

黎佳颖, 范程瑞, 王保哲, 等. 复合缓冲剂对奶山羊瘤胃、血液营养物质代谢及乳品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 130–134.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.036

# 复合缓冲剂对奶山羊瘤胃、血液营养物质代谢及乳品质的影响

黎佳颖, 范程瑞, 王保哲, 王雨雨, 刘 强, 庄 苏

(南京农业大学动物科技学院, 江苏南京 210095)

**摘要:** 为了研究长期饲喂高精料日粮下添加复合缓冲剂(碳酸氢钠、氧化镁、丁酸钠)对奶山羊营养物质代谢与乳品质的影响, 选择 8 头安装瘤胃瘘管处于泌乳中期的奶山羊, 随机分为 2 组, 分别饲喂基础日粮(高精料日粮组, HG)和基础日粮 + 复合缓冲剂(高精料日粮 + 复合缓冲剂组, BG), 试验期为 4 个月。结果显示, 与 HG 组相比, 复合缓冲剂能显著提高瘤胃液乙酸、丁酸、总挥发性脂肪酸的浓度, 乙酸与丙酸比值(A/P), 乙酸丁酸之和与丙酸比值[(A+B)/P]以及瘤胃液 pH 值( $P < 0.05$ ); 同时, 复合缓冲剂能提高颈静脉血液中乙酸、丁酸、总挥发性脂肪酸的浓度( $P > 0.05$ )、显著提高 A/P、(A+B)/P 比值( $P < 0.05$ ); 添加复合缓冲剂能显著降低血糖浓度以及 His、Lys、Phe 浓度( $P < 0.05$ ), 有降低 Arg、Leu、Val、Orn 浓度的趋势( $0.05 < P < 0.10$ ); 对血浆中非蛋白氨基酸有一定的影响。综合试验结果表明, 在长期高精料日粮饲喂下, 添加复合缓冲剂能改变瘤胃发酵类型, 影响机体营养物质代谢, 最终有效提高产乳量, 改善乳品品质。

**关键词:** 复合缓冲剂; 高精料日粮; 奶山羊; 瘤胃; 血液; 营养物质; 乳品质

**中图分类号:** S826.9<sup>+</sup>4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0130-05

乳脂肪、乳糖、乳蛋白是构成乳的主要营养物质, 三大营养物质含量的高低是衡量乳品质的重要指标。在我国奶业生产中, 由于缺乏优质的粗饲料源, 养殖者为了获得高产量和经济效益, 通常给动物饲喂高精料日粮。然而, 当反刍动物饲喂高精料日粮后会造成动物发生急性或亚急性瘤胃酸中毒, 结果引起瘤胃代谢异常、肝脏处于氧化应激状态, 最终导致生产能力下降、乳品质下降<sup>[1]</sup>。

缓冲剂是一类能增强溶液酸碱缓冲能力的化学物质, 这类化合物能维护溶液 pH 值的相对稳定。在畜牧业生产中, 缓冲剂常被用于防止反刍动物酸中毒或用于提高反刍动物生产性能, 国内外已有不少利用缓冲剂的研究报道<sup>[2-4]</sup>。缓冲剂主要作用于瘤胃和肠道, 调节瘤胃 pH 值, 有效改变瘤胃液中乙酸、丙酸的比例; 维持适宜的血清缓冲能力; 促进乳腺对乳成分前体物的吸收<sup>[5]</sup>。在谷物含量高、可发酵碳水化合物高或有效纤维含量低的日粮中, 添加缓冲剂能减少消化紊乱、提高血液 pH 值和乳脂率<sup>[6]</sup>。目前常用的缓冲剂有碳酸氢钠、乙酸钠、碳酸钙、碳酸钾、碳酸氢钾、氧化镁、天然碱、碳酸氢钠-氧化镁、碳酸氢钠-磷酸二氢钾复合缓冲剂等。其中, 碳酸氢钠在瘤胃中缓冲作用效果较好, 可使瘤胃 pH 值保持在中性附近, 有利于微生物生长及糖类与纤维素的转化<sup>[7]</sup>; 可加强胃肠收缩、蠕动, 促进胃内容物向十二指肠运送, 提高

饲料转化率和产奶量。碳酸氢钠-氧化镁复合缓冲剂除了能防止瘤胃液 pH 值下降, 还能增加瘤胃液中乙酸比例, 降低丙酸、丁酸比例, 且能抑制瘤胃内乳酸的产生<sup>[2]</sup>。丁酸钠可改变瘤胃发酵类型, 提高丁酸的摩尔百分数<sup>[8]</sup>。Snyder 等发现在日粮中添加碳酸氢钠及其复合缓冲剂能提高反刍动物的产奶量和乳脂率<sup>[9-10]</sup>。

