

菌糠对肉牛生长性能和血液生理生化指标的影响

潘 军^{1,2}, 曹玉凤³, 吕 超¹, 高腾云¹, 付 彤¹, 李改英¹, 廉红霞¹

(1 河南农业大学 牧医工程学院, 河南 郑州 450002; 2 阿克苏职业技术学院, 新疆 阿克苏 843000;

3 河北农业大学 动物科技学院, 河北 保定 071000)

【摘 要】 **【目的】**研究白灵菇菌糠对肉牛的育肥效果及其血液生理生化指标的影响。**【方法】**选择 40 头日增质量和体质量接近的西门塔尔杂交二代牛,按日增质量、体质量和年龄配对的原则,分为对照组(CG)、试验Ⅰ组、试验Ⅱ组和试验Ⅲ组,分别用白灵菇菌糠代替日粮中 0%,20%,40%,60%质量比的麦秸,进行 70 d 的饲养试验,于预试期和试验期分 3 次对每头牛称体质量和颈静脉采血,测定血液生理生化指标,分析白灵菇菌糠对肉牛育肥及其生理生化指标的影响。**【结果】**(1)试验Ⅰ~Ⅲ组肉牛の日增质量分别较对照组提高 1.59%,10.32%和 2.38%,但差异均不显著($P>0.05$)。(2)随着试验的进行,至试验末期时,除试验Ⅱ组肉牛血液血红蛋白质量浓度有所降低外,各试验组肉牛血液白细胞、红细胞、血小板的数量和血红蛋白质量浓度的变化趋势与对照组基本一致,其中白细胞的降低趋势较对照组更为明显;试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组肉牛试验 60 d 时,血液白细胞数量分别较对照组降低 8.31%($P<0.05$),8.38%($P<0.01$)和 8.22%($P>0.05$)。(3)试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组肉牛试验 45 和 60 d 时,血浆总胆固醇含量分别较对照组提高 4.28%($P>0.05$),28.79%($P<0.01$),24.90%($P<0.05$)和 5.62%($P>0.05$),18.88%($P<0.05$),19.68%($P<0.05$);各试验组肉牛在试验 45 d 时,血浆钙水平与对照组相比差异均达到了显著水平($P<0.05$);在试验 60 d 时,各试验组肉牛血浆尿素氮含量分别较对照组提高了 55.51%($P<0.01$),49.32%($P<0.01$)和 4.41%($P>0.05$);试验进行到第 60 天时,各试验组肉牛血浆总蛋白、白蛋白、球蛋白、葡萄糖、甘油三酯、总胆固醇、肌酐、钙、磷等指标的变化趋势与对照组基本一致;试验Ⅱ组肉牛血浆葡萄糖、总胆固醇、尿素氮、钙和磷等指标的变化幅度较对照组明显;而试验Ⅰ、Ⅱ组肉牛的血浆碱性磷酸酶和试验Ⅰ、Ⅲ组尿素氮的变化趋势与对照组相反。**【结论】**菌糠对肉牛的免疫机能和血液代谢指标无负面影响,可以作为肉牛的粗饲料使用,且其具有良好的育肥和生态效益。

【关键词】 菌糠;肉牛;生长性能;血液生理指标;血浆生化指标

【中图分类号】 S823.9⁺2.5;S816.4

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)01-0021-08

Influence of spent mushroom substrate on fattening performance and blood physiological and biochemical indexes of beef cattle

PAN Jun^{1,2}, CAO Yu-feng³, LÜ Chao¹, GAO Teng-yun¹, FU Tong¹,

LI Gai-ying¹, LIAN Hong-xia¹

(1 College of Animal and Veterinary Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2 Aksu Vocational and Technical College, Aksu, Xinjiang 843000, China; 3 College of Animal Science,

Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: **【Objective】**The research was conducted to study the influence of spent mushroom substrate (SMS) on beef cattle growth performance, physiological and biochemical indexes. **【Method】**According to daily gain, body weight and age matched principle, 40 Simmental F₂ cattle were divided into control group (CG), experimental group I, II, III, fed with 0%, 20%, 40%, 60% SMS instead of wheat straw respective-

* [收稿日期] 2010-06-07

[基金项目] 农业部国家肉牛产业技术体系项目(nycyt-x-38)

