

共轭亚油酸钙对奶牛产奶量和品质的影响

庞 坤¹,王亚宾²,王会峰³,郭 爽²,韩立强²

(1. 信阳农业高等专科学校 动物科学系,河南 信阳 464000; 2. 河南农业大学 牧医工程学院,
河南 郑州 450002; 3. 河南省农业科学院,河南 郑州 450002)

摘要: 为研究共轭亚油酸钙对奶牛乳脂肪的影响,选取 16 头泌乳中期的奶牛饲喂不同日粮,分为对照组(基础日粮)、共轭亚油酸钙低剂量组(基础日粮 + 50 g/(头·d))、中剂量组(基础日粮 + 100 g/(头·d))、高剂量组(基础日粮 + 200 g/(头·d)),试验共进行 14 d,分析乳产量和乳成分。结果表明,日粮中添加共轭亚油酸钙对奶牛的乳产量、乳蛋白和乳糖没有影响,但极显著降低了乳脂肪含量($P < 0.01$)。检测脂肪酸组成发现奶牛的中、短链脂肪酸(C6、C10、C12、C16)含量显著降低($P < 0.05$),而长链脂肪酸(C18、C18:1)的含量显著增加($P < 0.05$);发现添加共轭亚油酸钙显著降低了各种脂肪酸的产量。研究结果显示,奶牛饲料中添加共轭亚油酸钙能够降低乳脂率,改变脂肪酸的组成。

关键词: 奶牛; 共轭亚油酸; 乳成分; 脂肪酸

中图分类号: S823.91 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)06-0167-05

Effect of Adding Ca-CLA on Milk Yield and Quality of Lactating Cows

PANG Kun¹, WANG Ya-bin², WANG Hui-feng³, GUO Shuang², HAN Li-qiang²

(1. Animal Scientific Department, Xinyang Agricultural College, Xinyang 464000, China; 2. College of Animal Husbandry and Veterinary Sciences, Henan Agriculture University, Zhengzhou 450002, China; 3. Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: To investigate the effect of Ca-CLA on the milk yield and quality, sixteen lactating cows were selected and allocated randomly into 4 treatments: basal diet plus 0 g/d (control), 50 g/d (Low group), 100 g/d (medium group) and 200 g/d (high group) Ca-CLA for two weeks, then the milk yield and composition was analyzed. The results showed that the milk yield, protein content and lactose content had no difference among the 4 treatments, while the milk fat content was significantly reduced in Ca-CLA supplement groups ($P < 0.01$), compared with the control. The gas-liquid chromatography analysis of FAME revealed that the fatty acid composition of milk was markedly altered by Ca-CLA treatments. Adding Ca-CLA in the diet of lactating cows decreased significantly the composition of short and medium chain fatty acids (C6, C10, C12 and C16), but increased significantly the concentration of stearic (C18:0) and linoleic (C18:2) acids in milk fat ($P < 0.05$). The yield of total milk fatty acid reduced significantly in the Ca-CLA supplement treatments. This suggested that the supplement of Ca-CLA in dietary resulted in the reduction of milk fat rate and the alternation of milk fatty acid composition.

Key words: Milk Cow; Conjugated linoleic acid; Milk composition; Fatty acid

在反刍动物乳汁中,乳脂肪是一个重要组成部分,其组成和含量受到机体自身和外界(营养和环境)各种因素的影响,特别是营养元素影响显著^[1],其主要原因是低脂乳症(MFD),营养元素的变化可以导致乳脂肪降低。一些高碳水化合物/低纤维(HC/LF)日粮或者饲料添加油脂都能够引起乳脂

肪发生显著变化^[2]。

共轭亚油酸(CLA)主要存在于反刍动物脂肪及其乳制品中,是一种高不饱和脂肪酸,能够抵抗肿瘤,延缓动脉粥样硬化,对人体具有很大的益处^[3]。国外有研究发现,在饲料中添加CLA能够降低乳脂肪,改变脂肪酸组成^[4],而国内相关的研究很少。