目前, 研究缓冲剂对反刍动物的作用主要集中于短期试验条件下对瘤胃发酵的影响, 而对动物长期饲喂高精料日粮后瘤胃及血液中营养物质变化的研究相对较少。为此, 本试验以萨能奶山羊为对象, 研究在长期饲喂高精料日粮下添加复合缓冲剂(碳酸氢钠、氧化镁、丁酸钠)对奶山羊瘤胃液相关参数、血液中营养物质变化、乳品质的影响, 以期为进一步研究缓冲剂对长期饲喂高精料日粮的作用效果提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与日粮

选择 8 只安装永久性瘤胃瘘管的泌乳奶山羊, 体质量( $38 \pm 3$ ) kg, 随机分为 2 组, 每组 4 只, 分别饲喂精粗比为 6:4 的基础日粮(高精料组, HG)(饲料配方及营养水平见表 1)与基础日粮 + 复合缓冲剂(碳酸氢钠、氧化镁、丁酸钠)(高精料 + 复合缓冲剂组, BG), 缓冲剂分 2 次拌入饲料中饲喂动物。所试动物单栏饲养, 每天于 08:00 与 18:00 分 2 次饲喂动物并挤乳。整个试验周期为 4 个月, 其中预试期为 7 d, 在试验结束前 4 d 给每只羊安装颈静脉血管瘘, 用于血样采集。

### 1.2 样品采集

从试验结束前 4 周起, 每天统计产奶量, 以此计算日均产奶量。在试验最后 3 d, 在采食前(0 h)与采食后 1、2、4、6、8、10 h 采集瘤胃液, 所得瘤胃液用 4 层纱布过滤, 所得滤液测定

收稿日期: 2016-06-14

基金项目: 国家“973”计划项目(编号: 2011CB100802)。

作者简介: 黎佳颖(1992—), 女, 四川绵竹人, 硕士, 主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 243106583@qq.com。

通信作者: 庄 苏, 博士, 教授, 主要从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: zhuangsu@njau.edu.cn。

表 1 日粮组成及营养水平(风干基础)

原料	含量(%)	营养指标	营养水平
燕麦干草	27.00	泌乳净能(MJ/kg)	6.10
苜蓿干草	13.00	粗蛋白(%)	15.57
玉米	23.24	可消化粗蛋白(%)	9.59
麦麸	20.77	中性洗涤纤维(%)	32.76
豆粕	13.66	酸性洗涤纤维(%)	19.09
石粉	1.43	钙(%)	0.93
食盐	0.40	磷(%)	0.39
预混料	0.50		
合计	100.00		

注:预混料为 1 kg 日粮提供:维生素 A 8 000 IU,维生素 D 2 500 IU,维生素 E 20 mg,铁 62.5 mg,铜 7.5 mg,锰 50 mg,锌 62.5 mg,硒 0.25 mg,碘 0.3 mg,钴 0.15 mg,钼 0.15 mg。

pH 值后在 -20 ℃ 下保存备用。同时从颈静脉中采集血液 5 mL,血样用 3.6 U/mL 肝素钠进行抗凝处理后迅速转移至实验室,在 4 ℃ 下以 4 000 r/min 离心 10 min 制备血浆,血浆样在 -20 ℃ 保存备用。

1.3 样品测定

1.3.1 瘤胃液 pH 值测定 瘤胃液 pH 值使用 HANNA(型号 HI8424)酸度计测定。

1.3.2 挥发性脂肪酸测定 瘤胃液:取 1 mL 瘤胃液滤液,加入 0.2 mL 含巴豆酸(内标物)的 25% 偏磷酸混合溶液进行涡旋混匀,于 -20 ℃ 冰箱中保存过夜,然后在 4 ℃ 下以 12 000 r/min 离心 10 min,将其上清液经 0.22 μm 针式滤器过滤后待测。

血液:取 200 μL 血浆,加入 200 μL 含巴豆酸(内标物)的 5% 碘基水杨酸混合液(沉淀蛋白)进行涡旋混匀,于 -20 ℃ 冰箱中保存过夜,然后在 4 ℃ 下以 20 000 r/min 离心 30 min,将上清液经 0.22 μm 针式滤器过滤后待测。

