

原小强, 林萌萌, 刘玉. 低蛋白日粮补充过瘤胃氨基酸对肉牛生长性能、养分表观消化率、血清生化指标、氮代谢及肉品质的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2026, 58 (2): 33-39.

YUAN X Q, LIN M M, LIU Y. The effects of supplementing rumen-protected amino acids in low-protein diets on the growth performance, apparent nutrient digestibility, serum biochemical indicators, nitrogen metabolism and meat quality of beef cattle [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2026, 58 (2): 33-39.

## 低蛋白日粮补充过瘤胃氨基酸对肉牛生长性能、养分表观消化率、血清生化指标、氮代谢及肉品质的影响

原小强, 林萌萌\*, 刘玉

(天水市畜牧技术推广站, 甘肃 天水 741000)

**摘要:** 旨在探究低蛋白日粮条件下补充过瘤胃氨基酸对肉牛生长性能、养分表观消化率以及氮代谢的影响。选取 60 头体重年龄相近且健康状况良好的肉牛, 随机平均分为 4 组, 对照组 (Con) 饲喂低蛋白水平基础日粮, 试验组分别在低蛋白基础日粮中每日添加过瘤胃蛋氨酸 15 g (I 组), 过瘤胃赖氨酸 15 g (II 组), 过瘤胃蛋氨酸、过瘤胃赖氨酸各 15 g (III 组), 预试期 7 d, 正式试验期 80 d, 测定肉牛的生长性能指标、养分表观消化率、血清生化指标、氮代谢指标和肌肉中氨基酸含量。结果: 低蛋白日粮补充过瘤胃氨基酸可显著提高肉牛的平均日增重, 试验 III 组的平均日增重最高, 与对照组相比提高了 15% ( $P < 0.05$ ), 但采食量组间无显著差异; 干物质、粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和磷等表观消化率试验组均高于对照组, 其中试验 III 组的粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和磷的表观消化率均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 而钙的表观消化率试验组却均低于对照组, 但无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 各组肉牛血清生化指标均无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 在氮代谢方面, 各组间各指标差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 各组肉牛肌肉氨基酸含量均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。本研究为低蛋白日粮在肉牛养殖中的合理应用提供了理论依据。

**关键词:** 低蛋白; 肉牛; 过瘤胃氨基酸; 氮代谢

**中图分类号:** S823 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2026)02-0033-07

## The effects of supplementing rumen-protected amino acids in low-protein diets on the growth performance, apparent nutrient digestibility, serum biochemical indicators, nitrogen metabolism and meat quality of beef cattle

YUAN Xiaoqiang, LIN Mengmeng\*, LIU Yu

(Animal Husbandry Technology Extending Stations of Tianshui City, Tianshui 741000 China)

**Abstract:** This study aimed to investigate the effects of supplementing rumen-protected amino acids in low-protein diets on the growth performance, apparent nutrient digestibility, and nitrogen metabolism of beef cattle. Sixty beef cattle with similar body weight, age and good health status were selected and randomly divided into four groups with an equal number of animals in each group. The control group (Con) was fed with a basal diet at a low protein level, while the diet of the experimental groups were supplemented with 15 g of rumen-protected methionine per day (Group I), 15 g of rumen-protected lysine per day (Group II), and 15 g each of rumen-protected methionine and rumen-protected lysine per day (Group III). The pre-test period lasted for 7 days, and the formal test period was 80 days. Finally, indicators including growth performance, apparent nutrient digestibility, serum biochemical parameters, nitrogen metabolism indices, and amino acid contents in muscle were determined. The results showed that supplementing rumen-protected amino acids in low-protein diets significantly increased the average daily gain (ADG) of the beef cattle ( $P < 0.05$ ). Group III had the highest ADG, with an increase by 15%, compared with the control group ( $P < 0.05$ ); but there was no significant difference in feed intake among all the groups. In this experiment, the apparent digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP), crude fat (CF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and phosphorus (P) in the experimental groups was higher than that in the control group. Among them, the apparent digestibility of crude

收稿日期: 2025-02-06; 修回日期: 2025-12-08

基金项目: 甘肃省科技计划项目 (22CX8NE182)

第一作者: 原小强, 男, 大专, 高级畜牧师

\* 通信作者: 林萌萌, 正高级畜牧师, 研究方向为畜牧与饲草新技术推广, E-mail: ssajeaje@163.com。

protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and phosphorus in Group III were significantly higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). However, the apparent digestibility of calcium in all the experimental groups was lower than that in the control group, with no significant difference ( $P > 0.05$ ). There were no significant differences in serum biochemical indices of the beef cattle among all the groups ( $P > 0.05$ ). In terms of nitrogen metabolism, no significant differences were observed in all the indices among the groups ( $P > 0.05$ ). Additionally, the amino acid contents in the muscle of the beef cattle showed no significant differences across all the groups ( $P > 0.05$ ). This study provided a theoretical basis for rational application of low-protein diets in beef cattle breeding.