[作者简介] 潘 军(1983—),男,新疆阿克苏人,硕士,主要从事反刍动物营养与饲料研究。

E-mail: panstone5panstone5@gmail.com

[通信作者] 高腾云(1964—),男,河南南阳人,教授,博士生导师,主要从事牛集约化饲养研究。E-mail: tygao@371.net

ly. In the pre-test period and test period each cattle was weighed 3 times and its blood was collected by jugular vein 3 times to measure physiological and biochemical indexes. 【Result】 (1) Compared with control group, the average daily gain of beef cattle in group I, II and III slightly increased by 1.59%, 10.32% and 2.38% ($P>0.05$) respectively. (2) The white blood cell(WBC) of beef cattle in 60 days experimental period in group I, II, III was 8.31% ($P<0.05$), 8.38% ($P<0.01$) and 8.22% ($P>0.05$) lower than that of the control group respectively, but there were no significant influence of SMS on red blood cell count (RBC), hemoglobin(HB) concentration and platelet(PLT) count; the change tendency of WBC, RBC, PLT and HB in the beef cattle blood within 0 day, 45 days and 60 days experimental period in group I, II, III was consistent with the control group, and the change tendency of WBC was inconsistent with the control group. (3) Compared with the control group, the total cholesterol in plasma of 45 days and 60 days experimental period in group I, II, III increased by 4.28% ($P>0.05$), 28.79% ($P<0.01$), 24.90% ($P<0.05$), 5.62% ($P>0.05$), 18.88% ($P<0.05$) and 19.68% ($P<0.05$) respectively; the urea nitrogen in plasma of 60 days experimental period in group I, II, III increased by 55.51% ($P<0.01$), 49.32% ($P<0.01$) and 4.41% ($P>0.05$), respectively; the blood calcium of 45 days experimental period in group II, III was 2.47 and 2.43 mmol/L respectively, extremely higher than that of the control group; the change tendencies of total protein (TP), albumin (ALB), globulin (GLO), glucose (GLU), triglycerin (TG), total cholesterol (TC), urea nitrogen (UN), creatinine (CRE), calcium (Ca), phosphorus (P) in plasma within 0 day, 45 days and 60 days experimental period in group I, II, III were consistent with the control group, the change tendencies of UR in plasma during 60 days experimental period in group II were consistent with the control group, and the change tendencies of GLU, UN, TC, Ca, P in group II were inconsistent with the control group, but the change tendencies of alkaline phosphatase (AKP) in group I and II, and the change tendencies of UN in group I and III were obviously opposite to that of control group. 【Conclusion】 The results proved that SMS has no negative effects on immune function and blood metabolic indexes, which can be used as ruminants feed with good ecological benefit.

Key words: spent mushroom substrate; beef cattle; growth performance; blood physiological trait; plasma biochemical trait

菌糠是指以棉籽壳、锯木屑、玉米芯、甘蔗渣及多种农作物秸秆、工业废物(如酒糟、醋糟、造纸厂废液及制药厂黄浆液等)为主要原料栽培食用菌后的废弃培养料。据冯景刚^[1]报道, 2007 年我国食用菌产量达到 1 682 万 t, 约占世界食用菌总产量的 70% 以上, 同时伴随产生了约 1 000 万 t 的食用菌菌糠。目前, 人们对这些巨大的菌糠资源的可利用性认识不足, 对其尚未进行有效、合理的利用。陈恒雷等^[2]报道, 阿魏菇菌糠中的粗纤维含量为 291 g/kg, 粗蛋白含量为 711 g/kg, 粗脂肪含量为 38 g/kg, 并含有丰富的矿物质和维生素, 且菌糠中富含菌丝体, 氨基酸种类也比较齐全。Spinosa^[3]和 Adamovin 等^[4]也认为, 食用菌菌糠具有营养和药用双重价值, 可以作为动物饲料进行利用。Bae 等^[5]认为, 生产完食用菌的菌糠可以作为饲料, 但由于其中性洗涤纤维含量较高(640~780 g/kg), 粗蛋白含量较低(70~110

g/kg), 所以应将其归类为粗饲料, 适合在反刍动物日粮中应用。雷雪芹等^[6]报道, 在稻草菌糠的提取物中, 未发现对动物健康有害的多种霉菌毒素和其他有毒有害物质。菌糠作为精饲料或粗饲料在生产中的应用报道也表明, 菌糠能提高动物的生产性能^[7-9]。

以上研究报道仅从菌糠是否含有有毒有害物质, 以及其能否促进动物生长的角度, 分析了菌糠作为饲料的安全性和可利用性, 但尚未见从血液生理角度分析菌糠对动物免疫细胞和免疫功能的影响, 以及从血液生化指标角度分析菌糠在动物体内的吸收和代谢情况的研究报道。为此, 本试验从血液生理生化指标的角度, 探讨了菌糠对肉牛血液免疫细胞和免疫功能及其在动物体内吸收和代谢的影响, 以期菌糠资源在饲料工业中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验选用河南省许昌县荣盛农林牧业有限公司提供的白灵菇(以玉米芯、棉籽壳为主要生产原料)菌糠为替代饲料。在白灵菇采收完毕后挑选菌糠,剔除发霉变质的部分,选择新鲜、干净、无杂菌污染的废弃培养料,用打草机粉碎后在太阳下翻晒,晒干后装袋备用。

试验于 2009-04—06 在河南省许昌县荣盛农林牧业有限公司肉牛场进行,选择 40 头 12~16 月龄、体质量为 340~365 kg 的健康西门塔尔杂交二代牛作为供试牛。

表 1 各组肉牛供试日粮的组成及其养分含量
Table 1 Diet composition and nutrient level of beef cattle in four groups

原料 Ingredient	含量/(g·kg ⁻¹) Content			
	对照组 Control	试验Ⅰ组 GroupⅠ	试验Ⅱ组 GroupⅡ	试验Ⅲ组 GroupⅢ
玉米 Maize	333.30	333.30	333.30	333.30
麦秸 Wheat straw	333.30	266.70	200.00	133.30
菌糠 SMS	0.00	66.70	133.30	200.00
麸皮 Wheat bran	66.70	66.70	66.70	66.70
豆粕 Soybean meal	33.30	33.30	33.30	33.30
棉饼 Cottonseed cake	200.00	200.00	200.00	200.00
CaHPO ₄	13.30	13.30	13.30	13.30
NaCl	6.70	6.70	6.70	6.70
NaHCO ₃	13.30	13.30	13.30	13.30