总挥发性脂肪酸(简称 VFA)含量采用安捷伦 7890A 气相色谱仪按秦为琳的方法<sup>[11]</sup>测定并略加改进。

1.3.3 血浆中葡萄糖含量的测定 血浆中葡萄糖含量采用生化试剂盒测定(南京建成生物工程研究所)。

1.3.4 血浆中游离氨基酸含量的测定 取血浆样品 200 μL 与 50 g/L 的碘基水杨酸按 1:1 体积比混合,涡旋混匀后于 4 ℃ 冰箱中静置 15 min,然后在 4 ℃ 条件下以 20 000 r/min 离心 20 min,最后用 1 mL 一次性注射器吸取上清液,经过 0.22 μm 针式滤器过滤到氨基酸加样瓶中,并采用日立 L-8900 氨基酸分析仪(生理体液氨基酸测定法)测定血浆中游离氨基酸含量。

1.3.5 乳成分含量测定 乳成分含量采用 Julie Z9 乳成分自动分析仪测定。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据经 Excel 2007 初步整理后,运用 SPSS 18.0 统计软件中的 one-way ANOVA 方差分析。日粮为主要影响因素,数据为平均值, $P < 0.05$  判定为差异显著。

2 结果与分析

2.1 复合缓冲剂对瘤胃液平均 pH 值及挥发性脂肪酸浓度的影响

由表 2 可知,与 HG 组相比,BG 组瘤胃液乙酸、丁酸、总挥发性脂肪酸浓度、A/P 值、(A + B)/P 值分别升高了 10.7%、23.0%、9.8%、15.8%、18.8%,差异显著( $P < 0.05$ )。同时,添加复合缓冲剂能显著提高瘤胃液的 pH 值( $P < 0.05$ ),但对丙酸浓度没有影响( $P > 0.05$ )。

表 2 复合缓冲剂对奶山羊瘤胃液 pH 值及挥发性脂肪酸浓度的影响

指标	高精料+复合缓冲剂组 BG	高精料组 HG	P 值
乙酸(mmol/L)	51.84	46.82	0.04
丙酸(mmol/L)	17.44	17.96	0.61
丁酸(mmol/L)	17.44	14.18	0.03
总挥发性脂肪酸(mmol/L)	86.72	78.96	<0.05
乙酸/丙酸比(A/P)	3.07	2.65	0.02
(乙酸+丁酸)/丙酸[(A+B)/P]	4.10	3.45	<0.01
瘤胃液 pH 值	6.04	5.82	0.01

2.2 复合缓冲剂对血浆中挥发性脂肪酸浓度动态变化的影响

由图 1 可知,血浆中乙酸、丙酸、丁酸、总挥发性脂肪酸浓度采食后先逐渐上升,达到高峰后逐渐下降恢复至采食前水平。其中,HG 组血浆中乙酸、总挥发性脂肪酸浓度在采食后 4 h 达到最大值,BG 组则在采食后 6 h 达到最大值(图 1-a、图 1-d),说明复合缓冲剂能延迟峰值到来时间;2 组血浆中丙酸、丁酸浓度均在采食后 4.2 h 达到最大值,随后逐渐降低(图 1-b、图 1-c)。采食后 4 h,与 HG 组相比,BG 组丙酸浓度显著降低( $P < 0.05$ );采食前(0 h),BG 组的丁酸浓度显著升高( $P < 0.05$ )。

由表 3 可知,与 HG 组相比,BG 组血浆中乙酸与丙酸的比值(A/P)升高 27.6%,差异显著( $P < 0.05$ ),乙酸丁酸之和与丙酸的比值[(A + B)/P]提高 27.5%,差异达显著水平( $P < 0.05$ )。虽然 2 组间乙酸、丙酸、丁酸、总挥发性脂肪酸平均浓度没有达到显著差异水平( $P > 0.05$ ),但是,添加复合缓冲剂组乙酸、丁酸、总挥发性脂肪酸浓度分别比 HG 组提高 9.6%、11.6%、8.7%,丙酸浓度降低 11.6%。