**Keywords:** low protein diet; beef cattle; rumen-protected amino acids; nitrogen metabolism

近年来, 现代畜牧业呈现出迅猛发展的态势, 产业规模持续扩张。然而, 这种发展态势伴生了一系列难题, 其中最为显著的是饲料成本的持续上涨以及日趋紧迫的环境压力。在肉牛养殖领域中, 蛋白质饲料资源是其中最为关键的, 其在整个养殖过程中占据相当大的比重, 与之相对应的, 蛋白质饲料成本较高。肉牛对日粮中氮元素的利用效率也极低, 大量氮元素无法得到充分吸收与转化, 最终只能以粪便和尿液的形式排出体外。相关研究资料表明, 这些未被有效利用的氮已然成为环境污染的关键因素, 给土壤、水源等生态环境增加了负担。深入探究肉牛日粮的构成可知, 若单纯直接添入未经任何加工处理的普通氨基酸, 瘤胃内的微生物群落将会直接进行分解, 迅速将这些外来氨基酸分解殆尽<sup>[1-3]</sup>。基于上述原因, 能够到达小肠并为肉牛机体所吸收利用的氨基酸数量便会大幅减少, 极大程度地削弱了氨基酸对肉牛生长的促进效能。而氮在饲料中的低效利用, 也加重了环境负担<sup>[4]</sup>。目前, 过瘤胃氨基酸为化解这一困境带来了转机。相较于普通氨基酸, 过瘤胃氨基酸能够规避瘤胃内微生物, 免于被微生物降解, 进而完整无损地进入小肠。一旦进入小肠这一关键营养吸收区域, 过瘤胃氨基酸便能充分发挥其价值, 被肉牛机体高效吸收利用。若能在低蛋白日粮体系中合理补充过瘤胃氨基酸, 便极有可能达成多重效益。罗进平等<sup>[5]</sup>研究表明, 在日粮中添加 15 g/d 过瘤胃赖氨酸+15 g/d 过瘤胃蛋氨酸能够促进犊牛生长发育, 提高饲料转化率, 降低粪氮排泄量。曹涵文等<sup>[6]</sup>研究发现, 牦牛日粮中添加过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸时, 能够提高犊牛的生长性能。李庆敏等<sup>[7]</sup>研究表明, 在低蛋白质饲料中添加过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸能够提高滩羊中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的表观消化率。基于前人的研究, 本试验聚焦过瘤胃赖氨酸与蛋氨酸, 探究添加低蛋白质日粮对肉牛生产性能及营养物质表观消化率的影响, 为肉牛产业实现快速且稳健的发展提供有力的参考依据。

## 1 材料与方方法

### 1.1 试验动物与分组

选取 60 头体重为 (350±20) kg、18 月龄的西门

塔尔肉牛 (由甘肃川恒农业发展有限公司提供), 随机平均分为 4 组。对照组 (Con) 饲喂低蛋白水平的基础日粮, 试验组分别在低蛋白基础日粮中补充不同水平的过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸, 试验 I 组每日添加 15 g 的过瘤胃蛋氨酸, 试验 II 组每日添加 15 g 的过瘤胃赖氨酸, 试验 III 组每日添加 15 g 过瘤胃蛋氨酸与 15 g 过瘤胃赖氨酸。过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸购自山东新和成氨基酸有限公司, 过瘤胃率为 85%。本次试验所使用的日粮依据 NY/T 815—2004《肉牛饲养标准》进行配制, 精饲料与粗饲料的比例控制在 4:6, 日粮的具体组成成分以及营养水平见表 1。

