

添加植物油对瘤胃内共轭亚油酸前体物累积规律的影响

高军肖, 王加启*

(中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094)

摘要: 采用人工瘤胃法研究了豆油和棉籽油中亚油酸等多聚不饱和脂肪酸在瘤胃微生物作用下的氢化中间产物 trans11 油酸变化规律以及对瘤胃发酵的影响。结果表明添加豆油和棉籽油使 trans11 油酸得到累积, 其中 4% 处理组显著高于对照组 ($P < 0.05$)。处理组的总挥发酸浓度均高于对照组, 棉籽油处理组与对照组差异达到显著 ($P < 0.05$)。处理组 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均高于对照组, 2% 豆油、2% 棉籽油和 4% 棉籽油处理组与对照组差异达到显著 ($P < 0.05$)。

关键词: 豆油; 棉籽油; trans11 油酸; 共轭亚油酸; 瘤胃发酵

中图分类号: S823.5

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2005)07-0661-06

Lawless 等^[1]和 Lock 等^[2]大量试验证明奶牛日粮中添加脂肪能够提高乳中共轭亚油酸(Conjugated linoleic acid, CLA)含量, 同时 Corl 等^[3]、Grinari 等^[4]和 Lock 等^[2]认为牛奶中 CLA 是亚油酸等多聚不饱和脂肪酸(Poly-unsaturated fatty acid, PUFA)在瘤胃经微生物氢化中间产物—trans11 油酸在乳腺经去饱和酶的进一步去饱和作用而成, 但是日粮调控对瘤胃 trans11 油酸等长链脂肪酸(Long-chain fatty acid, LCFA)变化规律影响的研究相对薄弱, 因此本研究用人工瘤胃法研究添加富含亚油酸的豆油和棉籽油后, 瘤胃中 LCFA 组成变化, 重点测定 trans11 油酸组成变化及对瘤胃发酵的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

豆油和棉籽油均用索氏提取法从全脂大豆(东北), 带绒整粒棉籽(山东)中提取。软脂酸、硬脂酸、油酸、trans11 油酸、亚油酸、亚麻酸标准品(GC 级)由 Sigma 公司生产; cis9, trans11CLA 甲酯由 Matreya 公司(Matreya Inc, Pleasant, PA, USA)生产。

1.2 试验处理

试验处理为对照组(基础日粮)、2% 豆油、2% 棉籽油、4% 豆油、4% 棉籽油。每个处理 3 个重复。根据试验处理、日粮补料量和缓冲液的流速及流量, 把每天需要添加的植物油用超声波乳化到人工瘤胃缓冲液中(工作 3 s, 间隔 3 s, 55 次反复操作至乳化完全, 每天乳化 2 次)。试验周期为 7 d, 预饲期 5 d, 正式期 2 d。试验日粮组成见表 1。

1.3 人工瘤胃培养液供体奶牛的饲养管理

2 头体重 550 kg 左右, 头胎泌乳中期、安装有永久性三位点瘻管的健康荷斯坦奶牛。供体奶牛日粮组成与试验对照组相同(表 1)。日粮精粗比为 40:60, 粗饲料为苜蓿:羊草(40:60), 精饲料主要为玉米、麸皮、豆粕和棉粕。每天饲喂 2 次(07:30 和 19:30), 自由饮水。每天挤奶 2 次(06:00 和 18:00)。

1.4 人工瘤胃装置工作条件

人工瘤胃的工作条件为流量 0.78 mL/min, 流出液口筛网孔径为 1.2 mm, 补料量为 40 g/d(以 DM 计), 发酵罐内温度为 39 °C, 充 CO_2 至厌氧环境, 缓冲液配方为 McDougall 配方^[5], 缓冲液(人工唾液)与瘤胃液(微生物接种)1:1(各 800 mL)。

1.5 补料

对照组为 40 g/d 基础日粮(以 DM 计), 试验组为 40 g/d 试验日粮减去植物油量后剩余的量, 分别于 08:00 和 20:00 分 2 次补料, 补料后充 CO_2 1~2 min 以保持发酵罐内厌氧环境。

收稿日期: 2004-11-24

基金项目: 国家奶业重大专项(2002BA518A02)