收稿日期: 2012-08-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(31201869); 国家重大星火计划项目(2011GA750001); 河南省教育厅自然科学研究项目(2010A230006)

作者简介: 庞 坤(1977-),女,河南永城人,讲师,硕士,主要从事动物生理生化研究。

通讯作者: 韩立强(1979-),男,河南新乡人,讲师,博士,主要从事动物泌乳生物学研究。

本试验通过在奶牛饲料中添加共轭亚油酸钙,研究 CLA 对乳汁中脂肪酸的影响,旨在为共轭亚油酸的应用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 试剂 共轭亚油酸钙盐购自中山尤里卡有限公司,具体组成见表 1。37 种脂肪酸甲酯标样购于安谱公司(NU-CHEK);正己烷为色谱纯;乙醚、石油醚、甲醇、氢氧化钾、氯化钠等试剂均为分析纯。

表 1 共轭亚油酸钙的组成成分

Tab. 1 The composition of Ca-conjugated linoleic acid(CLA-Ca) %	
成分 Composition	含量 Percent content
钙 Calcium	6.36
水分 Moisture content	1.2
脂肪酸成分 Composition of fatty acids	
棕榈酸 Palmitic acid ,C16:0	6.2
硬脂酸 Stearic acid ,C18:0	2.2
油酸 Oleic acid ,C18:1	10.5
亚油酸 Linoleic acid ,C18:2	1.0
共轭亚油酸 Conjugated linoleic acid ,C 18:2	81.1
C9 μ 11 CLA 异构体 CLA isomers	39.8
t10 μ 12 CLA 异构体 CLA isomers	41.3

1.1.2 仪器 乳成分分析仪(丹麦 FOSS);气相色谱仪 6890N(美国 Agilent 公司)配火焰离子化检测器(FID),带分流不分流进样口;高压灭菌锅(SANYO)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 选择 16 头泌乳中期的荷斯坦奶牛,随机分为 4 组,每组 4 头,分别是对照组(基础日粮,Control group)、共轭亚油酸钙低剂量组(基础日粮 + 50 g/(头·d),Low group)、共轭亚油酸钙中剂量组(基础日粮 + 100 g/(头·d),Medium group)、共轭亚油酸钙高剂量组(基础日粮 + 200 g/(头·d),High group),试验共进行 14 d。试验组和对照组饲喂基础精料 3 kg/(d·头),然后按每产 2.5 kg 奶加 1 kg 精料递增,粗饲料自由采食。基础粗料为青干草、豆腐渣,预试期 5 d,试验期 14 d。精料配比参照奶牛营养标准^[5],精料原料组成见表 2。试验牛在同一栋舍内饲喂,统一管理,固定槽位,舍外自由饮水。每天喂 3 次饲料,时间分别为每天的 3:00,13:30,19:00。

1.2.2 乳产量和乳成分测定 从试验第 1 天开始,每天分 3 次(3:30,13:00,19:30)记录每头奶牛的产奶量,然后相加作为每天的产奶量。试验期每隔

2 d 收集 1 次乳样,每头奶牛在早、中、晚采乳时,按 3:2:3 比例取样后制成混合奶样,加防腐剂 BHT,4℃下保存过夜,然后送至河南省 DHI 检测中心检测,采用 FOSS 乳成分分析仪检测乳常规成分,包括乳脂率、乳蛋白和乳糖含量。试验最后 1d 采集混合乳样,送到河南省农业科学院(农业部质检中心),采用气相色谱法检测乳脂肪酸。

表 2 精料原料组成

Tab. 2 The composition of concentrate %	
原料 Ingredients	含量 Content
玉米 Corn	48
花生饼 Peanut cake	25
麦麸 Wheat bran	20
骨粉 Bone meal	3
石粉 Limestone	2
食盐 NaCl	1
预混料 Premix	1