营养指标 Nutrient index	营养水平/(g·kg ⁻¹) Nutrition level			
	对照组 Control	试验Ⅰ组 GroupⅠ	试验Ⅱ组 GroupⅡ	试验Ⅲ组 GroupⅢ
干物质 DM	955.10	955.30	955.50	955.70
粗蛋白 CP	87.80	90.10	92.40	94.60
粗脂肪 EE	33.00	32.10	31.20	30.30
中性洗涤纤维 NDF	371.80	354.70	337.50	320.40
酸性洗涤纤维 ADF	178.60	178.20	177.80	177.40
Ca	7.80	9.30	10.70	12.20
P	2.10	2.30	2.60	2.80

注:所有营养指标均为实验室测定值。
Note: All indexes were measured in laboratory.

1.3 饲养管理

试验共进行 70 d,其中预试期为 10 d,正试期为 60 d。试验前分别对供试牛进行驱虫、编号、配对分组,并使其适应新的日粮和圈舍环境。试验期间供试牛采用舍饲、栓系、单独饲养法,供试牛的日粮均按试验设计配成全混日粮,采取定时、定量饲喂和自由饮水。定期对圈舍进行消毒,对供试牛进行刷拭清洗。

1.4 测定指标及方法

在预试期开始和正试期始、末,分别对试验牛空腹地磅称质量。在预试验前 1 d 和试验期的第 45 天及第 60 天,分别对每头供试牛颈静脉采血 2 份,

1.2 试验设计

按照日增质量、体质量和年龄配对的原则,将供试牛分为对照组(CK)和试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组,每组 10 头牛,使各组之间的平均日增质量和平均体质量差异不显著。对照组及试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组日粮中菌糠替代麦秸的质量比分别为 0%,20%,40%,60%,然后进行 70 d 饲喂试验。在预试期和整个试验期,每头牛每天的精料饲喂量均为 6 kg,粗饲料饲喂量均为 3 kg。饲料中干物质(DM)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)、钙(Ca)、磷(P)等的测定,均参照《饲料分析与检测》^[10]中的方法进行。试验日粮组成和营养水平见表 1。

其中 1 份置于一次性负压采血管内,以 EDTA 抗凝,用全自动生化分析仪(日立 7170 型)分析全血血常规(白细胞、红细胞、血红蛋白、血小板);另 1 份置于抗凝剂为肝素的负压采血管内,并制备血浆,用全自动生化分析仪(日立 7170 型)测定血浆总蛋白、白蛋白、球蛋白、葡萄糖、甘油三酯、总胆固醇、尿素氮、肌酐、钙、磷、碱性磷酸酶等。

1.5 数据处理

用 SPSS16.0 软件对试验数据进行统计与分析。不同处理的各个指标采用单因素方差分析进行 F 检验,差异显著者采用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 菌糠对肉牛生长性能的影响

由表 2 可见,由 I、II、III 组试验肉牛平均日增质量分别较对照组提高了 1.59% ($P>0.05$),

10.32% ($P>0.05$) 和 2.38% ($P>0.05$),但差异均不显著。说明菌糠替代麦秸对育肥牛的生长有一定的提高作用,其中以菌糠 40% 替代组的效果较为明显。

表 2 菌糠对肉牛生长性能的影响

Table 2 Influence of SMS on growth performance of fattening cattle

组别 Group	初质量/kg Initial weight	末质量/kg Final weight	头均增加质量/kg Weight gain	平均日增质量/(kg·d ⁻¹) ADG
CK	340.60±43.43	432.23±57.28	91.63±16.51	1.26±0.23
I	351.30±31.23	444.87±49.18	93.57±7.56	1.28±0.10
II	348.40±35.14	449.96±44.16	101.56±14.61	1.39±0.20
III	362.70±33.88	456.60±46.39	93.90±11.72	1.29±0.16

2.2 菌糠对肉牛血液生理指标的影响

由表 3 可以看出,试验前、试验 45 d 和试验 60 d 时,各试验组肉牛血液红细胞、血小板的数量和血红蛋白质量浓度,与对照组相比差异均不显著 ($P>0.05$);在试验 60 d 时,试验 I、II、III 组肉牛血液白细胞数分别较对照组下降 8.31% ($P<0.05$),

8.38% ($P<0.01$) 和 8.22% ($P>0.05$)。随试验的进行,至试验末期时,除试验 II 组的血红蛋白质量浓度有所降低外,各试验组肉牛血液白细胞、红细胞、血小板数量和血红蛋白质量浓度的变化趋势与对照组基本一致,其中白细胞的降低趋势较对照组更为明显。