2.3 复合缓冲剂对血糖浓度的影响

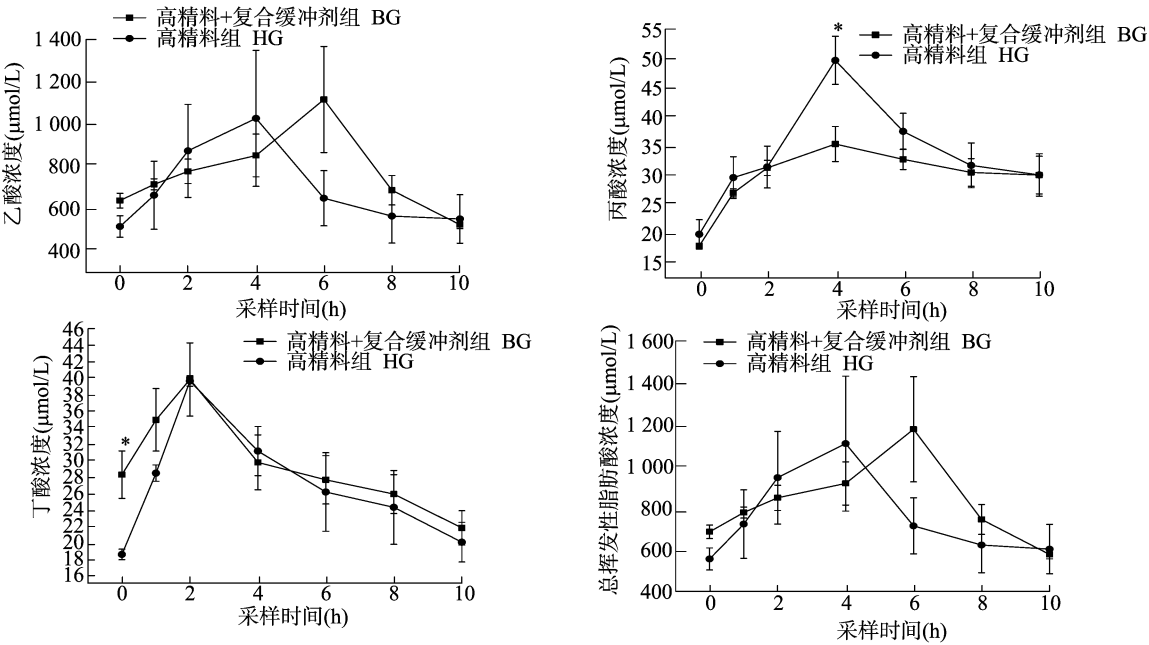
由表 4 可知,采食后 1、2.4 h BG 组血糖浓度以及平均血糖浓度显著低于 HG 组( $P < 0.05$ )。BG 组和 HG 组分别在采食后 8、4 h,血糖浓度达到最高。

2.4 复合缓冲剂对血浆游离氨基酸浓度的影响

由表 5 可知,在必需氨基酸(EAA)中,与 HG 组相比,复合缓冲剂能极显著降低颈静脉中 His、Lys 浓度( $P < 0.01$ ),能显著降低 Phe 浓度( $P < 0.05$ ),有降低 Arg、Leu、Val 浓度( $P = 0.07$ )的趋势;在非必需氨基酸(NEAA)中,复合缓冲剂有降低 Orn 浓度( $P = 0.09$ )的趋势,对其他 NEAA 浓度,2 组间差异不显著( $P > 0.05$ )。另外,血浆中支链氨基酸(BCAA)、总必需氨基酸(TEAA)、总非必需氨基酸(TNEAA)、总氨基酸(TAA)浓度在数值上 BG 组低于 HG 组,但无显著差异( $P > 0.05$ )。

2.5 复合缓冲剂对血浆非蛋白氨基酸浓度的影响

由表 6 可知,与 HG 组相比,BG 组血浆中非蛋白氨基酸(代谢氨基酸)中 $\beta$ -AiBA、1-Mehis、Ans、Car 浓度显著降低



“\*”表示在同一采样时间内, BG 组与 HG 组含量在 0.05 水平上差异显著

图1 缓冲剂对血浆中总挥发性脂肪酸含量动态变化的影响

表 3 复合缓冲剂对血浆挥发性脂肪酸浓度的影响

指标	高精料 + 复合缓冲剂组 BG	高精料组 HG	P 值
乙酸 (μmol/L)	758.81	692.63	0.44
丙酸 (μmol/L)	29.15	32.99	0.11
丁酸 (μmol/L)	29.98	26.87	0.16
总挥发性脂肪酸 (μmol/L)	817.94	752.49	0.45
乙酸/丙酸比 (A/P)	26.83	21.03	0.01
(乙酸 + 丁酸)/丙酸 [(A + B)/P]	27.92	21.90	0.01

表 4 复合缓冲剂对血糖浓度的影响

采食后时间 (h)	血糖浓度 (mmol/L)		P 值
	高精料 + 复合缓冲剂组 BG	高精料组 HG	
0	3.46	3.28	0.26
1	3.05	3.81	0.03
2	3.03	3.94	0.01
4	3.61	4.07	0.03
6	3.50	3.58	0.74
8	3.99	3.99	1.00
10	3.29	3.35	0.79
平均值	3.42	3.72	0.01