注:预混料成分:碘 100 mg/kg,铁 3 000 mg/kg,铜 2 000 mg/kg,锰 2 500 mg/kg,锌 8 000 mg/kg,硒 6 mg/kg,钴 20 mg/kg,VA 600 000 IU,VD 100 000 IU,VE 4 000 IU。

Note: Premix content: I 100 mg/kg, Fe 3 000 mg/kg, Cu 2 000 mg/kg, Mn 2 500 mg/kg, Zn 8 000 mg/kg, Se 6 mg/kg, Co 20 mg/kg, VA 600 000 IU, VD 100 000 IU, VE 4 000 IU.

1.2.3 脂肪酸的检测 色谱条件:美国安捷伦公司的 DB-FFAP(30 m×0.32 mm×0.25 μ m)毛细管石英柱;FID 检测器;载气为高纯氮气;恒流模式,流速 1 mL/min,尾吹气流量:30 mL/min;H₂ 流速:40 mL/min,空气流速:400 mL/min,进样量:1 μ L,分流比 1:100;进样口温度:250℃;检测器温度:270℃;柱温采用三级程序升温,初温 90℃,以 7℃/min 升温至 190℃,再以 3℃/min 升温至 215℃,保持 10 min,再以 20℃/min 升温至 230℃,保持 5 min。

标准溶液的配制:分别准确称取脂肪酸甲酯标样 100 mg,于 37 个 5 mL 容量瓶中,用正己烷定容配成 20 mg/mL 的单标储备液;移取各脂肪酸甲酯单标储备液各 1 mL 于 50 mL 容量瓶中,正己烷定容,配成 0.4 mg/mL 的脂肪酸甲酯混合标准溶液。

样品前处理及甲酯化反应:称取样品 5 g 于 15 mL 刻度试管中,加入 10 mL 乙醚:石油醚(1:1)混合液溶解,在涡旋振荡器上涡旋 1 min,混合均匀,再超声 10 min,加入 5.4% 的 KOH 甲醇溶液 2 mL,涡旋 1 min,超声 20 min,放置反应 1 h,加入 5% 的 NaCl 水溶液 10 mL,静置分层,取上层清液于 10 mL 容量瓶中用石油醚定容,待上机测定。

1.3 数据分析

试验数据中对奶产量、乳成分采用 SPSS 软件中广义线性模型(GLM)程序中的重复测量方差分析,

结果以最小二乘均数表示,并根据时间变化对乳产量和乳成分作图,对脂肪酸组成及产量进行单因素方差分析(One-way ANOVA),数据以平均数 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 共轭亚油酸钙对奶牛产奶量的影响

奶牛饲喂不同剂量的共轭亚油酸钙对产奶量的影响见表3。从表3可以看出,与对照组相比,共轭亚油酸钙处理对奶牛的产奶量影响不显著($P > 0.05$),各组之间的平均产奶量分别是42.63、37.12、42.88、40.20 kg。试验期间对每天的产奶量进行统

计(图1),除第8天和第12天受天气等因素的影响,产奶量有较大的变异外,其余各天产奶量没有明显的差异。

2.2 共轭亚油酸钙对奶牛乳成分的影响

从表3可以看出,共轭亚油酸钙处理后,与对照组相比,共轭亚油酸钙各组奶牛的乳糖、乳蛋白含量都没有显著的差异,但是乳脂肪含量有显著降低($P < 0.05$),其中,对照组的乳脂肪含量为3.54%,而低剂量组、中剂量组和高剂量组分别为2.94%、2.58%和2.21%,方差分析表明各组之间具有极显著差异($P = 0.008$)。

表2 共轭亚油酸钙对奶牛乳产量和乳成分的影响

Tab. 2 Effects of CLA-Ca on the milk yield and composition of dairy

乳成分 Milk composition	对照组 Control group	低剂量组 Low group	中剂量组 Medium group	高剂量组 High group	标准误 SEM	P
产奶量/(kg/d) Milk yield	42.63	37.12	42.88	40.20	6.538	0.585
乳脂肪/% Fat	3.54	2.94	2.58	2.32	0.225	0.008
乳糖/% Lactose	4.64	4.69	4.61	4.66	0.070	0.712
乳蛋白/% Protein	3.06	3.23	2.93	3.15	0.177	0.459