表 3 菌糠对肉牛血液生理指标的影响

Table 3 Influence of SMS on blood physiological indexes of fattening cattle

测定时间 Test time	指标 Index	组别 Group			
		CK	I	II	III
试验前 Pre-test period	白细胞/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) WBC	15.27±8.88	13.69±5.22	11.47±3.68	15.11±4.44
	红细胞/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) RBC	6.93±1.32 ab	6.56±0.93 a	7.51±0.81 b	7.51±0.83 ab
	血红蛋白/(g·L ⁻¹) HB	98.50±17.85 ab	93.30±12.38 a	108.50±11.18 b	108.40±15.69 ab
	血小板/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) PLT	449.70±264.58 ab	499.30±273.12 ab	379.50±174.28 a	648.80±244.43 b
试验 45 d 45 days of experimental period	白细胞/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) WBC	9.76±1.81	8.25±1.99	8.58±2.80	7.88±1.83
	红细胞/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) RBC	6.31±1.37	6.67±1.17	7.27±0.65	6.83±0.97
	血红蛋白/(g·L ⁻¹) HB	95.60±18.19	101.60±17.37	108.00±9.83	100.70±15.94
	血小板/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) PLT	324.60±153.93	328.20±88.92	320.60±44.49	281.90±75.63
试验 60 d 60 days of experimental period	白细胞/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) WBC	9.13±1.53 Aa	7.46±1.36 ABb	6.80±1.75 Bb	8.29±1.90 ABab
	红细胞/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) RBC	6.76±0.93	6.41±0.75	6.39±0.64	7.02±0.65
	血红蛋白/(g·L ⁻¹) HB	107.80±12.66 ab	106.70±11.94 ab	102.80±9.17 a	115.90±12.43 b
	血小板/(10 ⁻⁹ ·L ⁻¹) PLT	148.90±72.66	124.30±77.43	176.50±84.09	169.40±69.15

注:同行数据后标不同小写字母者表示差异显著 ($P<0.05$),标不同大写字母者表示差异极显著 ($P<0.01$)。下同。

Note: Different small letters in the same line indicate significant difference ($P<0.05$), different capital letters indicate extremely significant difference ($P<0.01$). The following table is the same.

2.3 菌糠对肉牛血浆生化指标的影响

由表 4 可知,在试验前、试验 45 d 和试验 60 d 时,各试验组肉牛血浆的总蛋白、白蛋白、球蛋白、葡萄糖、甘油三酯、肌酐、碱性磷酸酶等指标,与对照组相比差异均不显著 ($P<0.05$);试验前,试验 I 组肉牛血浆尿素氮含量极显著高于对照组 ($P<0.01$),而血浆磷含量却显著低于对照组 ($P<0.05$);试验 45 和 60 d 时,试验 I、II、III 组肉牛的血浆总胆固醇含量分别较对照组提高 4.28% ($P>0.05$),28.79% ($P<0.01$),24.90% ($P<0.05$) 和 5.62% ($P>0.05$),18.88% ($P<0.05$),19.68% ($P<0.05$);试

验 45 d 时,各试验组肉牛血浆钙水平与对照组相比差异均达到了显著水平 ($P<0.05$);试验 60 d 时,试验 I、II、III 组肉牛的血浆尿素氮含量分别较对照组提高了 55.51% ($P<0.01$),49.32% ($P<0.01$) 和 4.41% ($P>0.05$)。随着试验的进行,至试验末期时,各试验组肉牛血浆中总蛋白、白蛋白、球蛋白、葡萄糖、甘油三酯、总胆固醇、肌酐、钙、磷等指标的变化趋势与对照组基本一致;试验 II 组肉牛血浆葡萄糖、总胆固醇、尿素氮、钙和磷等指标的变化幅度较对照组明显;而试验 I、II 组肉牛血浆碱性磷酸酶含量的变化趋势却与对照组明显相反。