( $P < 0.05$ ); 其他非蛋白氨基酸 2 组间虽然差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但数值上表现为复合缓冲剂添加组低于高精料日粮组。

2.6 复合缓冲剂对奶产量、乳成分的影响

复合添加缓冲剂能显著提高乳中非脂固形物的比率 ( $P < 0.05$ , 表 7), 在数值上平均奶产量提高 6.6%、乳脂量提高 25.4%、乳蛋白量提高 14.4%、乳糖量提高 16.0%、非脂固形物量提高 14.9%、乳脂率提高 17.7%、乳蛋白率提高 7.4%、乳糖率提高 8.8% ( $P > 0.05$ ), 改善了乳的质量。

表 5 复合缓冲剂对血浆氨基酸浓度的影响

指标	血浆氨基酸浓度 (mmol/L)		P 值
	高精料 + 复合 缓冲剂组 BG	高精料组 HG	
必需氨基酸 (EAA)			
精氨酸 (Arg)	172.13	224.48	0.07
组氨酸 (His)	63.08	103.01	<0.01
异亮氨酸 (Ile)	95.14	114.95	0.23
亮氨酸 (Leu)	124.77	163.29	0.07
赖氨酸 (Lys)	137.55	222.08	<0.01
蛋氨酸 (Met)	24.05	25.42	0.72
苯丙氨酸 (Phe)	51.50	64.34	<0.05
苏氨酸 (Thr)	93.35	104.82	0.45
缬氨酸 (Val)	217.46	286.87	0.07
非必需氨基酸 (NEAA)			
丙氨酸 (Ala)	205.34	254.87	0.10
天冬氨酸 (Asp)	8.25	6.45	0.41
瓜氨酸 (Cit)	111.70	107.62	0.80
谷氨酸 (Glu)	122.21	147.78	0.12
甘氨酸 (Gly)	795.47	807.19	0.90
鸟氨酸 (Orn)	85.96	107.66	0.09
脯氨酸 (Pro)	131.28	144.40	0.63
丝氨酸 (Ser)	76.39	86.26	0.42
酪氨酸 (Tyr)	66.54	83.33	0.12
支链氨基酸 (BCAA)	139.46	188.37	0.15
总必需氨基酸 (TEAA)	948.98	1 313.75	0.19
总非必需氨基酸 (TNEAA)	1 580.31	1 744.82	0.56
总氨基酸 (TAA)	2 529.29	3 058.56	0.30

注: BCAA 包括亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸; TEAA 包括精氨酸、组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸; TNEAA 包括丙氨酸、天冬氨酸、瓜氨酸、谷氨酸、甘氨酸、鸟氨酸、脯氨酸、丝氨酸、酪氨酸; TAA 包括必需氨基酸、非必需氨基酸。

表 6 缓冲剂对血浆非蛋白氨基酸浓度的影响

指标	非蛋白氨基酸 浓度 (mmol/L)		P 值
	高精料 + 缓 冲剂组 BG	高精料组 HG	
磷酸丝氨酸 (P - Ser)	30.36	33.15	0.72
牛磺酸 (Tau)	66.23	80.33	0.17
$\alpha$ - 氨基己二酸 ( $\alpha$ - AAA)	14.92	14.90	0.99
$\alpha$ - 氨基正丁酸 ( $\alpha$ - ABA)	6.34	7.29	0.23
胱硫醚 (Cysthi)	3.18	4.32	0.12
$\beta$ - 丙氨酸 ( $\beta$ - Ala)	2.19	3.03	0.49
$\beta$ - 氨基异丁酸 ( $\beta$ - AiBA)	1.94	4.10	<0.01
乙醇胺 (EOHNH <sub>2</sub> )	38.11	45.75	0.21
羟基赖氨酸 (Hyllys)	90.31	94.90	0.64
1 - 甲基组氨酸 (1 - Mehis)	52.28	77.19	0.02
3 - 甲基组氨酸 (3 - Mehis)	58.12	70.16	0.18
鹅肌肽 (Ans)	23.63	51.08	0.02
肌肽 (Car)	63.29	95.91	0.03

表 7 缓冲剂对奶产量和乳成分的影响

项目	组别		P 值
	高精料 + 缓 冲剂组 BG	高精料组 HG	
奶产量 (kg/d)	0.65	0.61	0.35
乳脂率 (%)	3.72	3.16	0.30
乳脂量 (g/d)	24.18	19.28	0.52
乳蛋白率 (%)	3.94	3.67	0.23
乳蛋白量 (g/d)	25.61	22.38	0.89
乳糖率 (%)	4.31	3.96	0.31
乳糖量 (g/d)	28.02	24.16	0.80
非脂固形物比率 (%)	8.97	8.32	0.04
非脂固形物量 (g/d)	58.31	50.75	0.74