表 1 日粮组成与营养水平

原料	含量/%	营养成分	水平
玉米青贮	50	综合净能 <sup>②</sup> / (MJ · kg <sup>-1</sup> )	7.54
小麦秸秆	10	粗蛋白/%	11.37
玉米	21	中性洗涤纤维/%	30.53
麸皮	6	酸性洗涤纤维/%	19.58
豆粕	8	钙/%	0.49
菜粕	3	磷/%	0.28
食盐	0.5		
小苏打	0.5		
预混料 <sup>①</sup>	1		

注: ①每千克预混料为饲料提供: VA 200 000 IU, VD<sub>3</sub> 30 000 IU, VE 500 IU, Cu 500 mg, Fe 2 000 mg, Mn 3 000 mg, Zn 1 000 mg, Se 5 mg, I15 mg, Co 6 mg; ②综合净能为计算值, 其他指标为实测值。

### 1.2 饲养管理

试验前对牛舍进行全面消毒, 将试验牛进行称重及分组。试验牛饲养于同一牛舍, 采用单栏饲养, 每栏面积为 10 m<sup>2</sup>。预试期 7 d, 正式试验期 (正式期) 80 d。在试验期间, 自由饮水, 每天定时饲喂 2 次 (06:00 和 18:00), 保证充足的采食时间。记录每天的采食量, 并定期对牛舍进行清洁和消毒。其他管理程序按原规定进行。

### 1.3 测定指标与方法

#### 1.3.1 生长性能指标

定期测定试验牛的体重, 计算平均日增重。记录

每天的干物质采食量，计算料重比。

### 1.3.2 养分表观消化率

在正试期的最后7 d，每组选择体重相近的3头肉牛采用全收粪尿法收集粪便。每天收集的粪便称重后取10%样品，加入10%的硫酸保存。收集总尿量1%作为样品，使用10%的硫酸使pH值调至3以下。饲料样品也同时采集，测定干物质、粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙和磷的含量。食入养分为饲料样品中营养成分，粪尿中养分为粪样和尿样中营养成分之和。

计算养分表观消化率：养分表观消化率 = (食入养分 - 粪尿中养分) / 食入养分 × 100%。

### 1.3.3 血清生化指标

在消化代谢试验期间的第3天和第7天早晨，采集肉牛的血液样本，使用自动生化分析仪（日立7170）测定血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白、尿素氮、血糖、总胆固醇等生化指标。

### 1.3.4 氮代谢指标

在正试期的最后7 d，同时收集尿液，加入10%的硫酸保存。

采用凯氏定氮法（K9840型半自动凯氏定氮仪）测定饲料、粪便和尿液中的氮含量，计算饲料氮利

用率。

### 1.3.5 肉品质指标

在试验结束后，采集肉牛的背最长肌作为肌肉样本，送至中科新生命生物科技公司按照GB 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》方法进行检测，测定肉中各种氨基酸的含量。

## 1.4 数据统计与分析

在数据处理环节，数据正态性通过Shapiro-Wilk检验评估 ( $P > 0.05$ )，方差齐性通过Levene检验确认 ( $P > 0.05$ )，满足方差分析前提条件。本试验借助SPSS 22.0统计软件对所收集到的试验数据进行单因素方差分析，LSD法进行多重比较。试验结果以“平均值 ± 标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛生长性能的影响

由表2可知，对照组平均日增重均低于试验组，且显著低于试验I、III组 ( $P < 0.05$ )，料重比指标相反。试验组干物质采食量与对照组无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表2 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛生长性能的影响

指标	对照组	试验I组	试验II组	试验III组
初重/kg	340.50 ± 16.23	355.48 ± 18.62	348.35 ± 19.52	352.84 ± 17.86
末重/kg	425.30 ± 16.37	449.08 ± 20.35	438.75 ± 18.52	450.40 ± 18.35
平均日增重/kg	1.06 ± 0.12 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.09 <sup>ab</sup>	1.22 ± 0.12 <sup>a</sup>
干物质采食量/kg	9.23 ± 0.65	9.25 ± 0.72	9.24 ± 0.81	9.26 ± 0.37
料重比	8.71 ± 0.65 <sup>a</sup>	7.91 ± 0.76 <sup>b</sup>	8.18 ± 0.68 <sup>ab</sup>	7.59 ± 0.84 <sup>b</sup>

注：同行数据肩标不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

### 2.2 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛养分表观消化率的影响

由表3可知，干物质、粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维以及磷等营养成分的表观消化率，试验组均高于对照组；然而，在钙的表观消化率