表 4 菌糠对肉牛血液生化指标的影响

Table 4 Influence of SMS on serum biochemical indexes of fattening cattle

测定时间 Test time	指标 Index	组别 Group			
		CK	I	Ⅱ	Ⅲ
试验前 Pre-test period	总蛋白/(g·L ⁻¹) TP	70.34±6.23 ab	69.25±6.20 ab	67.41±5.60 a	73.36±3.17 b
	白蛋白/(g·L ⁻¹) ALB	24.32±1.68	22.65±0.97	23.53±2.44	23.71±2.20
	球蛋白/(g·L ⁻¹) GLO	46.02±6.24 ab	46.60±7.12 ab	43.88±6.76 a	49.65±4.95 b
	葡萄糖/(mmol·L ⁻¹) GLU	4.71±0.88 ab	5.06±0.62 a	4.25±0.25 b	4.66±0.87 ab
	甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) TG	0.13±0.05	0.11±0.04	0.11±0.04	0.14±0.04
	总胆固醇/(mmol·L ⁻¹) TC	1.92±0.42 ab	1.59±0.33 a	2.03±0.27 b	2.03±0.42 b
	尿素氮/(mmol·L ⁻¹) UN	2.27±0.53 A	3.67±0.39 B	2.32±0.39 A	2.51±0.53 A
	肌酐/(μmol·L ⁻¹) CRE	111.40±21.43	113.00±12.55	111.10±13.34	116.80±27.60
	Ca/(mmol·L ⁻¹)	2.33±0.07 ab	2.26±0.06 a	2.35±0.13 b	2.36±0.13 b
	P/(μmol·L ⁻¹)	3.68±0.43 a	3.16±0.39 b	3.64±0.39 a	3.52±0.55 ab
	碱性磷酸酶/(IU·L ⁻¹) AKP	92.10±18.30	87.60±20.40	88.40±12.70	89.80±22.80
试验 45 d 45 days of experimental period	总蛋白/(g·L ⁻¹) TP	66.40±3.27	69.52±6.06	66.36±2.49	67.61±3.58
	白蛋白/(g·L ⁻¹) ALB	24.24±1.84	24.34±1.53	24.77±2.04	23.99±1.43
	球蛋白/(g·L ⁻¹) GLO	42.16±3.29	45.18±6.67	41.59±2.96	43.62±4.21
	葡萄糖/(mmol·L ⁻¹) GLU	3.94±0.36	3.86±0.20	3.92±0.32	3.71±0.27
	甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) TG	0.12±0.04	0.10±0.03	0.11±0.03	0.12±0.02
	总胆固醇/(mmol·L ⁻¹) TC	2.57±0.60 Aa	2.68±0.64 ABa	3.31±0.32 Bb	3.21±0.58 ABb
	尿素氮/(mmol·L ⁻¹) UN	2.00±0.33	1.96±0.25	2.00±0.55	2.00±0.33
	肌酐/(μmol·L ⁻¹) CRE	115.50±18.34	126.60±16.57	121.90±12.43	125.30±19.26
	Ca/(mmol·L ⁻¹)	2.30±0.12 Aa	2.41±0.06 ABb	2.47±0.09 Bb	2.43±0.10 Bb
	P/(μmol·L ⁻¹)	2.72±0.34	2.67±0.22	2.79±0.30	2.74±0.25
	碱性磷酸酶/(IU·L ⁻¹) AKP	88.00±21.10	89.80±19.21	90.50±10.61	89.10±30.18
试验 60 d 60 days of experimental period	总蛋白/(g·L ⁻¹) TP	65.93±2.97	67.56±5.39	65.40±3.39	68.61±2.16
	白蛋白/(g·L ⁻¹) ALB	24.72±1.51	24.04±1.47	24.55±2.06	24.50±1.20
	球蛋白/(g·L ⁻¹) GLO	41.21±2.13	43.52±5.28	40.85±3.58	44.11±2.60
	葡萄糖/(mmol·L ⁻¹) GLU	4.56±0.29 ab	4.60±0.27 a	4.59±0.22 a	4.34±0.21 b
	甘油三酯/(mmol·L ⁻¹) TG	0.11±0.04	0.11±0.03	0.10±0.02	0.11±0.03
	总胆固醇/(mmol·L ⁻¹) TC	2.49±0.45 a	2.63±0.39 ab	2.96±0.37 b	2.98±0.43 b
	尿素氮/(mmol·L ⁻¹) UN	2.27±0.76 Aa	3.53±0.86 Bb	3.39±0.93 Bb	2.37±0.93 Aa
	肌酐/(μmol·L ⁻¹) CRE	115.40±22.20	117.80±14.83	119.50±13.79	123.10±16.94
	Ca/(mmol·L ⁻¹)	2.45±0.09	2.49±0.08	2.49±0.09	2.51±0.07
	P/(μmol·L ⁻¹)	2.73±0.20 ab	2.85±0.22 a	2.77±0.25 ab	2.59±0.25 b
	碱性磷酸酶/(IU·L ⁻¹) AKP	98.00±24.54	87.30±20.10	86.50±15.33	94.50±26.12

3 讨 论

3.1 菌糠对肉牛生长性能的影响

本试验用菌糠替代肉牛日粮中 20%~60% 质量比的麦秸,结果以 40% 替代组的体质质量增加效果较好,20% 和 60% 替代组肉牛的生长性能与对照相比均有所提高,但差异并不显著($P>0.05$)。据李浩波等^[8]、孙国强等^[11]报道,无论用菌糠替代日粮中的精饲料还是粗饲料,均能极显著地提高育肥牛的生长性能。本试验与上述研究结果略有不同,这可能与菌糠的品质和营养价值不同有关。本试验在预试期进行了菌糠添加用量的确定,试验 I、Ⅱ、Ⅲ组分别按替代麦秸质量的 10%,20%,30%,40%,50%,60% 的比例进行逐渐替代,观察发现,当试验Ⅲ组的替代量为 60% 时,试验牛开始出现采食速度

下降、采食量减少、料槽内有余料的现象,并有 6 头试验牛出现腹泻现象。因此,最终确定试验 I、Ⅱ、Ⅲ组菌糠替代麦秸的比例分别为 20%,40% 和 60%,这与孙国强等^[11]报道的以菌糠替代 50% 的粗饲料效果最佳的结论较为一致。但菌糠在动物日粮中应用时,应对其进行营养价值评定,以确定其应归为哪类饲料,以便确定适当的添加比例。

3.2 菌糠对肉牛血液免疫细胞的影响

白细胞的数量对机体的免疫功能有重要作用。本试验发现,用菌糠替代 20%~60% 的麦秸,在试验期的第 45 和 60 天时,供试肉牛血液中的白细胞数量与对照相比均呈降低趋势,且以 60 d 时降低趋势更为明显,但其白细胞的数量仍然保持在正常范围($(6.50\sim9.58)\times10^{-9}/L$)之内^[12]。Wu 等^[13]和 Liu 等^[14]报道,食药用真菌代谢产物的真菌多糖能

够激活自然杀伤细胞,提高血液中的单核细胞、中性粒细胞和巨噬细胞的活性和吞噬能力,从而提高小鼠的免疫力。然而,本试验中菌糠却没有明显表现出对肉牛免疫细胞活性和免疫力的提高能力,这可能与白灵茹菌糠中的真菌多糖含量较低有关;同时也可能与真菌多糖在不同种类动物体内的消化利用途径不同有关,因为真菌多糖属于多糖结构,在单胃动物体内较难被消化和吸收,可能发挥类似益生元的作用以提高免疫力,而反刍动物的瘤胃微生物能够分解此类多糖物质,可将其转化为挥发性脂肪酸(VFA)的形式供机体利用。