3 结论与讨论

瘤胃是反刍动物最重要的消化器官,发酵产生的挥发性脂肪酸浓度及比例是评价瘤胃发酵特性的重要指标之一。提高日粮精料比例会使瘤胃 pH 值降低,瘤胃微生物区系发生改变,从而影响瘤胃挥发性脂肪酸的产量与比例,其中乙酸、丙酸、丁酸占总挥发性脂肪酸的 95% 以上<sup>[12]</sup>。血液中的挥发性脂肪酸是由瘤胃发酵产生的挥发性脂肪酸经吸收而来。乙酸、丁酸是反刍动物合成乳脂中脂肪酸的重要原料,其中丁酸以  $\beta$  - 羟丁酸形式进行物质代谢。乳脂中十四碳以下和一半十六碳的脂肪酸都是利用乙酸、 $\beta$  - 羟丁酸合成的。Oba 等研究发现日粮精料比例越高,瘤胃微生物发酵底物产生的乙酸比例降低,丙酸比例越高,瘤胃液中 A/P 比值则越低,血浆中 A/P 比值下降<sup>[13-16]</sup>。同时,A/P 比值、(A + B)/P 比值是衡量乳脂合成的重要指标,其比值与乳脂含量成正比<sup>[17-18]</sup>。增加瘤胃灌注总挥发性脂肪酸混合液中丙酸摩尔比引起奶山羊乳脂率下降<sup>[19]</sup>。而在高精料日粮条件下,添加复合缓冲剂能防止瘤胃 pH 值快速下降,提高瘤胃 pH 值、A/P 比值、乳脂率、产奶量<sup>[20-21]</sup>。本试验发现在长期饲喂高精料日粮条件下添加碳酸氢钠等复合缓冲剂能显著提高瘤胃液 pH 值、乙酸、丁酸、挥发性脂肪酸及 A/P、(A + B)/P 的比值,结果与前人

研究结果一致。另一方面,本试验结果也进一步说明在长期饲喂高精料日粮条件下,添加复合缓冲剂能够有效防止瘤胃液酸度降低,为瘤胃微生物提供一个良好的发酵环境,有利于产生更多的挥发性脂肪酸,最终为反刍动物产奶需要提供更多的前体物。同样,添加复合缓冲剂能显著提高血液中 A/P、(A + B)/P 的比值,在一定程度上提高乙酸、丁酸、挥发性脂肪酸浓度,最终结果是提高奶山羊的产奶量、改善乳成分。

葡萄糖是动物机体重要的能量来源,血液中的葡萄糖更是生成乳糖的前体物。血糖来源于消化道吸收的葡萄糖、挥发性脂肪酸在肝脏中的糖异生及生糖氨基酸,其中糖异生途径是反刍动物葡萄糖的主要来源,其中 30% ~ 50% 血糖则来自丙酸经肝脏糖异生途径产生<sup>[21-22]</sup>。董海波等研究表明,饲喂高精料日粮能提供更多的葡萄糖,使反刍动物血糖浓度升高<sup>[23]</sup>。本研究发现,添加复合缓冲剂显著降低了颈静脉中血糖含量。这可能是由于在高精料中添加复合缓冲剂后瘤胃中微生物区系发生改变,从而导致瘤胃中丙酸产量下降,最终降低肝脏糖异生量。此外,奶产量高的反刍动物合成乳糖耗用的葡萄糖约占全身葡萄糖量的 60% ~ 85%<sup>[24]</sup>。换言之,静脉中血糖含量降低,也可能是合成乳糖所耗用的血糖量增加所致。