作者简介: 高军肖(1978-), 女, 河北无极人, 硕士生, 主要从事反刍动物营养

* 通讯作者: 王加启, E-mail: wangjiarqi@263.net

表1 人工瘤胃试验日粮成分和组成

Table 1 Ingredient and chemical composition of the diet of artificial rumen

%

饲料原料 Ingredient	对照组 Control	2% 豆油 Soybean oil	4% 豆油 Soybean oil	2% 棉籽油 Cottenseed oil	4% 棉籽油 Cottenseed oil
苜蓿 Alfalfa	20	20	20	20	20
羊草 Dry hay	40	40	40	40	40
玉米 Corn	17.5	15.5	12.5	15.5	12.5
麸皮 Wheat barn	3	3	3	3	3
豆粕 Soybean meal	10	10	11	10	11
棉粕 Cottenseed meal	8	8	8	8	8
豆油 Soybean oil	-	2	4	-	-
棉籽油 Cottenseed oil	-	-	-	2	4
石粉 Stone meal	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
食盐 Salt	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
营养成分 Nutrient level					
DM	91.13	91.24	91.31	91.24	91.31
CP	13.89	13.73	13.90	13.73	13.90
EE	2.79	4.71	6.60	4.71	6.60
NDF	39.97	39.72	39.45	39.72	39.45
ADF	24.80	24.73	24.70	24.73	24.70
ASH	6.06	6.04	6.07	6.04	6.07
Ca	0.81	0.81	0.82	0.81	0.82
P	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41
软脂酸 Cetin	0.40	0.61	0.83	0.79	1.18
硬脂酸 Stearic acid	0.05	0.10	0.15	0.07	0.08
油酸 Oleic acid	0.26	0.50	0.74	0.49	0.72
亚油酸 Linoleic acid	0.79	1.81	2.83	1.80	2.79
亚麻酸 Linoleinic acid	0.29	0.51	0.74	0.29	0.29
Cis9, trans11CLA	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

根据 NRC(2001) 计算, 各种日粮中营养成分含量根据原料营养成分实测值计算而得

Calculated according to NRC(2001), the nutrients level were calculated with the actual analysis result

1.6 样品采集

试验正式期每天晨饲前与晨饲后 2、4、6、8、10 h 从 CO₂ 进气口处用注射器采集样品 50 mL(采样前充 CO₂ 30 s), 立即测定 pH, 而后 - 20 ℃ 保存待测 NH₃-N、VFA 和长链脂肪酸组成。

1.7 样品测定

1.7.1 pH 测定 用 pH 计随时测定处理好的人工瘤胃培养液的 pH。

1.7.2 VFA 测定 选用 GC-4800A 气相色谱仪测定 VFA, FID 检测器。样品预处理: 取 4 层纱布过滤的瘤胃液 1 mL 加 25% 偏磷酸 0.2 mL, 用涡旋振

荡器振荡混匀后, 在 10 000 r/min 下离心 10 min, 取上清液直接进样测定。

1.7.3 $\text{NH}_3\text{-N}$ 测定 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的测定根据 Broderick 的方法^[6]。

1.7.4 脂肪酸测定 取 10 mL 人工瘤胃培养液样品加 1 mL 6mol/L 的盐酸酸化, 超声波破碎(工作 3 s, 间歇 3 s, 共工作 55 次)后用 40 mL 乙醚分 2 次提取脂肪。脂肪酸的甲酯化方法为酸碱酯化法。

气相色谱条件: GC-A4800 气相色谱, SP-2560 毛细管柱, (Fs 100 m* 0.25 mm* 0.2 μm), 进样口温度为 250 $^{\circ}\text{C}$, 分流比为 20: 1, 载气为氦气, 流速为 2.5 mL/min, 180 $^{\circ}\text{C}$ 保持 45 min, 以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温到 215 $^{\circ}\text{C}$, 保持 17 min, 检测器为 FID, 温度为 250 $^{\circ}\text{C}$, 氦气为 45 mL/min, 空气为 450 mL/min, 补充氦气为 45 mL/min。

1.8 数据处理与统计分析

各项指标均用 SAS 软件 V1.0 进行方差分析, 并用邓肯氏检验法进行多重比较。

2 结果

2.1 添加植物油后人工瘤胃发酵的动态变化规律

2.1.1 pH 的动态变化 试验期内添加豆油和棉籽油后人工瘤胃培养液 pH 在晨饲后开始逐渐下降并在晨饲后 4~6 h 达到最低点而后都有缓慢的上升趋势。在试验期内对照组和各处理组 pH 见表 2, 添加豆油处理组的 pH 高于对照组, 添加棉籽油的处理组的 pH 低于对照组, 除 4% 豆油处理组外差异达到显著($P < 0.05$)。各处理组与对照组的差异比较小, 变化范围为 0.01~0.07。每个处理在试

验期内 pH 变化范围也比较小, 最大的只有 0.08。豆油处理组 pH 高于棉籽油处理组($P < 0.05$), 同一来源脂肪不同添加水平之间 pH 差异不显著($P > 0.05$)。