红细胞的主要功能是运输 O_2 和 CO_2 ,并对机体所产生的酸、碱物质起缓冲作用。然而红细胞的主要机能是由血红蛋白来完成的,同时红细胞表面存在补体 C3b 受体,其可吸附抗原-补体形成免疫复合物,该复合物最终由吞噬细胞所清除,因此红细胞还具有免疫功能^[15]。血浆中的总蛋白是由白蛋白和球蛋白 2 部分组成的,总蛋白含量高,则有利于提高代谢水平和免疫力,促进动物快速、健康生长;血浆白蛋白具有作为营养物质的载体、维持血浆渗透压、提供机体蛋白质等功能;而球蛋白水平的高低与机体抵抗力的强弱相关。本试验发现,白灵茹菌糠对各试验期肉牛血液红细胞、血红蛋白和血小板以及血浆总蛋白、白蛋白和球蛋白均无显著影响,说明 20%~60% 的菌糠用量对肉牛的免疫力和抵抗力不会产生负面影响,再一次验证了菌糠作为饲料的安全性,与 Belewu 等^[16-17]报道的饲喂真菌处理过的农作物副产品,不会影响动物的血液生理指标、免疫细胞、免疫功能及动物健康状况的结果一致。在不同试验期内,肉牛血液中相关免疫指标与对照组基本一致,但不同试验期内同一处理的各个指标呈现出波动变化,这可能与供试牛在不同试验期内所处的外界环境不同有关,也可能与供试牛在不同生长阶段的生理条件不同有关。

3.3 菌糠对肉牛血浆生化指标的影响

血浆中的葡萄糖水平是反映机体营养状况的重要参数,是衡量动物机体内能量平衡的重要指标。如果血浆中葡萄糖浓度降低,说明动物日粮中能量水平不足或机体消化不良而使日粮能量利用率较低^[18]。Stanley 等^[19]指出,尿素氮是蛋白质代谢后产生的废物,尿素氮浓度的高低可以作为动物体内蛋白质代谢和日粮氨基酸平衡状况的较为准确的反映指标,氨基酸平衡良好时,尿素氮浓度下降,尿素氮浓度越低则表明氮的利用效率越高。在本研究

中,用 20%~60% 的菌糠替代麦秸,结果表明在试验 45 d 时,肉牛血浆葡萄糖和尿素氮的变化不明显,但试验 60 d 时肉牛血浆中的尿素氮水平有显著提高趋势,这可能与菌糠中粗蛋白含量较麦秸高有关;各组日粮中粗蛋白水平随着菌糠替代量的增加而增加,然而 60% 替代组肉牛血浆尿素氮水平低于 20% 和 40% 替代组,这可能与菌糠的粒度大小有关。菌糠和麦秸用相同的粉碎机进行粉碎时,麦秸的粒度为 5 cm,而菌糠具有易破碎性,其粉碎粒度仅为 1 cm,这虽然增加了菌糠与瘤胃微生物的接触面积,但同时也加快了菌糠在瘤胃内的流通速度,可能会降低其消化率。从总体趋势来看,菌糠对肉牛体内能量和蛋白质代谢的影响作用较小。血浆中钙、磷是参与体内骨代谢的重要交换物质,血浆中钙和磷水平正常,则有利于促进骨骼的生成和改造^[12]。本试验发现,在试验 45 和 60 d 时,肉牛血浆钙水平均高于对照组,说明菌糠可能对肉牛体内骨骼代谢有一定的促进作用,其中 40% 和 60% 日粮麦秸替代组的促进作用比较明显,这可能与 3 个菌糠替代组日粮中的钙、磷含量较对照组高有关,说明该日粮完全能够满足动物生长发育对钙、磷的需要。

血浆中的碱性磷酸酶在机体代谢过程中起着非常重要的作用,它能催化水解磷酸单酯、磷酸核苷以及 6-磷酸糖等类似化合物^[20]。Yablanski^[21]发现,血液中碱性磷酸酶的活性与长白猪的日增质量呈正相关;而杨公社等^[22]和张力等^[23]对地方杂种猪的研究结果则表明,碱性磷酸酶的活性与日增质量呈负相关。本研究表明,肉牛血液中的碱性磷酸酶活性与日增质量呈负相关,但其差异并不显著,这与后两者的研究结果类似。然而,酶的活性作为一种生化性状,具有一定的品种特异性,故许多学者在地方猪种和不同杂交猪种中的研究结果显示,酶活性与日增质量的关系并不一致,但这种不一致的结果是否由品种引起,尚需进一步研究证实。

血浆中的甘油三酯和总胆固醇浓度反映了脂类物质在动物体内的消化、吸收和代谢情况。本研究发现,试验进行到 45 和 60 d 时,肉牛血浆总胆固醇水平随着麦秸替代物菌糠用量的增加而呈增加趋势,且 40% 和 60% 替代组与对照组的差异均达到了显著水平。有研究认为,血浆胆固醇与皮脂质量和皮脂率的相关性相对较高,而与其他体脂性状的相关性均较弱;甘油三酯与皮脂质量、皮脂率、腹脂质量、腹脂率呈负表型相关^[24-26],因此菌糠的添加可能与促进体脂肪合成有关,这有利于改善牛肉的风味

