

饲料中添加 N-羟甲基蛋氨酸钙对泌乳期奶牛血清生化指标的影响

隋雁南 马婷婷 陈志远 余同水 贡笑笑 詹康 赵国琦*

(扬州大学 动物科学与技术学院,江苏 扬州 225009)

摘要 为研究饲料中添加不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清生化指标的影响,试验选用胎次、产奶量和泌乳天数相近身体健康的荷斯坦奶牛 30 头,完全随机区组分为 5 组,每组 6 头。对照组饲喂基础日粮;试验组分别饲喂在基础日粮中以干物质基础添加 0.15%、0.30%、0.75% 和 1.50% 的 N-HMM-Ca,预试期 14 d,正试期 42 d。结果表明:1)泌乳期奶牛日粮中添加 0.75% N-HMM-Ca 使血清中谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)浓度显著升高。2)在第 14 天时,1.50% 组甘油三酯(TG)浓度显著高于其他各处理组($P < 0.01$)。血清中高密度脂蛋白(HDL)水平有所提高,但差异不显著($P > 0.05$);随着 N-HMM-Ca 添加量的增加血清中非酯化脂肪酸(NEFA)的浓度逐渐降低($P < 0.05$);对 β -羟丁酸(β -OHB)来说,随着日粮中 N-HMM-Ca 添加量的增加浓度逐渐升高($P < 0.05$)。3)0.15%、0.30% 和 0.75% 组血清 IgA 浓度呈现增加的趋势,而且在第 42 天时尤为显著($P < 0.01$)。4)在第 28 天时,泌乳期奶牛日粮中分别添加 0.15% 和 0.30% 的 N-HMM-Ca 使过氧化氢酶(CAT)浓度显著高于其他各处理组($P < 0.01$)。综上所述,泌乳期奶牛日粮中添加 0.15% 的 N-HMM-Ca 有利于改善机体健康。

关键词 荷斯坦奶牛;N-HMM-Ca;血清酶;免疫指标;抗氧化指标

中图分类号 S816.7;S823.9⁺¹

文章编号 1007-4333(2017)03-0094-08

文献标志码 A

Effects of N-hydroxymethyl methionine calcium in dietary on serum biochemical parameters of lactating dairy cows

SUI Yannan, MA Tingting, CHEN Zhiyuan, YU Tongshui,

GONG Xiaoxiao, ZHAN Kang, ZHAO Guoqi*

(College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract To study the effects of different N-hydroxymethyl methionine calcium (N-HMM-Ca) supplementation levels on serum's biochemical indexes of lactating dairy cows. Thirty lactating Holstein dairy cows, which have similar parity, milk yield and lactating stage, were randomly divided into 5 groups with 6 cows in each group. The control group was fed with basal diet, the test groups were fed with 0.15%, 0.30%, 0.75% and 1.50% levels of N-HMM-Ca of basal diet (on DM basis), respectively. The experiment lasted up to 56 d, including 14 d of adaptation period and 42 d of experimental period. The results showed that: 1) Supplemented 0.75% dosage of N-HMM-Ca on the diet improved the serum ALT and AST concentrations; 2) On the 14th day of experimental period, after supplemented 1.50% N-HMM-Ca the triglyceride (TG) concentration was significantly increased ($P < 0.01$). Serum high-density lipoprotein (HDL) and β -hydroxy butyric acid (β -OHB) concentration were increased with N-HMM-Ca supplementation, nevertheless, serum non-esterified fatty acid (NEFA) was decreased linear; 3) Serum IgA concentration was significantly increased in 0.15% and 0.30% groups on 42th day ($P < 0.01$); 4) On 28th day, serum catalase (CAT) concentration was significant higher in 0.15% and 0.30% level than in other treatments ($P < 0.01$). In conclusion, 0.15% N-HMM-Ca supplementation in the diet was beneficial to improve the health of dairy cows.