方面，试验组却始终低于对照组。干物质、粗脂肪和钙的表观消化率组间均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。试验III组的粗蛋白表观消化率显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。试验III组与对照组相比，中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维及磷的表观消化率显著增高 ( $P < 0.05$ )。

表3 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛养分表观消化率的影响

指标	对照组	试验I组	试验II组	试验III组	%
干物质	66.96 ± 2.56	68.72 ± 3.14	67.83 ± 2.88	69.42 ± 2.07	
粗蛋白	65.86 ± 3.96 <sup>b</sup>	68.03 ± 2.87 <sup>b</sup>	67.53 ± 2.91 <sup>b</sup>	69.31 ± 3.32 <sup>a</sup>	
粗脂肪	71.20 ± 1.64	72.69 ± 1.98	71.32 ± 1.37	72.93 ± 2.05	
中性洗涤纤维	52.35 ± 1.45 <sup>b</sup>	55.44 ± 1.68 <sup>ab</sup>	53.16 ± 1.72 <sup>ab</sup>	57.68 ± 2.04 <sup>a</sup>	
酸性洗涤纤维	48.52 ± 2.17 <sup>b</sup>	52.67 ± 2.56 <sup>a</sup>	51.43 ± 2.33 <sup>a</sup>	52.88 ± 2.67 <sup>a</sup>	
钙	52.63 ± 0.76	50.86 ± 1.53	51.34 ± 1.38	51.87 ± 1.26	
磷	53.54 ± 1.57 <sup>b</sup>	56.22 ± 1.69 <sup>a</sup>	55.78 ± 1.42 <sup>a</sup>	58.69 ± 1.99 <sup>a</sup>	

### 2.3 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛血清生化指标的影响

由表 4 可知, 各组肉牛血清生化指标均无显著差

异 ( $P>0.05$ )。试验Ⅲ组的总蛋白、白蛋白、球蛋白和总胆固醇均高于对照组。

表 4 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛血清生化指标的影响

指标	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
总蛋白/ ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	66.64±1.13	68.32±2.69	67.87±2.75	68.52±2.37
白蛋白/ ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	27.63±2.03	26.58±2.69	26.42±2.56	27.95±2.47
球蛋白/ ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	33.58±1.57	33.42±1.89	34.69±1.62	34.97±1.74
尿素氮/ ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	3.57±0.72	3.48±0.04	3.52±0.58	3.49±0.49
血糖/ ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	3.76±0.54	3.58±0.37	3.61±0.85	3.59±0.49
总胆固醇/ ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	2.37±0.38	2.47±0.46	2.52±0.58	2.45±0.47

### 2.4 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛氮代谢指标的影响

由表 5 可知, 试验组的饲料氮摄入量和饲料氮利

用率均高于对照组, 但并无显著差异 ( $P>0.05$ )。试验Ⅲ组的粪氮排出量低于对照组, 而尿氮排出量高于对照组, 但差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 5 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛氮代谢指标的影响

指标	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
饲料氮摄入量/g	167.82±1.31	168.26±0.96	167.87±1.55	168.52±1.51
粪氮排出量/g	55.24±4.03	53.89±3.96	55.62±3.65	48.73±3.76
尿氮排出量/g	57.68±1.17	58.40±0.98	57.05±1.32	62.04±1.92
饲料氮利用率/%	32.71±0.82	33.26±1.04	32.88±0.68	34.27±0.59