2.1.2 挥发性脂肪酸浓度的动态变化 在试验期内, 各处理 3 种主要挥发酸浓度在晨饲后开始上升, 在晨饲后 4~6 h 达到最高点, 而后缓慢下降, 见表 2。与对照组相比, 乙酸浓度在 2% 豆油处理组下降了 0.71%, 2% 棉籽油 4% 豆油和 4% 棉籽油处理组乙酸浓度分别升高了 2.41%、6.46% 和 7.80%, 4% 添加水平的 2 个处理与对照组差异达到显著($P < 0.05$)。与对照组相比, 4% 豆油处理组丙酸浓度下降了 4.47%, 2% 豆油 2% 棉籽油和 4% 棉籽油处理组分别升高了 5.15%、11.54% 和 0.50%, 其中 2% 棉籽油与对照组差异达到显著($P < 0.05$)。4% 豆油处理组丁酸浓度比对照组下降了 3.26%, 2% 豆油 2% 棉籽油和 4% 棉籽油丁酸浓度比对照组分别升高了 9.66%、18.20% 和 1.34%, 其中 2% 处理组与对照组差异达到显著($P < 0.05$)。

在试验期内, 总挥发酸浓度的动态变化趋势与 3 种主要挥发酸相同, 对照组和各个处理组都有一个共同的变化趋势, 在晨饲后开始上升, 并在晨饲后 4~6 h 达到最高, 而后逐渐下降, 维持在一个较高的水平。试验期内总挥发酸浓度, 每个处理都有高于对照组的趋势, 2% 豆油、2% 棉籽油、4% 豆油和 4% 棉籽油处理组的总挥发酸浓度分别比对照组升高了 2.21%、7.18%、2.36% 和 5.24%, 其中棉籽油处理组与对照组差异达到显著($P < 0.05$), 见表 2。

表 2 添加豆油和棉籽油后对瘤胃发酵的影响

Table 2 The effects of soybean oil and cottenseed oil on rumen fermentation

$\mu\text{mol}/\text{mL}$

处理 Treatments	pH	乙酸 Acetic	丙酸 Propionic	丁酸 Butyric	总挥发酸 TVFA	乙酸丙酸比例 Acetate: propionate	$\text{NH}_3\text{-N}$ /(mg/dL)
对照组 Control	6.17 ^b	91.22 ^b	33.13 ^b	22.74 ^c	147.09 ^c	2.76 ^b	26.92 ^c
2% 豆油 Soybean oil	6.22 ^a	90.57 ^b	34.84 ^{ab}	24.94 ^b	150.34 ^{bc}	2.60 ^c	32.15 ^b
2% 棉籽油 Cottenseed oil	6.08 ^c	93.42 ^b	36.96 ^a	26.88 ^a	157.66 ^a	2.53 ^c	35.03 ^a
4% 豆油 Soybean oil	6.18 ^{ab}	97.11 ^a	31.65 ^b	22.00 ^c	150.56 ^{bc}	3.07 ^a	29.21 ^c
4% 棉籽油 Cottenseed oil	6.10 ^c	98.33 ^a	33.30 ^b	23.04 ^c	154.80 ^{ab}	2.96 ^a	32.75 ^{ab}
SEM	0.02	1.33	0.88	0.40	2.13	0.03	0.84
P	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

同列肩标不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

Within a row, means with a different superscript letters are different ($P < 0.05$)

在试验期内乙酸丙酸比例变化都比较平缓,总的趋势是2%处理组低于对照组,而4%处理组高于对照组,并且差异达到显著($P < 0.05$),见表2。各处理组在晨饲后4h与对照组差异显著($P < 0.05$)。2%豆油、2%棉籽油、4%豆油和4%棉籽油处理组与对照组比,乙酸丙酸比例的变化分别为-5.63%、-8.15%、11.34%和7.09% ($P < 0.05$)。这表明适当的游离脂肪添加水平有利于瘤胃发酵。

2.1.3 NH₃-N 浓度动态变化 在试验期内,对照组和处理组瘤胃内NH₃-N浓度均在晨饲后2h达到最高,相对平稳持续到晨饲后6h,然后逐渐下降。在整个试验期内,对照组的NH₃-N浓度最低,2%豆油、2%棉籽油和4%棉籽油处理组与对照组差异达到显著($P < 0.05$),见表2。2%豆油、2%棉籽油、4%豆油和4%棉籽油处理组NH₃-N浓度与对照组相比分别变化了19.43%、30.11%、8.50%和21.63%。