Keywords cows; N-HMM-Ca; biochemical; serum enzyme; immune index; antioxidant indices

收稿日期: 2016-03-21

基金项目: 江苏省高校优势学科建设工程项目(PAPD); 上海市科学技术委员会国内科技合作项目(14395810100)

第一作者: 隋雁南, 硕士研究生, E-mail: 1319876951@qq.com

通讯作者: 赵国琦, 教授, 博士生导师, 主要从事反刍动物微生物生态营养和分子营养研究, E-mail: gqzhao@yzu.edu.cn

蛋氨酸(Methionine, Met)是动物生长所必需的氨基酸之一,是构成蛋白质的基本单位之一,同时也是必需氨基酸中唯一的含硫氨基酸,动物体内有80种以上的反应都需要蛋氨酸的参与,被誉为“生命性氨基酸”^[1]。蛋氨酸通常作为反刍动物第一限制性氨基酸,常规饲料原料无法满足动物所需,故需要额外补充。目前,在动物生产中应用的蛋氨酸添加剂主要有 L-蛋氨酸、DL-氨基酸、蛋氨酸羟基类似物(MHA)、DL-2-羟基-4-甲硫丁酸(HMB)和 N-羟甲基蛋氨酸钙(N-HMM-Ca)。本试验应用 N-HMM-Ca 作为蛋氨酸添加剂研究其对反刍动物血清生化指标的影响。N-HMM-Ca 又被称为保护性蛋氨酸,对反刍动物瘤胃中降解具有保护性作用,从而提高反刍动物对蛋氨酸的利用率^[2]。

蛋氨酸能够提高动物体液免疫和细胞免疫反应^[3],增加总抗体和 IgG 的浓度。Spiekers 等^[4]研究发现,在日粮中添加 30 g/d 的 N-HMM-Ca 后血清中谷草转氨酶(AST)水平显著提高,但奶牛新陈代谢没有显著提高。在奶牛日粮中分别添加 21.3、26.4 和 13.3 g/d 的 HMBi、HMB 和 SmartmineM (相当于 10.6 g/d 的蛋氨酸)后发现对血糖、非酯化脂肪酸(NEFA)、三脂酰甘油、 β -羟丁酸含量无显著影响,而 HMBi 和 SmartmineM 对血清 Met 有促进作用^[5]。目前有关在奶牛日粮中添加 N-HMM-Ca 对奶牛生产性能产生影响的研究报道较少,因此,本试验通过在泌乳期奶牛日粮中添加不同比例的 N-HMM-Ca,研究其对奶牛血清酶、血清其他生化指标、免疫指标和抗氧化指标的影响,探讨 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清生化指标的作用效果和作用机理,旨在为 N-HMM-Ca 在泌乳期奶牛生产应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

N-羟甲基蛋氨酸钙(N-Hydroxymethyl Methionine Calcium, N-HMM-Ca)由山东和实生物科技有限公司提供,产品分子式为 $(C_5H_{12}NO_3S)_2Ca$,蛋氨酸含量 $\geq 67.6\%$,具有硫化物的特殊气味。

1.2 试验设计及日粮组成

试验于 2013 年 5—8 月在扬州大学实验农牧场进行。本次试验选择胎次为 (2.19 ± 0.76) 胎,泌乳时间为 (159.44 ± 27.86) d,产奶量为 $(32.57 \pm$

$6.97)$ kg 身体健康的荷斯坦奶牛 30 头,完全随机区组分为 5 组,每组 6 头。分为对照组和试验组,对照组饲喂基础日粮;试验组分别饲喂在基础日粮中以干物质基础添加质量分数为 0.15%、0.30%、0.75% 和 1.50% (相当于添加 15、30、75 和 150 g/d 蛋氨酸)的 N-HMM-Ca。试验设预试期 14 d,正试期 42 d。基础日粮组成及营养成分见表 1。

表 1 基础日粮组成及营养成分(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels in basal diet (DM basis)

w (原料)/% Raw material	含量 Content
玉米	15.83
玉米压片	5.72
豆粕	3.52
棉籽粕	2.86
玉米胚芽粕	2.50
甜菜粕	4.00
干酒糟及其可溶物	5.68
啤酒糟	2.46
大豆皮	5.80
棉籽	3.00
碳酸钙	0.35
磷酸氢钙	0.44
食盐	0.22
小苏打	0.33
酵母培养物	0.11
预混料 ^①	0.18
苜蓿	4.00
玉米青贮	43.00
合计	100.00
营养水平 ^② Nutrient level	含量 Content
w (粗蛋白)/%	15.61
w (粗脂肪)/%	3.71
w (中性洗涤纤维)/%	35.01
w (酸性洗涤纤维)/%	18.90
w (钙)/%	0.75
w (磷)/%	0.52
泌乳净能/(MJ/kg)	6.91

注:①预混料为每千克日粮提供:VA 3 000 IU;VD₃ 1 400 IU;VE 30 IU;Fe 100 mg;Cu 10 mg;Zn 35 mg;Mn 20 mg;I 0.3 mg;Se 0.1 mg;Co 0.08 mg。②泌乳净能为计算值,其余为实测值。