从图1可以看出,在14 d的试验时间内,随着添加时间的延长,乳蛋白的含量在3.0%上下变化,乳糖稳定在4.6%左右变化,而乳汁体细胞的含量没有明显的变化趋势,只有奶牛乳脂肪的含量从饲

喂共轭亚油酸钙开始就呈现下降趋势,并且随着添加剂量的增加,乳脂肪含量降低的越明显,到试验最后一天达到最低点。

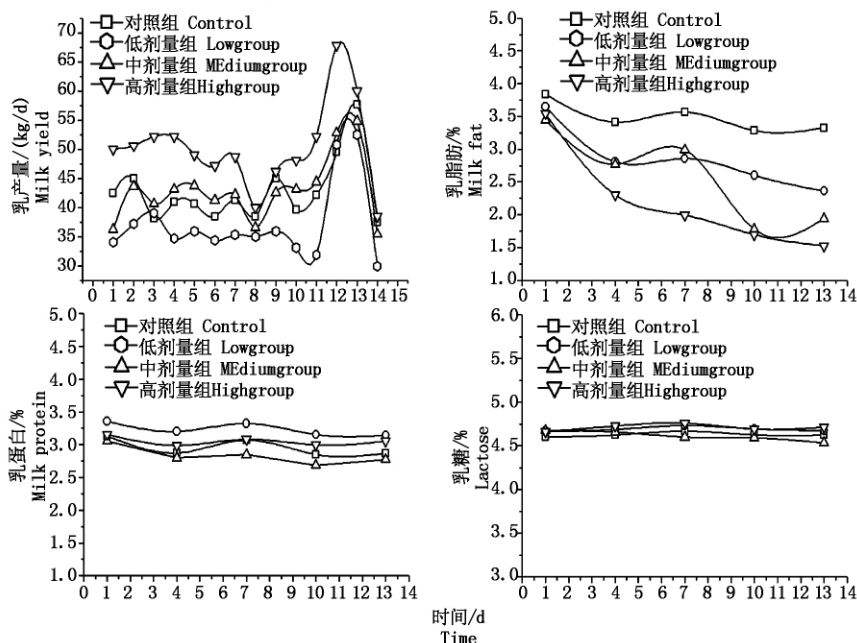


图1 共轭亚油酸钙对奶牛产奶量和乳成分的影响

Fig. 1 Effect of CLA-Ca on the milk yield and composition during the treatment period

2.3 共轭亚油酸钙对奶牛乳脂肪酸的影响

由表4可以看出,在奶牛饲料中添加了CLA-Ca以后,引起了乳脂肪酸组成的显著变化。与对照组相比,试验组奶牛乳汁中C4:0到C16:0脂肪酸的含量均有所下降,特别是C6:0、C10:0、C12:0和

C16:0脂肪酸的含量与对照组相比有显著或极显著下降($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);对于18个碳以上的长链脂肪酸来说,各个CLA-Ca处理组的含量与对照组相比均有所上升,其中,C18:0脂肪酸的含量与对照组相比有显著升高($P < 0.05$),对于CLA的2个

异构体来说,其中 c-9 t-11CLA 的含量虽然有所增加,但是与对照组相比,没有显著性差异,t-10c-12CLA 的含量低于总脂肪酸含量的 0.01%,因此在