2.2 添加植物油后各种长链脂肪酸比例动态变化规律

表3显示了添加植物油后各种长链脂肪酸的累积情况和动态变化趋势。2%豆油、4%豆油、2%棉籽油和4%棉籽油处理组软脂酸、油酸和trans11油酸在LCFA中比例随添加水平的提高而升高;4%豆油和4%棉籽油处理组的trans11油酸在LCFA

中比例显著高于2%豆油和2%棉籽油处理组和对照组($P < 0.05$)。2%豆油、4%豆油、2%棉籽油和4%棉籽油处理组硬脂酸、亚油酸、亚麻酸和cis9、trans11CLA在LCFA中比例随添加水平的提高而呈降低趋势,硬脂酸、油酸和亚麻酸在LCFA中比例在2%和4%添加水平差异达到显著($P < 0.05$)。同一添加水平豆油处理组比棉籽油处理组软脂酸和亚油酸比例略低,而油酸、trans11油酸、亚麻酸和cis9、trans11CLA在LCFA中比例略高,但差异不显著($P > 0.05$)。从本研究中可以看出2%豆油处理组比2%棉籽油处理组亚麻酸的含量高0.22%,瘤胃液中2%豆油比2%棉籽油处理组trans11油酸比例高0.73%;4%豆油比4%棉籽油亚麻酸高0.45%,4%豆油处理组比4%棉籽油处理组trans11油酸比例高1.06%。亚麻酸对trans11油酸的累积有一定的作用。从表3还可以看出,各处理组亚油酸在LCFA中比例在晨饲后2h时最高,到饲喂前含量降低,基本被完全异构化,尤其在2%棉籽油和4%豆油处理组差异达到显著($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 对挥发酸浓度的影响

添加植物油使瘤胃乙酸丙酸比例下降^[7,8], Bateman等试验也表明添加2%豆油,乙酸丙酸比

表3 添加豆油和棉籽油后人工瘤胃长链脂肪酸比例的动态变化

	Table 3 Dynamic changes of long chain fatty acid in artificial rumen with different treatments					SEM	P
	对照组 Control	2%豆油 Soybean oil	2%棉籽油 Cottenseed oil	4%豆油 Soybean oil	4%棉籽油 Cottenseed oil		
	晨饲前 Before feeding						
C16:0	20.63 ^{ab}	16.86 ^b	17.06 ^b	18.30 ^b	22.68 ^{aAB}	1.17	0.02
C18:0	60.42 ^{bc}	66.89 ^{ab}	71.12 ^a	59.32 ^c	57.45 ^{cA}	2.24	0.01
trans11C18:1	10.37 ^b	8.66 ^{bc}	6.74 ^c	15.71 ^a	14.24 ^{aA}	0.76	< 0.01
C18:1	3.10 ^{ab}	2.28 ^{ab}	1.25 ^b	3.34 ^a	2.29 ^{abB}	0.58	0.13
C18:2	3.32 ^a	2.78 ^a	2.50 ^{ab}	2.67 ^{ab}	2.22 ^a	0.53	0.61
C18:3	1.47 ^a	1.52 ^a	0.90 ^a	0.40 ^{ab}	0.27 ^a	0.55	0.37
Cis9, trans11CLA	0.70 ^{ab}	1.00 ^a	0.43 ^{ab}	0.26 ^{abA}	0.15 ^b	0.23	0.13
	晨饲后2h Two hours after feeding						
C16:0	22.97 ^a	15.36 ^a	16.37 ^a	21.90 ^a	22.11 ^{ab}	3.13	0.30
C18:0	55.58 ^{ab}	70.23 ^a	69.13 ^a	52.63 ^b	56.12 ^{abAB}	4.86	0.07
trans11C18:1	9.58 ^b	6.71 ^{bc}	5.78 ^c	13.94 ^a	13.64 ^{ab}	1.10	< 0.01
C18:1	4.64 ^{ab}	1.02 ^b	1.91 ^{ab}	6.59 ^a	4.64 ^{abA}	1.47	0.12
C18:2	5.95 ^a	4.47 ^{ab}	5.67 ^{aA}	4.13 ^{bA}	4.02 ^b	0.47	0.03
C18:3	0.84 ^b	1.32 ^a	0.69 ^a	0.64 ^{aA}	0.47 ^a	0.13	< 0.01
Cis9, trans11CLA	0.43 ^b	0.94 ^a	0.44 ^b	0.18 ^{bb}	0.13 ^b	0.14	0.02