Note:① One kilogram premix contains following:VA 3 000 IU;VD₃ 1 400 IU;VE 30 IU;Fe 100 mg;Cu 10 mg;Zn 35 mg;Mn 20 mg;I 0.3 mg;Se 0.1 mg;Co 0.08 mg。②NE_L was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 饲养管理

奶牛采用舍内栓系饲养方式进行试验,自由采食(TMR)并保证料槽内有2%的剩料。将N-HMM-Ca每天分3次与TMR日粮混合均匀后饲喂试验奶牛。自由饮水并保持环境卫生。

1.4 样品采集与测定

牛只分别于正试期第14、28和42天于晨饲后3h采用真空采血管尾静脉采血,采血量为10 mL,3 500 r/min离心15 min得到血清,-40 °C保存。一部分血清采用全自动生化分析仪对谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)、谷氨酰转肽酶(GGT)和乳酸脱氢酶(LDH)血清酶含量,葡萄糖(GLU)、总胆固醇(CHO)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)代谢产物的含量进行测定;另一部分血清使用酶标仪采用Elisa试剂盒(购自南京建成生物工程研究所)对非酯化脂肪酸(NEFA)和 β -羟丁酸(β -OHB)

代谢产物含量,免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)免疫指标,丙二醇(MDA)、过氧化氢酶(CAT)抗氧化物含量进行测定。

1.5 数据处理与分析

用Excel 2010对原始数据进行初步整理,采用SAS9.2的PROC MIXED程序对数据进行方差分析,并结合Tukey's法进行差异显著性比较。以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 不同比例N-HMM-Ca对泌乳期奶牛血清酶的影响

在14~42 d时,0.30%和0.75%组血清中谷丙转氨酶(ALT)逐渐降低至最小值,分别为30.00和35.00 U/L;其中在14~28 d时,0.75%组ALT极显著高于对照组($P < 0.01$)并且显著高于0.15%组($P < 0.05$)(表2)。在28~42 d时,0.15%、0.30%

表2 不同比例N-HMM-Ca对泌乳期奶牛血清酶的影响

Table 2 Effects of different levels of N-HMM-Ca on serum enzyme in dairy cows

U/L

项目 Item	时间/d Time	ω (N-HMM-Ca)/%					SEM	P
		N-HMM-Ca supplementation level						
		0	0.15	0.30	0.75	1.50		
谷丙转氨酶 ALT	14	34.33 B	35.33 B	37.00 AB	42.00 A	34.00 B	1.21	<0.01
	28	33.00 b	32.67 b	34.50 ab	39.33 a	34.33 ab	1.10	0.01
	42	29.50	34.00	30.00	35.00	35.50	1.51	0.10
谷草转氨酶 AST	14	82.33	81.00	86.33	87.00	77.00	3.08	0.34
	28	78.67	84.67	78.83	79.83	63.00	4.79	0.08
	42	93.33 B	89.67 B	101.50 AB	108.75 A	58.00 C	2.42	<0.01
碱性磷酸酶 ALP	14	40.00	35.00	42.50	38.50	36.50	1.53	0.09
	28	42.25 a	35.75 b	38.25 ab	39.00 ab	39.75 ab	1.02	0.05
	42	40.50 a	28.00 b	35.50 ab	39.00 a	41.50 a	1.79	0.02
谷氨酰胺基 转肽酶 GGT	14	32.33	29.83	34.00	31.00	32.50	1.61	0.48
	28	27.00	25.00	25.25	22.83	26.50	0.88	0.12
	42	23.00	23.67	26.00	27.00	26.50	1.09	0.17
乳酸脱氢酶 LDH	14	645.67 B	737.56 A	725.75 A	668.50 AB	615.50 B	12.52	<0.01
	28	810.25	842.00	859.25	828.50	835.50	15.31	0.32
	42	572.00 b	627.50 ab	698.00 ab	646.00 ab	773.50 a	35.20	0.05

注:同行不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下表同。

Note: Different capital letters within the same row mean significant difference at $P < 0.01$ level, different lowercase letters within the same row mean significant difference at $P < 0.05$ level. The same below.