### 2.5 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛肌肉氨基酸含量的影响

由表 6 可知, 各组肉牛肌肉氨基酸含量均无显著

差异 ( $P>0.05$ )。试验Ⅲ组的总氨基酸、必需氨基酸和风味氨基酸含量均高于对照组, 但并无显著差异 ( $P>0.05$ )。

表 6 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛肌肉氨基酸含量的影响

指标	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
赖氨酸	7.35±0.98	8.06±0.74	7.43±0.58	8.22±0.77
蛋氨酸	2.23±0.79	2.36±0.65	2.57±0.66	2.68±0.83
苏氨酸	3.48±0.91	3.52±0.36	3.49±0.58	3.55±0.47
亮氨酸	6.75±0.84	6.96±0.28	6.83±0.53	7.05±0.73
色氨酸	1.68±0.96	1.80±0.82	1.96±0.75	2.03±0.46
苯丙氨酸	3.45±0.52	3.60±0.61	3.58±0.49	3.62±0.36
异亮氨酸	3.85±0.28	3.76±0.36	3.92±0.47	3.88±0.52
组氨酸	3.14±0.47	3.28±0.69	3.52±0.15	3.66±0.27
缬氨酸	4.67±0.52	4.72±0.83	4.59±0.47	4.74±0.48
天冬氨酸	7.58±1.04	7.66±0.97	7.82±0.83	7.96±0.76
谷氨酸	14.78±1.26	14.96±1.34	14.82±1.53	15.07±1.62
丝氨酸	3.08±0.62	2.96±0.43	3.04±0.09	3.12±0.17
甘氨酸	4.07±1.03	3.13±0.97	3.65±0.88	3.94±1.33
丙氨酸	4.48±0.83	4.51±0.96	4.89±0.79	4.96±0.92

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

续表 6

mg · kg<sup>-1</sup>

指标	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
脯氨酸	3.46±0.55	3.62±0.91	3.58±0.74	3.79±0.52
酪氨酸	2.48±0.14	2.36±0.27	2.57±0.13	2.66±0.22
胱氨酸	0.72±0.04	0.67±0.03	0.62±0.03	0.71±0.03
总氨基酸	77.25±9.26	77.93±8.73	78.88±5.42	81.64±9.62
必需氨基酸	28.79±3.27	30.06±4.32	29.78±3.72	31.03±5.43
风味氨基酸	26.41±4.57	25.56±7.69	26.40±5.42	27.09±3.66

### 3 讨论

#### 3.1 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛生长性能的影响

研究发现,日粮中的含氮物质与氨基酸组成比例,影响肉牛的生长速度、体重变化及肉质品质。同时,该比例对营养物质的吸收利用也具有重大影响,关乎着肉牛能否充分摄取和利用各种营养成分以实现健康生长和良好发育<sup>[8]</sup>。本研究中,低蛋白日粮补充过瘤胃氨基酸提高了肉牛的平均日增重。这可能是因为过瘤胃氨基酸能够直接被小肠吸收,更好地满足肉牛生长发育对氨基酸的需求,从而促进了肌肉蛋白质的合成<sup>[9-10]</sup>。闫金玲等<sup>[11]</sup>在对荷斯坦公牛的研究中也发现,当饲料中的蛋白质水平降低时,补充过瘤胃赖氨酸与过瘤胃蛋氨酸,能够为维持动物的生长性能给予有效支撑,并且影响肌肉中氮代谢相关基因的表达。达瓦等<sup>[12]</sup>在对藏西北绒山羊的研究中同样发现,添加过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸能够提高生长性能。此外,如刘玉等<sup>[13]</sup>所述,过瘤胃氨基酸在反刍动物生产中的应用对生长性能的提升可能与改善了动物整体的营养状况有关。

本研究中试验组间采食量无显著差异,说明低蛋白日粮补充过瘤胃氨基酸并未影响肉牛的食欲。这可能是由于过瘤胃氨基酸的补充改善了日粮的氨基酸平衡,提高了日粮的营养价值,使肉牛在采食量不变的情况下获得了更多的可利用营养物质<sup>[14]</sup>。刘喜君等<sup>[15]</sup>在相关研究中也指出过瘤胃氨基酸对肉牛食欲影响不大,但有助于提高饲料的营养效率。在本研究中,日粮添加特定比例的过瘤胃赖氨酸与过瘤胃蛋氨酸,显著提高肉牛的平均日增重。在相同营养水平条件下,若仅单独添加赖氨酸或蛋氨酸,肉牛平均日增重效果逊于同时添加过瘤胃赖氨酸与过瘤胃蛋氨酸的组合方式。究其根本原因,可能是由于共同添加过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸,能够对进入消化道的氨基酸比例进行精准调整,促使经由消化道进入体内的各类氨基酸转化为体蛋白质沉积所必需的氮素来源,进而保障氨基酸的平衡供应,最终推动体蛋白沉积进

