血液生理指标的影响如表 5 所示。与对照组相比,试验组红细胞数、平均红细胞血红蛋白

含量显著降低,平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白含量显著升高,但试验组和对照组各指标数据都处于正常范围之内。

表 5 菌糠对肉牛血液生理指标影响

Table 5 Effect of mushroom bran on blood physiological indicators of beef cattles

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P value
白细胞/($\times 10^9/L$) WBC	9.87±2.14	9.59±1.82	0.715
淋巴细胞/($\times 10^9/L$) Lymph	4.73±1.43	3.99±0.71	0.301
单核细胞/($\times 10^9/L$) Mon	0.84±0.17	0.91±0.23	0.541
中性粒细胞/($\times 10^9/L$) Gran	4.33±0.99	4.69±1.69	0.775
淋巴细胞百分比/% Lymph	47.21±6.82	42.43±10.19	0.380
单核细胞百分比/% Mon	8.64±1.31	9.53±0.92	0.121
中性粒细胞百分比/% Gran	44.16±6.09	48.04±9.42	0.469
红细胞数目/($\times 10^{12}/L$) RBC	8.64±1.02	6.70±0.62	0.001
血红蛋白质量浓度/(g/L) HGB	115.71±13.83	111.71±9.88	0.786
红细胞积压/% HCT	37.91±4.91	37.37±3.59	0.925
平均红细胞体积/fL MCV	44.04±5.57	53.51±3.38	0.001
平均红细胞血红蛋白含量/pg MCH	13.36±1.48	15.92±0.80	0.001
平均红细胞血红蛋白质量浓度/(g/L) MCHC	305.29±5.38	298.58±4.90	0.021

2.5 菌糠对肉牛血浆生化指标的影响

菌糠对肉牛血浆生化指标的影响如表 6 所示。

与对照组相比,试验组谷丙转氨酶活力、免疫球蛋白 G、甘油三酯和总胆固醇含量升高,谷草转氨酶活

力、血糖和尿素氮含量降低,但试验组与对照组血浆生化指标间都没有显著差异($P > 0.05$),并且都处于正常范围。

2.6 菌糠对肉牛生产性能的影响

菌糠对肉牛增重的影响如表7所示。两组肉牛

初重和末重差异不显著($P > 0.05$),试验组肉牛平均日增重极显著高于对照组($P < 0.01$),料重比极显著低于对照组($P < 0.01$)。与对照组相比,试验组每千克饲料价格提高0.11元,但由于料重比降低,每增重1 kg的饲料成本比对照组低4.66元。

表6 菌糠对肉牛血浆生化指标的影响

Table 6 Effect of mushroom bran on plasma biochemical indexes of beef cattles

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P value
谷丙转氨酶/(U/L) ALT	20.44±3.64	20.78±2.47	0.865
谷草转氨酶/(U/L) AST	57.87±10.16	52.12±4.42	0.279
血糖/(mmol/L) GLU	2.41±0.57	2.30±0.77	0.574
免疫球蛋白 G/(g/L) IgG	5.79±0.72	6.02±0.85	0.187
甘油三酯/(mmol/L) TG	1.26±0.02	1.29±0.02	0.052
尿素氮/(mg/dL) BUN	7.46±0.47	6.96±1.78	0.563
总胆固醇/(mmol/L) TC	5.56±0.59	6.02±0.83	0.337

表7 菌糠对肉牛生产性能的影响

Table 7 Effect of mushroom bran on production performance of beef cattles

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Experimental group	P 值 P value
初重/kg Initial weight	327.53±5.24	330.44±7.95	0.759
末重/kg Final weight	399.84±6.10	429.56±7.91	0.202
平均日增重/(kg/d) Average daily gain	0.90±0.10	1.24±0.06	0.006
干物质采食量/(kg/d) Dry matter intake	9.41	9.43	
料重比 Feed/Gain	12.86±6.88	7.91±1.71	0.009
饲料价格/(元/kg) Feed price	1.71	1.82	
饲料成本/(元/kg) Feed cost	23.55	18.89	