和 0.75% 组谷草转氨酶 (AST) 逐渐提高并且达到最高水平, 分别为 89.67、101.50 和 108.75 U/L, 但是 1.50% 组 AST 降低且下降幅度已达 18.18%; 0.30% 和 0.75% 组 AST 始终高于对照组, 其中 0.75% 组在 42 d 时 AST 极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 而 1.50% 组 AST 极显著低于其他各处理组 ($P < 0.01$)。分别在 28 和 42 d 时, 血清中碱性磷酸酶 (ALP) 均随 N-HMM-Ca 添加量的增加而逐渐提高, 其中 0.15% 组 ALP 显著低于对照组 ($P < 0.05$)。在日粮中添加 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清中谷氨酰胺基转肽酶 (GGT) 无显著影响 ($P > 0.10$)。在 14~42 d 时, 血清乳酸脱氢酶 (LDH) 先提高后又逐渐降低。

2.2 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清其他生化指标的影响

由表 3 可以看出, 在日粮中添加 N-NMMCa 对泌乳期奶牛血糖和低密度脂蛋白含量无显著影响。

在 14~42 d 时, 0.15%、0.30% 和 0.75% 组血清中总胆固醇 (CHO) 浓度逐渐降低并达到最低值, 分别为 4.77、4.14 和 4.61 mmol/L, 其中在第 42 天时 CHO 浓度显著低于对照组和 1.50% 组 ($P < 0.001$)。在 14~28 d 时, 甘油三酯 (TG) 先逐渐增加后又逐渐降低, 其中 1.50% 组 TG 浓度在第 14 天时显著高于其他各处理组 ($P < 0.01$)。在 14~28 d 时, 血清中高密度脂蛋白 (HDL) 浓度先逐渐升高, 之后又逐渐降低, 其中在第 42 天时, 0.15%、0.30% 和 0.75% 组 HDL 浓度达到最低值, 分别为 2.66、2.35 和 2.65 mmol/L 而 1.50% 组 HDL 浓度显著高于对照组和 0.30% 组 ($P = 0.01$), 其增加幅度为 20.99%。在 14~28 d 时, 血清中非酯化脂肪酸 (NEFA) 逐渐升高, 之后降低。1.50% 组血清 β -羟丁酸含量最高, 尤其是在第 14 和 28 天时, 显著高于对照组和 0.15% 组 ($P < 0.05$)。

表 3 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清其他生化指标的影响

Table 3 Effects of graded of levels of N-HMM-Ca on serum biochemical indexes of dairy cows

项目 Items	时间/d Days	w(N-HMM-Ca)/%					SEM	P
		N-HMM-Ca supplementation levels						
		0	0.15	0.30	0.75	1.50		
葡萄糖/(mmol/L) GLU	14	3.18 A	3.14 A	3.02AB	2.73B	3.40A	0.08	<0.010
	28	3.10	3.24	3.12	3.33	3.05	0.11	0.520
	42	3.50	3.58	3.40	3.65	3.65	0.11	0.710
总胆固醇/(mmol/L) CHO	14	5.50	5.81	5.11	5.41	5.70	0.16	0.120
	28	5.45 A	5.61 A	4.39 B	5.48 A	5.37 A	0.15	<0.010
	42	5.82 A	4.77 B	4.14 C	4.61 B	5.87 A	0.08	<0.001
甘油三酯/(mmol/L) TG	14	0.18 b	0.15 b	0.17 b	0.16 b	0.28 a	0.02	0.010
	28	0.21	0.17	0.21	0.19	0.20	0.02	0.730
	42	0.11	0.11	0.15	0.11	0.15	0.01	0.070
高密度脂蛋白/ (mmol/L) HDL	14	2.58	2.77	2.73	2.71	2.62	0.13	0.860
	28	3.29	3.52	3.22	3.35	3.55	0.17	0.730
	42	2.43 b	2.66 ab	2.35 b	2.65 ab	3.17 a	0.12	0.010
低密度脂蛋白/ (mmol/L) LDL	14	1.37	1.42	1.14	1.13	1.10	0.11	0.110
	28	1.43	1.36	1.02	1.13	1.25	0.12	0.190
	42	1.07	1.10	0.85	0.70	1.07	0.09	0.080
非酯化脂肪酸/ (ng/L) NEFA	14	0.55 bc	0.73 a	0.54 bc	0.45 c	0.66 ab	0.02	0.002
	28	0.87 ab	1.18 ab	1.19 ab	1.33 a	0.77 b	0.09	0.030
	42	0.38 b	0.52 a	0.57 a	0.46 ab	0.50 ab	0.02	0.020
β -羟丁酸/(μ mol/L) β -OHB	14	24.05 B	22.65 B	30.51 A	24.21 B	28.79 A	0.85	<0.010
	28	23.08 b	23.04 b	27.71 ab	27.58 ab	35.29 a	1.40	0.010
	42	25.90 ab	26.19 ab	24.94 ab	18.52 b	28.46 a	1.57	0.050