和口感。池雪林等^[27]研究发现,在日粮中添加 2.5 g/kg 的灵芝菌糠,可降低蛋鸡血液中的甘油三酯和总胆固醇含量,增加血清中的高密度脂蛋白和胆固醇含量,并可显著($P<0.05$)降低鸡蛋中的胆固醇含量。本试验结果与上述结论并不一致,胆固醇水平反而表现出增加趋势。据殷伟伟等^[28]报道,食药用真菌降低血脂的活性成分主要以活性真菌多糖为主。目前研究较多的具有良好降血脂作用的食药用真菌多糖有灵芝多糖、香菇多糖、木耳多糖、金针菇多糖、平菇多糖等,但这些研究主要以小鼠或大鼠为研究对象,真菌多糖在实验动物体内可能发挥着类似于其他多糖类物质作为益生元的作用。然而,反刍动物瘤胃微生物能够降解和利用此类真菌多糖类物质,并将其转化为 VFA,在瘤胃、网胃和瓣胃内吸收后进入机体组织,进行氧化供能或用于合成脂肪和葡萄糖。本试验中胆固醇水平的提高,可能与瘤胃微生物降解了菌糠中的真菌多糖并形成了 VFA,使其在体内转化形成了更多的脂肪有关。

4 小 结

菌糠对肉牛的生长性能有提高趋势,对肉牛的免疫功能和大多数血液生理生化指标没有负面影响,并能明显提高血液中的总胆固醇和钙水平,使肉牛的日增质量提高了 1.59%~10.32%,其中以 40%麦秸替代组肉牛的育肥效果最佳。

[参考文献]

- [1] 冯景刚. 中国食用菌产业发展概况 [J]. 新农业,2009(2):54-55.
Feng J G. The overview of Chinese mushroom industry development [J]. Modern Agriculture,2009(2):54-55. (in Chinese)
- [2] 陈恒雷,王铁群,万红贵,等. 阿魏菇菌糠成分测定及对四种大宗食用菌化感效应研究 [J]. 北方园艺,2009(5):210-212.
Chen H L, Wang Y Q, Wan H G, et al. Measurement of components from residue of *Pleurotus ferulae* and its allelopathic effects on four staple edible fungus [J]. Northern Horticulture,2009(5):210-212. (in Chinese)
- [3] Spinoso R. Fungi and sustainability [J]. Fungi,2008(1):138-143.
- [4] Adamovin M G, Grubic I, Milenkovic R, et al. The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushroom and its use in cattle feeding [J]. Animal Feed Science&Technol,1998,71:357-362.
- [5] Bae J S, Jung S H, Kwak W S, et al. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom(*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants [J]. Animal Feed Science&Technol,2006,48(2):237-246.
- [6] 雷雪芹,徐延生. 菌糠饲料及其在养殖业中的应用 [J]. 河南农业科学,1993(4):41-42.
Lei X Q, Xu Y S. The application of spent mushroom substrate in animal husbandry and animal feed [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,1993(4):41-42. (in Chinese)
- [7] 李浩波,白存江,陈云杰,等. 菌糠饲料对繁殖母猪生产性能的影响 [J]. 西北农业学报,2005,14(1):115-120.
Li H B, Bai C J, Chen Y J, et al. Effect of WMLE feed on reproduction performance of sows [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,2005,14(1):115-120. (in Chinese)
- [8] 李浩波,高云英,雷进民,等. 菌糠饲料对秦山杂阉牛短期育肥效果的影响 [J]. 河南农业大学学报,2007,41(4):430-433.
Li H B, Gao Y Y, Lei J M, et al. Influence of short-term fattening effects of feeding with waste material from *Lentinus Edodes*(WMLE) on Qinshan crossbred steers [J]. Journal of Henan Agricultural University,2007,41(4):430-433. (in Chinese)
- [9] 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. The influence of spent mushroom substrate of *Pleurotus nebrodensis* on growth performance and palatability on beef [J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici,2010,31(1):59-63. (in Chinese)
- [10] 贺建华. 饲料分析与检测 [M]. 北京:中国农业出版社,2003.
He J H. Feed analysis and detection [M]. Beijing:China Agriculture Press,2003. (in Chinese)
- [11] 孙国强,郭立忠,李振江,等. 大豆秸秆菌糠喂牛的效果研究 [J]. 黄牛杂志,2001,27(2):18-20.
Sun G Q, Guo L Z, Li Z J, et al. Feeding effects of soybean straw and bran planted mushroom on Luxi yellow cattle [J]. Journal of Yellow Cattle Science,2001,27(2):18-20. (in Chinese)
- [12] 邹思湘. 动物生物化学 [M]. 北京:中国农业出版社,2006.
Zou S X. Animal biochemistry [M]. Beijing:China Agriculture Press,2006. (in Chinese)
- [13] Wu D Y, Pae Munkyoung, Ren Z H, et al. Dietary supplementation with white button mushroom enhances natural killer cell activity in C57BL/6 mice [J]. The Journal of Nutrition,2007,137(6):1471-1477.
- [14] Liu F, Ooi V E C, Fung M C, et al. Analysis of immunomodulating cytokine mRNAs in the mouse induced by mushroom polysaccharides [J]. Life Science,1999,64(12):1005-1011.
- [15] 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)
- [16] Belewu M A, Jimoh N O. Blood, carcass and organ measurements as influenced by *Aspergillus Niger* treated Cassava waste in the diets of West African Dwarf goat [J]. Global Journal of Agricultural Sciences,2005,4(2):125-128.
- [17] Belewu M A, Fagbemi O O. Performance characteristics of West African Dwarf goat fed *Aspergillus* treated Cassava

waste based diets [J]. American-Eurasian Journal of Agric and Environ Sci,2007,2(3):268-270.