3 讨论

3.1 菌糠的营养组分

在本试验中,金针菇菌糠粗蛋白含量4.12%,粗脂肪4.07%、中性洗涤纤维54.95%、酸性洗涤纤维41.58%。与范文丽等^[9]的研究结果(粗蛋白4.05%、粗脂肪0.97%、中性洗涤纤维38.11%、酸性洗涤纤维36.31%)相比,本试验所得粗蛋白含量与其相似,粗脂肪、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量较高。与刘启燕等^[10]的研究结果(粗蛋白4.80%、粗脂肪5.20%)相比,本试验中粗蛋白和粗脂肪含量与其相近。本试验结果也与某些研究存在较大差异,如与李天宇等^[11]研究结果(粗蛋白和粗脂肪水平在9%左右)相比,本试验中粗蛋白和粗脂肪含量相对偏低。目前不同研究报道的金针菇菌糠营养组分存在较大差异,这可能是培养基组成不同、培养环境不同、收获菌菇次数不同引起的。本试验中使用金针菇菌糠代替部分粗饲料饲喂肉牛取得了较好效果,而也有些研究中将菌糠作为精料使用并取得了良好的效果^[12],这可能与不同研究中使用的金针菇菌糠营养组成差异较大有关。营养价值评定较高的菌糠可以作为精料在反刍动物日粮中使用,但本研

究中使用的金针菇菌糠营养价值与稻草相似,所以只能作为粗饲料使用。

3.2 不同组合的人工瘤胃发酵特性

瘤胃 pH 是能反映瘤胃发酵状态是否正常的重要指标,主要受到日粮种类、唾液分泌和瘤胃内酸碱物质的影响^[13]。而在人工瘤胃培养条件下,主要由VFA的生成量来决定瘤胃 pH。一般情况下,瘤胃 pH 正常范围为6.0~7.0, pH 低于6.0时会有瘤胃酸中毒的风险^[14], pH 高于7.0时会影响消化。Prasad等^[15]认为适宜纤维素消化的瘤胃 pH 为6.6~6.8,当 pH 低于6.4时会影响纤维素消化。在本试验中,粗料组的6种组合 pH 都高于7.0,精粗组中第2、3组的 pH 值分别为6.92和7.0,处于正常范围,其余4组的 pH 值都略高于7.0。NH₃-N 既是瘤胃微生物进行蛋白质合成的氮源,又是饲料蛋白质和非蛋白氮的降解产物,是反映瘤胃氮代谢的重要指标。NH₃-N 浓度过高说明瘤胃微生物利用 NH₃ 合成微生物蛋白的速度低于 NH₃ 的释放速度,造成氮素的浪费;NH₃-N 的浓度过低又会影响微生物蛋白的合成并最终降低菌体蛋白产量^[16]。Hoover^[17]研究显示,瘤胃微生物合成菌体蛋白最佳氮质量浓度范围是3.3~8.0 mg/dL,本试验中各组

NH₃-N 质量浓度都处于最佳范围内,说明菌糠的使用不会对瘤胃 NH₃-N 质量浓度产生不利影响。与粗料组相比,精料组各组合的 pH 都有所降低,氨态氮升高,这可能是由于添加精料引起的。在本试验中,随着精料添加量的增加,瘤胃 pH 会逐渐降低而挥发性脂肪酸和氨态氮含量升高,这与秦正君等^[13]研究结果一致。干物质降解率是评定反刍动物消化能力的重要指标,能在很大程度上反映饲料的消化特性^[18]。在本试验中,粗料组和精粗混合组干物质降解率最高的都是第 3 组,说明青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 豆腐渣(10%)的组合效果最好。各组的干物质降解率在添加精料后都有所上升,说明用菌糠代替部分粗料后与精料混合的消化率要优于直接饲喂粗料。笔者所在课题组的前期研究中用人工瘤胃法测定了青贮、酒糟等粗饲料的 pH 和干物质降解率^[19],根据人工瘤胃培养结果来看,菌糠最佳饲喂方式是青贮(50%) + 菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 豆腐渣(10%)组成粗料后与精料混合使用。

3.3 金针菇菌糠对肉牛血液生化指标和健康的影响

白细胞能够直接反映动物免疫功能,而红细胞因其表面有 C₃b 受体存在,可吸附抗原-补体形成免疫复合物,也能发挥一定的免疫功能^[20]。本试验中血液生理指标都处于正常范围之内,说明金针菇菌糠不会对肉牛的免疫功能产生不利影响。

血糖既能反映动物的营养状况,用于疾病诊断,又能反映能量代谢情况^[21]。当机体处于健康状态时,血糖在激素和肝脏组织作用下保持稳定^[22],如果血糖下降说明日粮中能量不足或动物消化不良。尿素氮是蛋白质代谢产生的废物,其含量受日粮中蛋白质影响,与生产性能呈负相关^[23],尿素氮含量越低,说明蛋白质利用率越高^[24]。在本试验中,试验组与对照组的血糖和尿素氮差异不显著且都处于正常范围,说明用菌糠代替粗料饲喂肉牛不会对日粮整体能量水平和氨基酸平衡造成不良影响。血浆胆固醇主要来源有外源性吸收和内源性合成 2 种^[25],除了来自饲料吸收,还能由乙酰辅酶 A 在肝细胞合成^[26]。因此,血浆胆固醇指标既可以反映动物的脂类吸收情况又可以反映肝脏功能^[6]。甘油三酯由肝脏和脂肪组织合成,能反映机体能量代谢、脂类吸收和肝脏功能。谷丙转氨酶和谷草转氨酶能反映机体的肝脏和心脏功能,如果酶活提高说明肝脏和心脏功能受损^[27]。在本试验中,试验组与对照组