2.3 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清免疫指标的影响

在 14~42 d 时,0.15% 组血清免疫球蛋白 A (IgA) 质量浓度逐渐增大至最大值 75.51 ng/mL, 而 0.30%、0.75% 和 1.50% 组血清 IgA 质量浓度逐渐

降低,其最小值分别为 70.25、64.85 和 50.93 ng/mL; 在第 28 天时,0.15%、0.30% 和 0.75% 组血清 IgA 质量浓度显著高于对照组和 1.50% 组 ($P < 0.01$)。在日粮中添加 N-HMM-Ca 对血清免疫球蛋白 G (IgG) 质量浓度无显著影响(表 4)。

表 4 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of graded levels of N-HMM-Ca on serum immunity indicators in dairy cows

项目 Items	时间/d Days	$w(\text{N-HMM-Ca})/\%$ N-HMM-Ca supplementation levels					SEM	P
		0	0.15	0.30	0.75	1.50		
		IgA/(ng/mL)	14	60.84	65.57	88.38		
	28	58.36 B	71.22 A	74.62 A	77.84 A	50.93 B	1.92	<0.01
	42	68.76	75.51	70.25	64.85	62.33	3.61	0.19
IgG/(\(\mu\text{g}/\text{mL}\))	14	109.85	127.12	114.17	107.69	103.08	9.55	0.62
	28	97.60	103.77	80.49	105.38	106.27	6.53	0.13
	42	76.49	95.71	103.23	91.52	80.95	7.91	0.22

2.4 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清抗氧化指标的影响

由表 5 可见,在 14~42 d 时,0.75% 组和 1.50% 组血清中丙二醛(MDA)浓度逐渐降低至最低值,分别降低了 16.14% 和 22.37%。在 14~

42 d 时,0.30%、0.75% 和 1.50% 组血清中过氧化氢酶(CAT)逐渐降低至最低值,分别为 42.36、37.74 和 41.18 U/L,并且在第 28 天时 0.15% 组和 0.30% 组 CAT 显著高于其他各处理组 ($P < 0.01$)。

表 5 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of graded levels of N-HMM-Ca on serum antioxidant index in dairy cows

项目 Item	时间/d Time	$w(\text{N-HMM-Ca})/\%$ N-HMM-Ca supplementation level					SEM	P
		0	0.15	0.30	0.75	1.50		
		丙二醛/(nmol/mL) MDA	14	5.03	5.20	5.73		
	28	4.72	4.24	4.72	4.96	5.71	0.42	0.35
	42	5.45	4.91	5.49	3.74	4.65	0.55	0.27
过氧化氢酶/(U/L) CAT	14	43.67	41.98	47.50	44.09	41.75	1.59	0.17
	28	39.97 B	47.23 A	47.12 A	39.89 B	41.59 B	0.80	<0.01
	42	42.96	43.77	42.36	37.74	41.18	1.77	0.25

3 讨论

3.1 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清酶的影响

谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)是动

物体内 2 种最重要的转氨酶,其中 ALT 主要分布在动物的肝脏中,而 AST 主要分布在动物心肌,其次是肝脏和骨骼肌中^[6-7]。在机体蛋白质代谢增强或肝细胞受损时 AST 和 ALT 2 种转氨酶活性均会升高,尤其当肝细胞受损时会极显著地增加转氨酶

活性^[8]。大量试验数据表明,ALT 和 AST 是肝细胞受损最灵敏的指标之一,而血清中微量的转氨酶活力变化就可以说明肝细胞受到了一定的损伤^[9]。在本试验中,泌乳期奶牛日粮中补充 N-HMM-Ca 后,ALT、AST 转氨酶均先升高后期又趋于稳定,且 2 种转氨酶活性升高不显著,这可能由于蛋白质代谢活跃导致而非肝细胞损坏造成。LDH 是在糖酵解过程中催化丙酮酸酵解的酶,LDH 活性升高其原因可能是由于使糖代谢途径以产生大量能量的有氧分解向无氧分解转化即在糖酵解过程中催化丙酮酸向生成乳酸方向转化。同时动物在某些生理或病理情况下,组织器官中无氧分解加剧,使 LDH 升高,进而导致血清中 LDH 含量显著变化^[10]。在本试验中,在第 42 天时,1.50% 组中 LDH 显著提高,这可能是体内无氧酵解加强,从而通过抑制机体散热来调节自身温度。