程,提高肉牛增重。裴成江等<sup>[16]</sup>在关岭育肥牛日粮中添加过瘤胃氨基酸得到的结果与本试验一致。

#### 3.2 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛养分表观消化率的影响

在本研究中,就干物质、粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维以及磷等指标而言,过瘤胃氨基酸混合添加试验组所呈现出的表观消化率均显著高于对照组。这可能是因为过瘤胃氨基酸的补充改善了日粮的营养平衡,提高了肉牛对日粮的消化和吸收能力<sup>[17-18]</sup>。有研究表明,在反刍动物日粮中合理添加过瘤胃氨基酸可以优化瘤胃内的微生物发酵环境,进而提高养分的消化率<sup>[19]</sup>。正如周亚强等<sup>[19]</sup>的研究发现,在不同粗蛋白水平日粮中添加过瘤胃蛋氨酸和过瘤胃赖氨酸对肉牛的血液指标有影响,同时也可能间接影响了养分的消化吸收过程。低蛋白日粮中补充过瘤胃氨基酸可能减少了瘤胃中微生物对氨基酸的分解和合成代谢的能量消耗,使更多的能量用于营养物质的消化和吸收,从而提高了养分表观消化率<sup>[20]</sup>。这与之前一些学者对反刍动物瘤胃微生物代谢与日粮养分消化关系的研究结果相符。例如,在某些研究中发现,优化氨基酸供应可以减少瘤胃微生物在氨基酸代谢上的无效耗能<sup>[21]</sup>。

#### 3.3 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛血清生化指标的影响

动物机体的血清生化指标受多种因素制约,日粮组成、营养水平、饲料物理特性、动物所处的特定生长发育阶段以及外部环境等,均具有一定的影响<sup>[22-23]</sup>。本试验中对照组与试验组血清生化指标并无显著差异,与冯蕾等<sup>[24]</sup>研究结果一致。裴成江等<sup>[25]</sup>研究发现,在添加过瘤胃氨基酸后,关岭泌乳母牛的血清生化指标未呈现出显著差异。彭洪妹等<sup>[26]</sup>在研究中也发现,日粮中添加过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸对湖羊血清生化指标同样没有负面影响。这表明,在同等营养水平下,过瘤胃氨基酸对动物血清生化指标并无负面影响,该结论与本次试验所获研究结果一致。

### 3.4 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛氮排放指标的影响

饲料所含的氮成分在进入瘤胃后,其中一部分会被微生物分解,用以生成菌体蛋白,而未被微生物降解的饲料蛋白质将进入后消化道,由动物机体进行消化、吸收与利用,未被机体消化的部分最终会随粪便排出体外<sup>[27]</sup>。当日粮中的蛋白水平偏低时,进入瘤胃的氮素供应不足,这将抑制瘤胃内微生物的繁衍与生长,进而阻碍肉牛生产性能的发挥。反之,若日粮中的蛋白水平过高,大量多余的氮会沿消化道排出,造成氮源的无谓浪费<sup>[28]</sup>。

本研究中试验组的饲料氮摄入量和饲料氮利用率组间并无显著差异,但试验组数值均高于对照组。日粮中添加过瘤胃氨基酸可能会提高肉牛对氮的利用率。在低蛋白日粮中,补充过瘤胃氨基酸能够更好地满足肉牛对特定氨基酸的需求,减少了氮以尿素等形式的排泄,使更多的氮用于生长和蛋白质沉积<sup>[29-30]</sup>。闫金玲等<sup>[7]</sup>的研究结果也支持这一观点,在低蛋白日粮补充过瘤胃氨基酸的情况下,动物的氮代谢朝着更有利于生长和氮沉积的方向发展。裴成江等<sup>[16]</sup>的研究结果表明,在肉牛日粮中添加过瘤胃氨基酸后,饲料整体的氮摄入量呈现上升态势,进而致使尿氮排泄量随之增加,与本试验结果一致。罗进平等<sup>[5]</sup>在犊牛日粮中添加瘤胃赖氨酸和蛋氨酸,降低了粪氮排泄量和饲料氮利用率。与本研究结果有一定差异,其原因可能是不同动物机体或不同生长阶段对氨基酸的需要量不同导致。此外,过瘤胃氨基酸的合理应用是改善反刍动物氮代谢的有效途径之一<sup>[31]</sup>。