数据上没有显示。对于 20 个碳以上的长链脂肪酸,各处理组的含量也均有所上升,但差异不显著。

表 4 共轭亚油酸钙对乳脂肪酸组成的影响

Tab. 4 Effects of CLA-Ca on the fatty acid composition of milk fat

%

脂肪酸 Fatty acid	对照组 Control group	低剂量组 Low group	中剂量组 Medium group	高剂量组 High group
C4:	1.37 ± 0.18	1.09 ± 0.31	1.48 ± 0.45	0.80 ± 0.38
C6:	1.39 ± 0.30	1.01 ± 0.15*	1.10 ± 0.09*	0.98 ± 0.30**
C8:	0.89 ± 0.28	0.59 ± 0.09	0.60 ± 0.04	0.62 ± 0.22
C10:	1.97 ± 0.67	1.43 ± 0.20**	1.35 ± 0.06**	1.43 ± 0.35**
C12:	3.06 ± 0.46	1.96 ± 0.23*	1.84 ± 0.10*	1.62 ± 0.18**
C14:	10.02 ± 1.11	9.14 ± 0.45	8.69 ± 0.75	9.59 ± 0.76
C14: 1	0.75 ± 0.22	0.78 ± 0.33	0.55 ± 0.22	0.68 ± 0.24
C15:	1.04 ± 0.13	1.22 ± 0.05	1.18 ± 0.08	0.87 ± 0.09
C16:	29.76 ± 0.98	25.42 ± 0.40**	24.92 ± 1.66**	26.06 ± 1.73**
C16: 1	1.72 ± 0.32	1.51 ± 0.32	1.38 ± 0.18	1.60 ± 0.39
C17:	0.57 ± 0.05	0.73 ± 0.06	0.77 ± 0.04	0.75 ± 0.08
C18: 0	12.78 ± 1.38	15.68 ± 3.43	18.7 ± 3.13*	17.71 ± 3.84*
C18: 1	29.48 ± 2.71	31.57 ± 3.21	29.88 ± 2.73	31.00 ± 2.65
C18: 2	4.79 ± 0.3	5.06 ± 0.60	4.87 ± 1.25	4.82 ± 0.32
C20	0.28 ± 0.04	0.31 ± 0.01	0.33 ± 0.08	0.31 ± 0.04
C-9t-11CLA	1.05 ± 0.13	0.96 ± 0.14	0.97 ± 0.07	1.53 ± 0.19
T-10c-12CLA	< 0.01	< 0.01	< 0.01	—
C20: 1	0.23 ± 0.04	0.35 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.22 ± 0.02
C 20: 5	0.22 ± 0.02	0.24 ± 0.05	0.13 ± 0.02	0.23 ± 0.01
C23: 0	0.41 ± 0.18	0.55 ± 0.23	0.24 ± 0.08	0.66 ± 0.32

注: 与对照组相比,*表示 $P < 0.05$,**表示 $P < 0.01$ 显著水平。表 5 同。

Note : Compared with control , * means $P < 0.05$, ** means $P < 0.01$. The same as Tab. 5.