3.2 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清其他生化指标的影响

GLU 是所有代谢指标中的第一代谢指标^[11],其水平在任何时候都能反应血糖的稳定状态^[12]。易雪静^[13]研究发现在山羊日粮中添加不同水平蛋氨酸对血清 GLU 含量影响不显著。血糖受胰岛素和甲状腺激素等血清激素的调控,其中胰岛素能促进全身组织对葡萄糖的摄取和利用,并且抑制糖原分解和糖原异生,是机体内唯一能降低血糖的激素,也是唯一能促进糖原合成的激素^[14]。而甲状腺激素对血糖具有双重调节作用,它既能增强小肠对葡萄糖的吸收作用加速糖原异生和肝糖原分解从而升高血糖;又能促进组织对糖的氧化分解以降低血糖^[15]。本试验中,在泌乳期奶牛日粮中添加 N-HMM-Ca 对血糖无显著影响,其原因可能是高水平胰岛素与甲状腺激素的调节作用从而加快了外周组织对葡萄糖的利用。胆固醇是所有类固醇的前体,反应体内脂类代谢状况,是血脂水平的重要评价指标。胆固醇主要来自饲料和肝脏的合成,是能量的贮存形式。胆固醇含量的上升会引发肾脏、心血管、脑血管方面的疾病。本试验中,0.15%~0.75% 组在第 14~42 天时胆固醇含量逐渐降低至最低值可能与泌乳期奶牛日粮中添加 N-HMM-Ca 有关。

非酯化脂肪酸(NEFA)在血清中是能量代谢平衡的又一重要指标,与血糖经常共同评价机体的能量状况。血清中的 NEFA 对于日粮采食量的变化比较敏感,当机体处于营养不良状况时 NEFA 水平

会上升,但是若饲料采食量严重的不足时,NEFA 就会释放^[16];奶牛在能量负平衡时通常会动员体脂肪,使大量的 NEFA 进入肝脏参与 β 氧化过程^[17]。在血清中的 β -羟丁酸一部分是在肝脏中由 NEFA 氧化合成,另一部分则是以丁酸为前体合成。除此之外,血清 NEFA、 β -羟丁酸含量增加的同时往往也伴随着 TG 浓度的升高。而蛋氨酸作为含硫氨基酸会使血清 NEFA 和 TG 的水平降低^[18]。本试验中,血清中 NEFA 含量是随着日粮中 N-HMM-Ca 添加比例的增加而降低,同时伴随着 β -羟丁酸水平的提高,这可能是由于试验荷斯坦奶牛 DMI 降低使机体营养不良从而动用体脂肪来满足机体对能量的需要造成。1.5% 组血清中 TG 仅在第 12 天时有所提高,这可能是由于个体差异所致。

3.3 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清免疫指标的影响

免疫指标通常反映了动物对疾病的抵抗力^[19],氧化损伤通常会致使机体器官结构和功能发生改变^[20]。免疫球蛋白是由免疫组织产生的抗体。蛋氨酸参与免疫细胞、免疫组织和免疫器官的正常生长发育,并且也参与免疫分子(细胞因子、抗体和补体)的合成。蛋氨酸水平在日粮中影响动物的免疫反应,研究表明,在日粮中添加 DL-2-羟基-4-甲基丁酸能够提高肉鸡的体液免疫和非特异性免疫^[21]。

在本试验中,在第 28 天时,0.15% 组、0.30% 组和 0.75% 组奶牛血清 IgA 水平呈现升高,其余各处理组 IgA 和 IgG 含量均无显著差异,这说明一方面在高温时补充适量的 N-HMM-Ca 能够提高泌乳期奶牛的抵抗力;另一方面说明所添加的 N-HMM-Ca 对动物机体没有造成损伤。

3.4 不同比例 N-HMM-Ca 对泌乳期奶牛血清抗氧化指标的影响

动物体营养物质在氧化供能过程中,若组织产生自由基能力增强或机体抗氧化能力减弱,都会导致细胞或组织的过氧化损伤。丙二醛(MDA)是由生物体内自由基作用脂质发生过氧化反应而产生的重要产物之一。血清中 MDA 浓度作为衡量机体脂质过氧化程度的指标,用来间接的反映细胞的损伤程度^[22]。林祯平等^[23]研究发现,在 28~70 日龄狮头鹅日粮中添加适量的蛋氨酸能显著提高机体抗氧化能力,降低 MDA 含量。赵瑞英^[24]研究发现,在 21 日龄肉鸡日粮中添加一定剂量的 N-HMM-Ca 可降低 MDA 含量从而降低脂质过氧化程度。在本