### 3.5 低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对肉牛肌肉氨基酸含量的影响

研究发现,肉制品中氨基酸的含量和组成是评价其品质的重要指标<sup>[32]</sup>。动物机体自身无法合成,或者合成量难以满足机体需求,必须依靠食物摄取的氨基酸即为必需氨基酸。若肉牛采食低蛋白日粮,便极有可能出现必需氨基酸摄入不足的状况,影响其生长和健康。过瘤胃氨基酸的补充可以直接为肉牛提供必需氨基酸,从而提高牛肉中必需氨基酸的含量。这对于提高牛肉的营养价值和品质具有重要意义。过瘤胃氨基酸具有独特优势,其能够规避在瘤胃内被微生物降解的过程,直接进入小肠并被机体有效吸收,进而为肉牛补充必需氨基酸。在肉牛采食低蛋白日粮的情况下,适时补充过瘤胃氨基酸,可有效弥补日粮中部分必需氨基酸的不足,提高肉牛对蛋白质的利用率,从而增加肌肉中氨基酸的含量<sup>[7]</sup>。合理的氨基酸组成比例是保证牛肉营养价值的关键。低蛋白日粮补充过瘤胃氨基酸可以调整牛肉中氨基酸的组成比例,使

其更加符合动物的营养需求。必需氨基酸与非必需氨基酸的比例得到改善,有助于提高牛肉的蛋白质利用率和生物价值。闫金玲等<sup>[11]</sup>在对荷斯坦公牛的研究中也发现,在饲料蛋白质水平降低的情况下,补充过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸对肉牛肌肉氨基酸含量并无显著影响,与本研究得出的研究结果一致。在本研究中,对照组与试验组肌肉氨基酸含量并无显著差异,肉牛低蛋白日粮添加过瘤胃氨基酸对牛肉的营养和风味并无显著影响,但混合补充过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸试验组牛肉中氨基酸含量数值较对照组有所提升,可能与过瘤胃氨基酸的添加量和添加比例有关,需要在后续研究中进行过瘤胃氨基酸添加量和添加比例的研究,从而验证提高牛肉品质与过瘤胃氨基酸的添加是否具有相关关系。

## 4 结论

本研究表明,在低蛋白日粮中混合添加过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸,可显著提高肉牛生长性能,并可能在提高养分表观消化率的同时改善氮代谢和提升牛肉品质。在后续研究中将进行过瘤胃氨基酸添加量和添加比例的研究。在肉牛养殖中,合理应用过瘤胃氨基酸,可以在降低饲料成本的基础上提高养殖效益并减少对环境的氮污染,具有广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] HUHTANEN P, NOUSIAINEN J, AHVENJÄRVI S. Nitrogen excretion in relation to diet in cattle: a review [J]. *Livestock Production Science*, 2001, 70 (3): 105-121.
- [2] National Research Council (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle* [S]. Washington, D. C.: National Academy Press, 2000.
- [3] 刘德强, 王凤红, 许瑞, 等. 过瘤胃蛋氨酸在反刍动物生产中的应用研究进展 [J]. *动物营养学报*, 2022, 34 (12): 7564-7573.
- [4] 易思宇, 张洁, 林波, 等. 反刍动物瘤胃氮代谢及其与瘤胃微生物相关性的研究进展 [J]. *中国畜牧杂志*, 2021, 57 (4): 11-16.
- [5] 罗进平, 裴成江, 李小冬, 等. 过瘤胃氨基酸水平对关岭犊牛生长性能、营养物质表观消化率及氮代谢的影响 [J]. *饲料研究*, 2023, 46 (24): 1-6.
- [6] 曹涵文, 张成福, 信金伟, 等. 过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸对母牦牛泌乳性能及犊牛生长性能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2021, 33 (11): 6257-6265.
- [7] 李庆敏, 周玉香, 温红瑞, 等. 过瘤胃氨基酸和过瘤胃脂肪对饲喂低蛋白质饲料滩羊生长性能、消化代谢、屠宰性能及肉品质的影响 [J]. *动物营养学报*, 2023, 35 (2): 1046-1056.
- [8] 郭伟, 王文义, 杨东, 等. 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对育肥阶段杜寒杂交肉羊生长性能和屠宰性能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2020, 32 (3): 1247-1255.
- [9] SMITH J D, JOHNSON A B. Digestion and absorption of amino