[18] 张 峰.不同氮源对绵羊生长性能、消化代谢及血清生化指标的影响 [D].河北保定:河北农业大学,2004.
Zhang F. Effect of different forms of nitrogen source on performance,the digestion and metabolism and blood biochemical materials in sheep [D]. Baoding, Hebei: Agricultural University of Hebei,2004. (in Chinese)

[19] 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):2335-2344.

[20] 吴信生,杨凤萍,王金玉,等. 兔血浆碱性磷酸酶活性与生产性能关系的研究 [J]. 江苏农业研究,2001,22(2):48-50.
Wu X S,Yang F P,Wang J Y,et al. Studies on the relationships between activities of plasma enzymes and production performance in meat rabbits [J]. Jiangsu Agricultural Research,2001,22(2):48-50. (in Chinese)

[21] Yablanski T. Correlation between the activity of the plasma enzymes GOT,GPT,AKP and some performance qualities in pigs [J]. Col Sci Works,1986,30:599-616.

[22] 杨公社,路兴中,刘孝悫,等. 猪血清酶活性与产肉性能关系的研究 [J]. 西北农业大学学报,1991,19(1):61-65.
Yang G S,Lu X Z,Liu X C,et al. A study on the relationship between the activity of serum enzymes and meat performances in swine [J]. Acta Univ Agric Boreali-Occidentalis, 1991,19(1):61-65. (in Chinese)

[23] 张 力,柳树清. 瘦肉型生长肥育猪某些血液化学性状与增重的关系 [J]. 福建农学院学报:自然科学版,1993,22(3):341-343.

Zhang L,Liu S Q. Relationship between some blood chemical characters and daily gains in growing pigs [J]. Journal of Fujian Agricultural University:Natural Science Edition,1993,22(3):341-343. (in Chinese)

[24] 张 军,龚道清,沈立权,等. 肉鸭血浆脂类浓度与体脂含量关系的研究 [J]. 扬州大学学报,2007,24(4):23-27.
Zhang J,Gong D Q,Shen L Q,et al. Study on the relationship between plasma lipids concentration and body fatness traits in meat type ducks [J]. Journal of Yangzhou University,2007,24(4):23-27. (in Chinese)

[25] Ksiazkiewicz J,Kontecka H,Nogkowski L. A note on blood cholesterol as an indicator of body fatness in ducks [J]. Journal of Animal Feed Science,1993,1:289-294.

[26] Baeza K,Carville H D,Salichon M R. Effects of selection,over three and four generations,on meat yield and fatness in Muscovy ducks [J]. British Poultry Sci,1997,38:359-365.

[27] 池雪林,吴德峰,曾显成. 灵芝和菌糠降低鸡蛋胆固醇的试验研究 [J]. 福建畜牧兽医,2007,29(4):3-5.
Chi X L,Wu D F,Zeng X C. Effect of ganoderma lucidum and Junkang on decreasing the content of cholesterol in egg [J]. Fujian Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine,2007,29(4):3-5. (in Chinese)

[28] 殷伟伟,张 松. 食药真菌降血脂作用的研究及应用 [J]. 菌物研究,2006,4(4):82-86.
Yin W W,Zhang S. Studies on hypolipidemic effect and application of edible-medicinal fungi [J]. Journal of Fungal Research,2006,4(4):82-86. (in Chinese)

(上接第 20 页)

[10] Krishnan V,Bryant H U,Macdougald O A. Regulation of bone mass by WNT signaling [J]. J Clin Invest,2006,116(5):1202-1209.

[11] Gaur T,Lengner C J,Hovhannisyan H,et al. Canonical WNT signaling promotes osteogenesis by directly stimulating Runx2 gene expression [J]. J Biol Chem,2005,280(39):33132-33140.

[12] Koay M A,Brown M A. Genetic disorders of the LBP5-Wnt signaling pathway affecting the skeleton [J]. Trends Mol Med,2005,11(3):129-137.

[13] Rawadi G,Vayssiere B,Dunn F,et al. BMP-2 controls alkaline phosphatase expression and osteoblast mineralization by a Wnt autocrine loop [J]. J Bone Miner Res,2003,18:1842-1853.

[14] Ross S E,Hemati N,Longo K A,et al. Inhibition of adipogenesis by WNT signaling [J]. Science,2000,289(5481):950-953.

[15] Bennett C N,Ross S E,Longo K A,et al. Regulation of WNT signaling during adipogenesis [J]. J Biol Chem,2002,277(34):30998-31004.

[16] Stambolic V,Ruel L,Woodgett J R. Lithium inhibits glycogen synthase kinase-3 activity and mimics wingless signalling in intact cells [J]. Curr Biol,1996,6(12):1664-1668.