试验中,14~42 d MDA 含量显著降低,说明在泌乳期奶牛日粮中添加 N-HMM-Ca 可能由于脂质过氧化程度降低。

机体过氧化体系包括酶促体系和非酶促体系,过氧化氢酶(CAT)隶属于机体抗氧化防御体系的酶促体系,可以通过消除自由基用于抗氧化作用^[25]。赵瑞英^[24]研究发现,在46日龄肉鸡日粮中添加一定量 N-HMM-Ca 可以显著提高血浆中CAT活性。本试验中,在第28天时,0.15%组和0.30%组血清中CAT浓度显著升高,可能说明在泌乳期奶牛日粮中添加 N-HMM-Ca 可改善机体氧化还原状态。

4 结论

在泌乳期奶牛日粮添加不同比例的 N-HMM-Ca 对血清中的糖等代谢产物无显著影响;0.30%~0.75%组 ALT、AST 和 LDH 等血清酶含量以及 IgA 水平都有所提高。建议在高产奶牛日粮中添加0.15%的 N-HMM-Ca 为最适宜添加量(约15 g/d)。

参考文献 References

[1] 孙立梅. 高比例棉粕饲料中添加蛋氨酸及其替代物对中华绒螯蟹摄食和生长的影响[D]. 上海:华东师范大学,2013
Sun L M. Effects of dietary methionine supplementation and its substitute in cottonseed meal-based diets of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [D]. Shanghai: East China Normal University,2013 (in Chinese)

[2] 吴炳懿,叶纯子,刘志平. 蛋氨酸添加剂在动物生产上的应用[J]. 经济动物学报,2007,11(4):229-233
Wu B Y, Ye C Z, Liu Z P. Application of methionine additive in animal manufacture[J]. *Journal of Economic Animal*,2007,11(4):229-233 (in Chinese)

[3] Swain B K, Johri T S. Effect of supplemental methionine, choline and their combinations on the performance and immune response of broilers[J]. *British Poultry Science*,2000,41(1):83-88

[4] Spiekens H, Pfeffer E. Studies of the effect of supplementing protected methionine (HMM-Ca) to dairy cows on milk yield and fertility [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 1990, 40(5/6):449-458

[5] Rulquin H, Graulet B, Delaby L, Robert J C. Effect of different forms of methionine on lactational performance of dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*,2006,89(11):4387-4394

[6] 唐波,王群,奚雨萌,林丽娟,穆甜,王建球,韩兆玉. HMBi 对肉牛肉品质,血清生化指标和肌肉组织 H-FABP 基因 mRNA 表达水平的影响[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2014,43

(6):609-615

Tang B, Wang Q, Xi Y M, Lin L J, Mu T, Wang J Q, Han Z Y. The effect of HMBi on carcass characteristics, serum biochemical indexes, intramuscular fat content and the H-FABP gene mRNA expression in beef cattle[J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*,2014,43(6):609-615 (in Chinese)