的胆固醇、甘油三酯含量,谷丙转氨酶和谷草转氨酶活力没有显著差异且都处于正常范围,说明菌糠的使用对肉牛脂类吸收和肝脏功能没有不良影响。

3.4 金针菇菌糠对肉牛生产性能的影响

本研究先对金针菇菌糠和常用粗饲料进行营养价值评定,并以此为依据设计了 6 种不同的金针菇菌糠添加方式,然后用人工瘤胃法测定了不同组合的干物质降解率、pH 和氨态氮浓度,最后筛选出最佳添加方式进行饲养试验。筛选出的最佳金针菇菌糠粗料组合为:青贮(50%) + 金针菇菌糠(30%) + 酒糟(10%) + 豆腐渣(10%),精粗比 4 : 6 配制 TMR 饲喂肉牛,结果发现菌糠的使用对肉牛增重有极显著的促进作用,同时可降低饲料成本,提高经济效益。这与 Shinekhuu 等^[28]用发酵金针菇菌糠替代部分稻草饲喂韩国在来牛,以及姜殿文等^[29]用金针菇菌糠代替 15% 精料饲喂肉牛的结果一致。

以上研究结果表明,金针菇菌糠的饲喂对提高肉牛日增重有积极的影响,同时能降低饲料成本,提高经济效益,可以作为粗饲料在肉牛生产中使用。

参考文献 References

- [1] 宫福臣,韩梅琳,杨琼,等. 菌糠与奶牛常用粗饲料瘤胃降解特性的对比研究[J]. 动物营养学报,2013,25(6):1366-1374. GONG F C, HAN M L, YANG Q, et al. Comparison of rumen degradation characteristics between spent mushroom substrate and commonly used roughages for dairy cows[J]. Journal of animal nutrition, 2013, 25(6): 1366-1374 (in Chinese with English abstract).
- [2] 余炎炎,李欢,刁娇娇. 我国食用菌菌糠后处理现状[J]. 现代园艺,2016(9):167. YU Y Y, LI H, DAI J J. Present situation of post-treatment of edible fungus bran in China[J]. Modern horticulture, 2016(9): 167 (in Chinese).
- [3] RIAHI H, VAHID A H, MASOUD S. Use of spent mushroom compost (SMS) as a casing soil in cultivation of agaricus bisorus[J]. Journal of dairy science, 2001, 19(5): 44-49.
- [4] 李淑芬,靳庆生. 用菌糠饲喂家兔的试验[J]. 中国畜牧杂志, 1989, 25(6): 38-39. LI S F, JIN Q S. Experiment on feeding rabbits with mushroom bran[J]. Chinese journal of animal husbandry, 1989, 25(6): 38-39 (in Chinese).
- [5] 刘玉,郑爱华. 饲料中添加不同比例的菌渣对育肥牛增重效果的影响[J]. 中国牛业科学, 2014(5): 15-18. LIU Y, ZHENG A Y. Effects of feed with different proportions of mushroom residue on fattening effects of fattening cattle[J]. Chinese cattle science, 2014(5): 15-18 (in Chinese with English abstract).
- [6] 魏涛. 杏鲍菇菌糠的营养价值及其在肉牛育肥上的应用[D]. 扬州:扬州大学,2018. WEI T. Nutritional value of mushroom bran of *Pleurotus eryngii* and its application in beef cattle fattening[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2018 (in Chinese).