表 5 共轭亚油酸钙对奶牛乳脂肪酸产量的影响

Tab. 5 Effects of CLA-Ca on the fatty acid yield of milk fat

%

脂肪酸 Fatty acid	对照组 Control group	低剂量组 Low group	中剂量组 Medium group	高剂量组 High group
C4:	3.98 ± 0.80	2.60 ± 0.77*	2.71 ± 0.60	1.26 ± 0.31**
C6:	4.55 ± 0.62	2.40 ± 0.37**	2.11 ± 0.53**	1.27 ± 0.39**
C8:	3.04 ± 0.53	1.41 ± 0.22**	1.17 ± 0.35**	0.73 ± 0.23**
C10:	6.83 ± 1.44	3.37 ± 0.44**	2.66 ± 0.89**	1.84 ± 0.59**
C12:	8.25 ± 1.91	4.61 ± 0.40**	3.61 ± 1.26**	2.77 ± 0.93**
C14:	32.92 ± 7.28	21.59 ± 1.14	17.17 ± 6.48**	13.46 ± 5.23**
C14: 1	3.21 ± 1.37	1.86 ± 0.85	1.10 ± 0.69*	0.89 ± 0.60*
C15:	3.80 ± 0.77	2.89 ± 0.32	2.29 ± 0.70*	1.58 ± 0.36**
C16:	102.23 ± 18.09	60.14 ± 4.55**	49.00 ± 16.96**	41.14 ± 14.78**
C16: 1	5.86 ± 1.51	3.60 ± 0.90	2.71 ± 1.07**	2.44 ± 0.71**
C17:	2.14 ± 0.16	1.72 ± 0.18	1.48 ± 0.40*	1.02 ± 0.23**
C18: 0	40.17 ± 1.96	37.06 ± 8.28	36.46 ± 11.60	26.09 ± 6.79
C18: 1	94.16 ± 18.50	74.63 ± 8.79	57.52 ± 16.61*	44.66 ± 12.68**
C18: 2	14.39 ± 2.99	11.96 ± 1.67	9.01 ± 1.62*	8.39 ± 2.22*
C20	0.76 ± 0.53	0.37 ± 0.43	0.61 ± 0.13	0.42 ± 0.10
C-9t-11CLA	3.58 ± 0.91	2.27 ± 0.36*	1.88 ± 0.56**	1.89 ± 0.30**
T-10c-12CLA	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
C20: 1	0.78 ± 0.08	0.42 ± 0.50	0.47 ± 0.33	0.06 ± 0.13
C20: 5	0.74 ± 0.10	0.45 ± 0.32	0.22 ± 0.16*	0.06 ± 0.13**
C23: 0	1.32 ± 0.48	1.29 ± 0.51	0.46 ± 0.14	1.02 ± 0.52

从表 5 可以看出,与对照组相比,各试验组奶牛乳脂肪酸的产量均显著或极显著下降($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。其中高剂量组奶牛乳脂中 C4:0 ~ C16:0 脂肪酸产量均有显著降低,大于 18 碳以上的长链脂肪酸中 C18:0 和 C20:0 脂肪酸的产量虽有所降低,但差异不显著,而 c-9t-11CLA 的产量也有显著降低。

3 结论与讨论

3.1 共轭亚油酸钙对奶牛产奶量和乳成分的影响

瘤胃细菌的氢化过程中能够产生 CLA,因此,本试验采用共轭亚油酸钙盐的形式作为添加剂来避开瘤胃的作用。国外已有试验研究了添加 CLA 对奶产量和乳成分的影响,Viswanadha 等^[6]给奶牛分别灌注 0 2 4 6 g/d 的 CLA,Perfield 等^[7]对奶牛饲喂 10 周共轭亚油酸钙,均发现 CLA 对奶产量、乳蛋白、乳糖含量影响不显著,但能够显著降低乳脂肪的含量和产量。本试验在奶牛的饲料中添加共轭亚油酸钙也发现类似结果,各共轭亚油酸钙组奶牛乳汁中乳糖、乳蛋白和乳汁体细胞的含量没有显著变化,脂肪含量均显著降低,且随着 CLA-Ca 添加剂量的增加,乳脂肪含量呈现剂量依赖性的降低(分别降低了 16.94% 38.41% 37.57%)。这些结果表明,在奶牛饲料中添加共轭亚油酸钙能够引起乳脂肪含量的降低,造成奶牛的低脂乳症(MFD)。