- [7] 敖日格乐,王纯洁,吕晓伟,井霞. 热应激对荷斯坦奶牛血清酶活力及其行为的影响[J]. 畜牧与兽医,2008(9):62-64
Ao R G L, Wang C J, Lv X W, Jing X. The influences of heat stress on activity of enzyme and behavior in Holstein cow[J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*,2008(9):62-64 (in Chinese)
- [8] 孙亚波,边革,刘庆权,刘玉英,刘胜华,高月,孙宝成. 日粮不同精粗比例对中产奶牛血清生化指标的影响[J]. 现代畜牧兽医,2010(9):60-64
Sun Y B, Bian G, Liu Q Q, Liu Y Y, Liu S H, Gao Y, Sun B C. Effects of different concentrate to forage ratio on serum biochemical parameters of mid-yielding dairy cattle[J]. *Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*,2010(9):60-64 (in Chinese)
- [9] Lin L, Zeng X L, Zhang J. Effect of profenofos poisoning on liver lipid peroxidation and liver function in rabbits[J]. *Chinese Journal of Clinic Rehabilitation*,2004,8(21):4380-4381
- [10] Parker A J, Hamlin G P, Coleman C J, et al. Quantitative analysis of acid-base balance in steers subjected to transportation of long duration[J]. *Journal of Animal Science*,2003,81(6):1434-1439
- [11] 宋平. 不同饲养方式下奶牛血液生化指标测定与分析[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2007
Song P. The detection and analysis of dairy cow's blood biochemical indexes under different rearing conditions [D]. Harbin: Northeast Agricultural University,2007 (in Chinese)
- [12] 张克春,谭勋,王小龙. 瘤胃稳定性脂肪对产后奶牛产奶量和血液生化指标的影响[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2006,3(24):294-297
Zhang K C, Tan X, Wang X L. Effect of rumen-undegraded fat on milk yield and plasma metabolite in postpartum dairy cows [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Scienc*,2006,3(24):294-297 (in Chinese)
- [13] 易雪静. 日粮添加限制性氨基酸:蛋氨酸对山羊消化代谢和血液参数的影响研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2010
Yi X J. Studies on the supplementation of limitation amino acids on digestion and metabolism and blood parameters in goats[D]. Changsha: Hunan Agricultural University,2010 (in Chinese)
- [14] 孙镇平. 简明动物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2004:142-143
Sun Z P. *Concise Animal Physiology* [M]. Beijing: China Agriculture Press;2004:142-143 (in Chinese)
- [15] 牟玉婷,吴伟,隋玉健,陶俐. 激素调控促进动物生长发育的研

- 究[J]. 吉林畜牧兽医, 2011, 32(6): 6-8
- Mou Y T, Wang W, Sui Y J, Tao L. The research of the hormonal regulation promote animal growth and development [J]. *Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2011, 32(6): 6-8 (in Chinese)
- [16] 康蓉. 不同日粮模式对泌乳中期奶牛生产性能, 血液生化指标及泌乳相关激素的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014
- Kang R. Effects of different dietary patterns on production performance, biochemical indicators and lactation-related hormones of blood in mid lactating dairy cows[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2014 (in Chinese)
- [17] 程建波, 范彩云, 王洪荣, 王力生. 不同脂肪酸钙对奶牛血液生化指标的影响[J]. 安徽农业科学, 2010(18): 9535-9537
- Cheng J B, Fan C Y, Wang H R, Wang L S. Effect to different calcium of fatty acid on blood biochemical indices of dairy cattle [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010(18): 9535-9537 (in Chinese)
- [18] Schwab C G, Satter L D, Clay A B. Response of lactating dairy cows to abomasal infusion of amino acids[J]. *Journal of Dairy Science*, 1976, 59(7): 1254-1270
- [19] Meeker D L, Rothschild M F, Christian L L, Warner C F, Hill H T. Genetic control of immune response to pseudorabies and atrophic rhinitis vaccines; I. Heterosis, general combining ability and relationship to growth and backfat[J]. *Journal of Animal Science*, 1987, 64(2): 407-413
- [20] Azadzi K M, Schulman R N, Aviram M, Siroky M B. Oxidative stress in arteriogenic erectile dysfunction: Prophylactic role of antioxidants[J]. *The Journal of Urology*, 2005, 174(1): 386-393
- [21] Zhang L B, Guo Y M. Effects of liquid DL-2-hydroxy-4-methylthio butanoic acid on growth performance and immune responses in broiler chickens [J]. *Poultry Science*, 2008, 87(7): 1370-1376
- [22] Yang L, Tan G Y, Fu Y Q, et al. Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 2010, 151(2): 204-208
- [23] 林祯平, 冯凯玲, 叶慧, 邓元凡, 胥立文, 杨琳. 饲料蛋氨酸水平对 28~70 日龄狮头鹅血清生化指标及抗氧化功能的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(11): 2126-2132
- Lin Z P, Feng K L, Ye H, Deng Y F, Xu L W, Yang L. Effects of dietary methionine level on serum biochemical indices and antioxidant function of lion head geese aged 28 to 70 days[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(11): 2126-2132 (in Chinese)
- [24] 赵瑞英. 蛋氨酸羧基类似物对肉鸡肌肉氧化还原状态和蛋白质代谢的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2013
- Zhao R Y. Effects of methionine hydroxy analogue on muscle redox status and protein metabolism in broilers[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013 (in Chinese)
- [25] Métayer S, Seiliez I, Collin A, Duchêne S, Mercier Y, Geraert P A, Tesseraud S. Mechanisms through which sulfur amino acids control protein metabolism and oxidative status [J]. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2008, 19(4): 207-215

责任编辑: 苏燕