- with English abstract).
- [7] 卢德勋,谢崇文.现代反刍动物营养研究方法和技术[M].北京:农业出版社,1991.LU D X, XIE C W. Research methods and techniques of modern ruminant nutrition[M]. Beijing: Agricultural Press, 1991 (in Chinese).
- [8] 冯宗慈,高民.通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进[J].畜牧与饲料科学,2010,31(6):37.FENG Z C, GAO M. Improvement of the colorimetric method for determination of ammonia nitrogen in rumen fluid[J]. Animal husbandry and feed science, 2010, 31(6): 37 (in Chinese).
- [9] 范文丽,李天来,代洋,等.杏鲍菇、香菇、金针菇、蛹虫草、滑菇、平菇菌糠营养分析评价[J].沈阳农业大学学报,2013,44(5):673-677.FAN W L, LI T L, DAI Y, et al. Nutritional analysis and evaluation of *Pleurotus eryngii*, *Lentinus edodes*, *Flammulina velutipes*, *Cordyceps militaris*, *Smooth mushroom* and *Pleurotus ostreatus*[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2013, 44 (5): 673-677 (in Chinese with English abstract).
- [10] 刘启燕,王宇,张轶凤,等.发酵金针菇菌糠对泌乳奶牛生产性能及血液生理指标的影响[J].中国食用菌,2019,38(7):58-63.LIU Q Y, WANG Y, ZHANG Y F, et al. Effects of fermented *Flammulina velutipes* bran on production performance and blood physiological indexes of lactating dairy cows[J]. Chinese edible fungus, 2019, 38(7): 58-63 (in Chinese with English abstract).
- [11] 李天宇,郑毅,解盼盼,等.7种菌糠及其青贮饲料的营养价值和发酵品质[J].中国畜牧杂志,2018,54(1):94-98. LI T Y, ZHENG Y, XIE P P, et al. Nutritional value and fermentation quality of 7 fungus bran and silage [J]. Chinese journal of animal husbandry, 2018, 54 (1): 94-98 (in Chinese).
- [12] 蒋明琴,李进杰,冯巧婷.香菇菌糠替代部分精料育肥肉牛试验[J].黑龙江畜牧兽医,2010,10(1):82. JIANG M Q, LI J J, FENG Q T. Experiment on beef cattle fattening with mushroom bran instead of some concentrate[J]. Heilongjiang animal science and veterinary medicine, 2010, 10(1): 82 (in Chinese).
- [13] 秦正君,王若勇,时国峰,等.日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵及生产性能的影响[J].畜牧兽医杂志,2018,37(1):83-85. QIN Z J, WANG R Y, SHI G F, et al. Effects of dietary concentrate-to-roughness ratio on rumen fermentation and production performance of dairy cows [J]. Journal of animal husbandry and veterinary medicine, 2018, 37(1): 83-85 (in Chinese with English abstract).
- [14] HOUTERT M F J V. The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages; a review[J]. Animal feed science and technology, 1993, 43(3/4): 189-225.
- [15] PRASAD C S, WOOD C D, SAMPATH K T. Use of *in vitro* gas production to evaluate rumen fermentation of untreated and urea treated finger millet straw (*Eleusine coracand*) supplemented with different levels of concentrate[J]. Journal of the science of food & agriculture, 2010, 65(4): 457-464.
- [16] HRISTOV A N, ROPP J K, HUNT C W. Effect of barley and its amylopectin content on ruminal fermentation and bacterial utilization of ammonia-N *in vitro*[J]. Animal feed science and technology, 2002, 99(1/2/3/4): 25-36.
- [17] HOOVER W H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion[J]. Journal of dairy science, 1986, 69(10): 2755-2766.
- [18] 赵祥,董宽虎,王永新,等.不同精粗比全混合饲料在绵羊瘤胃内的降解动态[J].草业学报,2005,14(3):62-66. ZHAO X, DONG K H, WANG Y X, et al. Degradation dynamics of sheep rumen with different concentrate-roughage ratios[J]. Journal of grass industry, 2005, 14 (3): 62-66 (in Chinese with English abstract).
- [19] 杨洪明,王宇,张轶凤,等.基于体外培养法研究不同GI指数的粗饲料与精饲料之间组合效应[J].草业科学,2019,36(2):556-564. YANG H M, WANG Y, ZHANG Y F, et al. Combination effects between crude and concentrate with different GI indices were studied based on *in vitro* culture method [J]. Grassland science, 2019, 36 (2): 556-564 (in Chinese with English abstract).
- [20] 杨秀平.动物生理学[M].北京:高等教育出版社,2002. YANG X P. Animal physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002 (in Chinese).
- [21] 薛丰,杜晋平,解祥学,等.玉米和玉米青贮日粮添加赖氨酸对肉牛生长性能及血液生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(19):38-41. XUE F, DU J P, XIE X X, et al. Effects of lysine supplementation on growth performance and blood biochemical indexes of beef cattle in corn and corn silage diets[J]. Chinese journal of animal husbandry, 2010, 46 (19): 38-41 (in Chinese with English abstract).
- [22] MUTSVANGWA T, KIRAN D, ABEYSEKARA S. Effects of feeding canola meal or wheat dried distillers grains with solubles as a major protein source in low- or high-crude protein diets on ruminal fermentation, omasal flow, and production in cows[J]. Journal of dairy science, 2016, 99(2): 1216-1227.
- [23] STANLEY C C, WILLIAMS C C, JENNY B F, et al. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J]. Journal of dairy science, 2002, 85(9): 2335-2343.
- [24] 霍永久,占今舜,余同水,等.饲料不同蛋白水平对淮猪生长性能、肉品质和血清生化指标的影响[J].草业学报,2015,24(6):133-141. HUO Y J, ZHAN J S, YU T S, et al. Effects of different dietary protein levels on growth performance, meat quality and serum biochemical indices of Huai pigs[J]. Journal of grassland science, 2015, 24 (6): 133-141 (in Chinese with English abstract).
- [25] 李茂.不同能氮水平日粮对生长期海南黑山羊血液生化指标的影响[J].中国农学通报,2009,25(22):17-20. LI M. Effects of diets with different energy and nitrogen levels on blood biochemical indexes of Hainan black goats in growing period[J]. China agricultural bulletin, 2009, 25 (22): 17-20 (in Chinese with English abstract).
- [26] 潘军,高腾云,付彤,等.白灵菇菌糠对肉牛适口性和育肥效果的影响[J].家畜生态学报,2010,31(1):59-63. PAN J, GAO T Y, FU T, et al. Effects of fungus chaff of *Pleurotus albicans* on