氨基酸是合成乳蛋白的重要前体物,90% 以上乳蛋白均由氨基酸合成,10% 以下乳蛋白直接来源于血液中的蛋白质。合成乳蛋白的必需氨基酸全部来自血液,非必需氨基酸部分来自血液,部分在乳腺中由葡萄糖、乙酸、必需氨基酸合成。其中,Arg、Orn 是合成其他氨基酸的主要氮源。叶平生等研究发现,饲喂高精料日粮使山羊肝静脉和股动脉中游离氨基酸含量降低,乳蛋白含量降低,由此可说明高精料提供的乳蛋白前体物含量降低<sup>[25]</sup>。本试验发现,在高精料日粮中添加缓冲剂能使山羊颈静脉中 Lys 等 3 种必需氨基酸显著降低,Arg 等 3 种必需氨基酸及非必需氨基酸 Orn 有降低的趋势。笔者在另一个试验中(未发表的数据)发现,在高精料日粮中添加复合缓冲剂能增加山羊肝静脉中游离氨基酸含量。王洪荣认为营养物质通过阴外动脉血流入乳腺,在乳腺中经吸收利用和再合成后由乳静脉血液流出<sup>[26]</sup>。由此可以推测在高精料日粮中添加复合缓冲剂后,经肝脏代谢后氨基酸由肝静脉进入阴外动脉后流入乳腺,在乳腺中更多地用于乳的合成,增加乳产量、乳蛋白含量,最终显示颈静脉中游离氨基酸含量低于对照组。此外,非蛋白氨基酸(代谢氨基酸)也是一种重要的氨基酸代谢产物,它们多以游离状态或小肽的形式存在于各种组织或细胞中,在机体中的含量较少,但功能丰富。可作为合成激素、抗生素、生物碱等含氮物的前体物,可参与储能,还可充当神经递质、参与跨膜离子通道的形成等<sup>[27]</sup>。其中,Ans、Car 是天然存在于脊椎动物体内的一类组氨酸二肽,具有显著的抗氧化和抗衰老功能<sup>[28]</sup>。肌肽能够通过特殊的转运系统被小肠绒毛的刷状缘吸收,弥散入血液,运送到肾脏、肝脏、肌肉中<sup>[29]</sup>。吸收的肌肽可被外围的组织利用,也可以通过肌肽酶被水解成丙氨酸、组氨酸。本试验发现,添加复合缓冲剂使山羊颈静脉中 1 - Mehis、Ans、Car、 $\beta$  - AiBA 浓度显著降低,其他非蛋白氨基酸含量在数值上也低于高精料对照组。结合乳产量与乳蛋白量结果可以推测,在本试验条件下,添加复合缓冲剂能增加乳腺细胞对氨基酸的利用并最大程度

地用于合成乳蛋白,最终导致颈静脉中氨基酸含量低于非添加组。

高精料日粮虽然在一定程度上提高了反刍动物的奶产量,但会显著降低乳的品质,尤其是乳蛋白与乳脂肪含量<sup>[30]</sup>。研究发现添加复合缓冲剂能提高产奶量和乳脂率<sup>[31]</sup>。本试验发现在日粮精料占 60% 条件下,添加复合缓冲剂能提高奶中非乳脂固形物的比率,虽然奶产量、乳脂量、乳蛋白量、乳糖量、非脂固形物量、乳脂率、乳蛋白率、乳糖率没有显著性差异,但是数值分别高于对照组(6.6% ~ 17.7% 不等),结果说明添加复合缓冲剂有助于改善乳品质。

在本试验条件下,添加复合缓冲剂能提高奶山羊瘤胃液 pH 值、增加瘤胃液及静脉血液中总挥发性脂肪酸浓度、A/P 比值、(A+B)/P 比值,降低血液中血糖含量、游离氨基酸浓度,最终提高了乳产量、改善了乳的品质。