- acids in preruminant calves and nonruminant animals [J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85 (4): 972-983.
- [10] RAGGIO G. Influence of dietary lysine and methionine on growth performance and carcass characteristics of finishing beef steers [J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 81 (11): 2793-2802.
- [11] 闫金玲, 李蓓蓓, 李妍, 等. 低蛋白质饲料补充过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸对荷斯坦公牛生长性能、屠宰性能、肉品质及氮代谢的影响 [J]. *动物营养学报*, 2022, 34 (2): 1014-1026.
- [12] 达瓦, 索朗达, 巴桑玉珍, 等. 过瘤胃氨基酸对藏西北绒山羊生长性能、血浆指标及瘤胃内环境的影响 [J]. *中国草食动物科学*, 2025, 45 (2): 25-33.
- [13] 刘玉, 郑爱华, 林萌萌, 等. 过瘤胃氨基酸在反刍动物中的应用进展 [J]. *饲料研究*, 2024, 47 (12): 158-162.
- [14] PATIENCE J F. Amino acid nutrition of the neonatal calf [J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87 (3): 617-625.
- [15] 刘喜君, 韩建林, 王善兴, 等. 过瘤胃氨基酸在肉牛养殖业中的应用研究进展 [J]. *中国牛业科学*, 2018, 44 (2): 75-77, 82.
- [16] 裴成江, 李小冬, 罗进平, 等. 低氮日粮中过瘤胃氨基酸水平对关岭育肥牛生产性能及营养物质表观消化率的影响 [J]. *饲料研究*, 2023, 46 (3): 11-16.
- [17] HUNTINGTON G. Ruminant nutrition symposium; protein nutrition of ruminants [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84 (E. Suppl): E142-E150.
- [18] SCHWAB C, et al. Amino acid nutrition of dairy cows: metabolism of amino acids in the gut and liver [J]. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90 (3): 1192-1203.
- [19] 周亚强. 保护性蛋氨酸和缓释尿素对育肥肉牛生长性能和血液指标的影响 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2018.
- [20] NOCEK J E. Site of and factors affecting ruminal protein and amino acid degradation [J]. *Journal of Dairy Science*, 1988, 71 (3): 2070-2082.
- [21] 杜海东, 李科南, 娜梅拉, 等. 粗饲料对反刍动物瘤胃微生物和生产性能的影响研究进展 [J]. *饲料研究*, 2024, 47 (5): 133-138.
- [22] 姜辉, 陈晓英, 次旦央吉, 等. 查吾拉牦牛泌乳性能测定及血液指标分析 [J]. *中国兽医杂志*, 2022, 58 (3): 25-31.
- [23] 张相雷, 金灵红, 杨金玉, 等. 湿法膨化和发酵豆粕对断奶仔猪生长性能、免疫功能及氨基酸消化率的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2024, 47 (1): 113-122.
- [24] 冯蕾, 李国栋, 王中华, 等. 低蛋白日粮补饲过瘤胃蛋氨酸、亮氨酸及异亮氨酸对后备牛生长及消化性能的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2021, 57 (6): 198-204.
- [25] 裴成江, 李小冬, 罗进平, 等. 过瘤胃氨基酸对关岭母牛泌乳性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响 [J]. *饲料研究*, 2023, 46 (21): 6-10.
- [26] 彭洪妹, 张建强, 张鹏, 等. 饲料中添加过瘤胃氨基酸对湖羊生长性能、血清指标和瘤胃发酵参数的影响 [J]. *饲料研究*, 2024, 47 (22): 1-6.
- [27] 高昌鹏, 桂瑞麒, 赵海霞, 等. 过瘤胃赖氨酸在反刍动物生产中的应用及影响其饲用效果的因素 [J]. *动物营养学报*, 2021, 33 (10): 5424-5434.
- [28] PAENKOU M P, CHEN S, PAENKOU S. Effects of crude protein and undegradable intake protein on growth performance, nutrient utilization, and rumen fermentation in growing Thai-indigenous beef cattle [J]. *Trop Anim Health Prod*, 2019, 51 (5): 1151-1159.
- [29] TITGEMEYER E C. Nitrogen metabolism in ruminants: a review [J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 81 (E. Suppl 2): E100-E112.
- [30] YANG W Z. Dietary protein levels and amino acid balance in ruminants [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2007, 19 (1): 1-7.
- [31] 鲜莉莉, 张强. 反刍动物瘤胃尿素氮代谢的研究进展 [J]. *西藏农业科技*, 2022, 44 (4): 14-16.
- [32] 顾兆军. 影响猪肉产品质量的主要因素 [J]. *中国畜禽种业*, 2021, 17 (10): 143-144.