- palatability and fattening effect of beef cattle[J]. Journal of livestock ecology, 2010, 31 (1): 59-63 (in Chinese with English abstract).
- [27] 李晓岑. 冬虫夏草对肝硬化大鼠谷丙转氨酶和谷草转氨酶的影响[J]. 中国林副特产, 2005 (4): 24. LI X C. Effect of *Cordyceps sinensis* on glutamic pyruvic transaminase and glutamic oxaloacetic transaminase in cirrhotic rats[J]. Forest by-products of China, 2005 (4): 24 (in Chinese).
- [28] SHINEKHUU J, JI B J, JIN G L. Effects of dietary replacement of rice straw with fermented spent mushroom (*Flammulina velutipes*) compost on availability of feeds in sheep, and growth performance of hanwoo steers[J]. Journal of animal science & technology, 2009, 51(3): 241-248.
- [29] 姜殿文, 官志远, 盛清凯. 金针菇菌渣日粮对肉牛生产性能的影响[J]. 中国草食动物科学, 2011, 31(5): 32-34. JIANG D W, GONG Z Y, SHENG Q K. Effects of *Flammulina velutipes* residue diet on beef cattle performance [J]. Chinese herbivorous animal science, 2011, 31(5): 32-34 (in Chinese).

Nutrients assessments of *Flammulina velutipes* substrate and its effects on production performance of beef cattle

WANG Yu¹, LI Han¹, GAO Jing¹, XU Hongyang¹,
CHEN Zhuliang², CHEN Qiao³, GAO Si¹, QI Zhili¹

1. College of Animal Nutrition and Feed Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Ruyiqing Biotechnology Company Limited, Wuhan 430040, China;

3. Wuhan Animal Husbandry Biotechnology Company Limited, Wuhan 430000, China

Abstract In order to evaluate the feeding value of golden needle mushroom barn, the *in vitro* rumen fermentation was used to select the best feeding combination, which was further tested in the practice. Firstly, the nutrients components of golden needle mushroom barn and other roughages was measured. Next, six groups of combinations based on previous study were designed and *in vitro* rumen fermentation was applied to measure pH, NH₃ and dry matter degradation to select the best group of combinations. Then, the beef cattle feeding trial was conducted to test the best combination. Sixteen healthy Simonthal hybrid cattle with similar bodyweight and age were selected and randomly assigned to two groups, control group and experimental group, with 8 cows in each group. The control group was fed with the basal TMR and the experimental group was fed with the optimal TMR diet. The pre-trial period was 10 days for adaption, and the experimental period was 80 days. Blood collection and body-weighting were performed at the beginning and end of the trial to evaluate the feeding effects on bodyweight gain, blood physiological parameters and serum biochemical index. The results showed that the nutrient components of golden needle mushroom barn was similar to straw and maize yellow storage; The best feeding combination was maize green storage (50%) + golden needle mushroom barn (30%) + beef grain (10%) + bean curd residue (10%); The best combination significantly increased bodyweight gain ($P < 0.01$), reduced the feed cost and had no detrimental effects on blood physiological parameters and serum biochemical index. To sum up, golden needle mushroom barn could be used as roughage for beef cattle.

Keywords *Flammulina velutipes* substrate; nutriment assessments; utilization of mushroom bran; beef cattle; *in vitro* rumen fermentation; blood biochemical index

(责任编辑:边书京)