#### 参考文献:

- [1] 董海波,王绍庆,贾媛媛,等. 长期亚急性瘤胃酸中毒对泌乳期山羊乳品质和肝脏基因表达的影响[C] //全国动物生理生化第七届全国代表大会暨第十三次学术交流会议论文摘要汇编. 2014.
- [2] 伍一军,韩正康,陈杰. 用缓冲剂调控奶牛瘤胃消化代谢及其泌乳性能的研究[J]. 南京农业大学学报,1990,13(增刊1): 88-94.
- [3] Khorasani G R, Kennelly J J. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in late-lactation holstein cows[J]. Journal of Dairy Science, 1999, 82(11): 2486-2496.
- [4] Rogers J A, Davis C L, Clark J H. Alteration of rumen fermentation, milk fat synthesis, and nutrient utilization with mineral salts in dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 1982, 65(4): 577-586.
- [5] Hutjens M F, 张斌. 添加缓冲剂提高瘤胃的效率[J]. 草食家畜, 1987(4): 22-23.
- [6] 王吉峰,王加启. 奶牛营养代谢对乳脂合成调控机制的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2003, 30(2): 6-10.
- [7] 李延章,曹亚男. 碳酸氢钠对奶牛产奶量的影响[J]. 四川畜牧兽医, 2006, 33(8): 30-30.
- [8] 陆琪,林焱,张曙俭,等. 瘤胃内丁酸钠灌注对山羊瘤胃发酵类型的影响[J]. 畜牧与兽医, 2008, 40(7): 30-33.
- [9] Snyder T J, Rogers J A, Muller L D. Effects of 1.2% sodium bicarbonate with two ratios of corn silage: grain on milk production, rumen fermentation, and nutrient digestion by lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 1983, 66(6): 1290-1297.
- [10] Kaplan O, Deniz S, Karsli M A, et al. Effects of sodium bicarbonate, magnesium oxide and dried sugar beet pulp in diets of dairy cows on milk yield, milk composition and rumen fluid and some blood parameters[J]. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2010, 9(11): 1570-1574.
- [11] 秦为琳. 应用气相色谱测定瘤胃挥发性脂肪酸方法的研究改进[J]. 南京农学院学报, 1982(4): 110-116.
- [12] Hook S E, Steele M A, Northwood K S, et al. Impact of high-concentrate feeding and low ruminal pH on methanogens and protozoa in the rumen of dairy cows[J]. Microbial Ecology, 2011, 62(1): 94-105.
- [13] Oba M, Allen M S. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations[J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(1): 184-194.
- [14] Sutton J D, Dhanoa M S, Morant S V, et al. Rates of production of acetate, propionate, and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets[J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(11): 3620-3633.
- [15] Brossard L, Cécile M, Michalet-Doreau B. Ruminant fermentative parameters and blood acid-base balance changes during the onset and recovery of induced latent acidosis in sheep[J]. Animal Research, 2003, 52(6): 513-530.
- [16] 张腾,庄苏,董文超,等. 不同精粗比日粮对奶山羊瘤胃液 pH 值、VFA 及血液 VFA 含量的影响[J]. 畜牧与兽医, 2013, 45(4): 5-10.
- [17] 盛治国,黄应祥. 饲料成分对牛奶乳脂率的影响[J]. 养殖技术顾问, 2003(11): 17.
- [18] Sutton J D, Hart I C, Broster W H, et al. Feeding frequency for lactating cows: effects on rumen fermentation and blood metabolites and hormones[J]. British Journal of Nutrition, 1986, 56(1): 181-192.
- [19] 程光民,林雪彦,李福昌,等. 瘤胃灌注乙丙酸不同摩尔比混合挥发性脂肪酸对奶山羊乳脂合成的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2009, 40(7): 1028-1036.
- [20] Erdman R A, Hemken R W, Bull L S. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: effects of production, acid-based metabolism, and digestion[J]. Journal of Dairy Science, 1982, 65(5): 712-731.
- [21] 朱兴龙. 碳酸氢钠添加剂对荷斯坦奶牛产奶量的影响[J]. 甘肃畜牧兽医, 2013(11): 10-12.
- [22] 郭冬生,彭小兰. 反刍动物挥发性脂肪酸消化代谢规律刍议[J]. 畜牧与饲料科学, 2005, 26(1): 1-3.
- [23] 董海波,王绍庆,贾媛媛,等. 长期饲喂高精料日粮对泌乳期山羊血液生化参数及组织中糖代谢相关基因表达的影响[J]. 草业学报, 2014, 23(5): 295-302.
- [24] 冯仰廉. 反刍动物营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 369-370.
- [25] 叶平生,姜雪元,张树坤,等. 高精料对泌乳期山羊肝脏氨基酸分配与重分配及乳蛋白的影响[J]. 草业学报, 2013, 22(6): 182-189.
- [26] 王洪荣. 反刍动物氨基酸营养平衡理论及其应用[J]. 动物营养学报, 2013, 25(4): 669-676.
- [27] 曹稳根,李卫华. 非蛋白氨基酸的生物合成及其生物学作用[J]. 氨基酸和生物资源, 1995(2): 47-49.
- [28] 布冠好,杨国宇,李宏基. 新型抗氧化物质——组氨酸二肽的研究现况和展望[J]. 中国动物保健, 2005(6): 28-30.
- [29] Bauer K, Schulz M. Biosynthesis of carnosine and related peptides by skeletal muscle cells in primary culture[J]. European Journal of Biochemistry, 1994, 219(1/2): 43-47.
- [30] 程广龙,赵辉玲,江喜春,等. 泌乳前期日粮精粗比对奶牛生产性能的影响[J]. 中国草食动物, 2008, 28(4): 43-45.
- [31] 王放银,彭卫民,曹任辉. 小苏打对奶牛泌乳性能的影响试验[J]. 乳业科学与技术, 2004, 26(3): 124-125.