3.2 共轭亚油酸钙对奶牛乳脂肪酸的影响

不同长度和性质的脂肪酸(短链、中链和长链,饱和、单不饱和和多不饱和,顺式、反式)对动物机体的代谢具有调节作用。在奶牛饲料中添加油脂,可能会造成低脂乳症(MFD),也会改变乳脂肪中脂肪酸的组成和含量的相应变化。从本试验可以看出,在奶牛饲料中添加了共轭亚油酸钙以后,引起了乳脂肪酸组成的显著变化。与对照组相比,试验组奶牛乳汁中小于 16 碳脂肪酸的含量均有所下降,特别是 C6:0、C10:0、C12:0 和 C16:0 脂肪酸的含量与对照组相比有显著或极显著的下降;对于大于 18 碳的长链脂肪酸来说,各个不同剂量 CLA-Ca 处理组的含量与对照组相比均有所上升,其中 C18:0 脂肪酸的含量与对照组相比有显著升高($P < 0.05$)。国外的研究也有类似报道,Viswanadha 等^[6]发现,给奶牛灌注 CLA 后减少了乳脂肪中 C6:0 脂肪酸的含量,增加了 C18:0 和 C18:2 的含量,Perfield 等^[7]发现,共轭亚油酸钙主要造成了短链脂肪酸(C6:0, C8:0, C10:0, C12:0)和中链脂肪酸(C16:0)的含量的下降,升高了长链脂肪酸的含量(C18:1, C18:2)。本试验中对 CLA 的 2 种异构体检测发现, cis-9,

trans-11CLA 的含量虽有所增加,但与对照相比没有显著差异,而 Baumgard 等^[8]的试验发现,奶牛在接受 trans-10, cis-12 CLA 灌注后,许多长链脂肪酸的含量都显著增加,但其中 CLA 的 2 种主要异构体 cis-9, trans-12CLA 的含量极显著降低,而 trans-10, cis-12 CLA 极显著升高,这种差异可能与 CLA 的添加方式不同有关。

对于乳脂肪产量来说,各共轭亚油酸钙试验组奶牛乳脂肪的产量均显著下降($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),Huang 等^[9]的试验表明,添加 1% 的共轭亚油酸钙显著降低了短链、中链的产量,而其他长链脂肪酸的产量降低差异不显著。乳汁中的中、短链脂肪酸(C4:0 ~ C16:0)是通过乳腺细胞自身合成的,长链脂肪酸($\geq C:18$)是乳腺细胞通过血液摄取的^[2]。从脂肪酸的产量变化可以看出,灌注 CLA 以后,所有脂肪酸的产量都呈现一种线性降低,表明对乳腺的自身合成和对外源性的摄取都具有抑制作用,这些结果表明,共轭亚油酸钙通过减少乳腺细胞的短、中链脂肪酸的合成和对血液中长链脂肪酸的摄取这 2 种途径,降低了奶牛乳汁中的乳脂肪含量。

参考文献:

- [1] Bauman D E, Griinari J M. Nutritional regulation of milk fat synthesis[J]. Annu Rev Nutr 2003 23: 203 - 227.
- [2] Bauman D E, Griinari J M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome[J]. Livest Prod Sci 2001 70: 15 - 29.
- [3] Durgam V R, Fernandes G. The growth inhibitory effect of conjugated linoleic acid on MCF-7 cells is related to estrogen response system[J]. Cancer Lett 1997 116: 121 - 130.
- [4] Jensen R G. The composition of bovine milk lipids[J]. J Dairy Sci 2002 85(2): 295 - 350.
- [5] 美国国家科学研究委员会. 奶牛营养需要[M]. 孟庆祥,译. 7 版. 北京: 中国农业大学出版社: 2002.
- [6] Viswanadha S, Giesy J G, Hanson T W, et al. Dose response of milk fat to intravenous administration of the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid[J]. J Dairy Sci 2003 86(10): 3229 - 3236.
- [7] Perfield J W, Bernal-Santos G, Overton T R, et al. Effects of dietary supplementation of rumen-protected conjugated linoleic acid in dairy cows during established lactation[J]. J Dairy Sci 2002 85: 2609 - 2617.
- [8] Baumgard L H, Sangster J K, Bauman D E. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplement amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid(CLA) [J]. J Nutr 2001 131: 1764 - 1769.
- [9] Huang Y, Schoonmaker J P, Bradford B J, et al. Response of milk fatty acid composition to dietary supplementation of soy oil, conjugated linoleic acid, or both[J]. J Dairy Sci 2007 91: 260 - 270.