续表 3

	对照组	2% 豆油	2% 棉籽油	4% 豆油	4% 棉籽油	SEM	P
	Control	Soybean oil	Cottenseed oil	Soybean oil	Cottenseed oil		
	晨饲后 6h		Six hours after feeding				
C16: 0	17.20 ^b	13.60 ^b	14.98 ^b	17.03 ^b	23.05 ^{aA}	1.60	0.14
C18: 0	62.74 ^{bc}	74.39 ^a	71.98 ^{ab}	59.32 ^c	54.01 ^{cB}	3.18	< 0.01
trans11C18: 1	11.14 ^b	5.45 ^c	6.10 ^c	15.92 ^a	14.51 ^{abC}	1.29	< 0.01
C18: 1	2.84 ^a	1.43 ^a	1.48 ^a	3.76 ^a	3.90 ^{aA}	0.78	0.12
C18: 2	4.31 ^a	3.14 ^a	3.94 ^{ab}	3.21 ^{ab}	3.99 ^a	0.63	0.58
C18: 3	0.92 ^{ab}	1.14 ^a	0.91 ^{ab}	0.43 ^{abB}	0.30 ^b	0.22	0.08
Cis9, trans11CLA	0.63 ^{ab}	0.85 ^a	0.60 ^{ab}	0.33 ^{bc}	0.23 ^b	0.15	0.07
Average							
C16: 0	20.43 ^a	15.28 ^c	16.14 ^{bc}	19.08 ^{ab}	22.61 ^a	1.24	< 0.01
C18: 0	59.49 ^b	70.50 ^a	70.75 ^a	57.09 ^b	55.86 ^b	2.05	< 0.01
trans11C18: 1	10.45 ^b	6.94 ^c	6.21 ^c	15.19 ^a	14.13 ^a	0.62	< 0.01
C18: 1	3.58 ^a	1.57 ^b	1.55 ^b	4.56 ^a	3.47 ^a	0.59	< 0.01
C18: 2	4.67 ^a	3.46 ^a	4.04 ^a	3.34 ^a	3.41 ^a	0.43	0.12
C18: 3	0.81 ^b	1.33 ^a	0.83 ^b	0.49 ^c	0.35 ^c	0.11	< 0.01
Cis9, trans11CLA	0.48 ^a	0.93 ^b	0.49 ^a	0.26 ^a	0.17 ^a	0.07	< 0.01

同行中肩标小写字母不同表示同一行之间差异显著($P < 0.05$), 同列中同一对比项中大写字母不同表示差异显著($P < 0.05$), 未标者为差异不显著($P > 0.05$)

Within a row, means with a different small superscript letters are different($P < 0.05$). within a line, means with a different capital superscript letters in the same comparison item are different($P < 0.05$), no letters means no difference

例低于添加 4% 豆油, 并且都低于对照组, 但是 4% 豆油处理组总挥发酸浓度高于 2% 豆油处理组和对照组^[9]。本试验结果显示添加 2% 豆油和 2% 棉籽油, 乙酸丙酸比例下降, 总挥发酸浓度升高, 但添加 4% 豆油和 4% 棉籽油, 乙酸丙酸比例和总挥发酸浓度均升高。关于添加 4% 富含亚油酸植物油, 使乙酸丙酸比例升高, 2% 植物油使乙酸丙酸比例降低趋势的机制需要进一步研究。

3.2 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度影响

Bateman 试验添加 2% 豆油 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度降低, 而 4% 豆油处理组 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度升高^[9]。郑晓中等添加 150~450g/d 豆油 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均升高^[10]。本试验结果显示添加不同来源的豆油和棉籽油 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度升高。基础日粮组成、脂肪的来源、添加量和添加形式等多种因素影响 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。本试验中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度偏高, 可能是由于在本试验方法中添加脂肪, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的产量超过了瘤胃微生物的利用能力, 并且体外持续培养缺乏瘤胃壁的吸收能力和活体动物氮的循环代谢过程。

3.3 对 pH 的影响

魏宏阳^[11]及 Bock^[12]报道添加植物油 pH 升高。Bateman 等^[9]和 Beaulieu 等^[13]试验表明添加

植物油对瘤胃 pH 无影响。本研究显示添加棉籽油, pH 有降低趋势, 添加豆油 pH 有升高趋势。pH 受日粮类型, 组成和营养成分的影响, 受 VFA 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的产量和吸收利用等综合调控。

3.4 对长链脂肪酸组成的影响

本研究发现随着亚油酸添加量的增加, 硬脂酸在 LCFA 中比例逐渐降低, 而 trans11 油酸在 LCFA 中比例逐渐升高并得到了累积, 这与魏宏阳, Fellner 和 Wang 报道一致, 尤其 4% 植物油处理组 trans11 油酸得到显著的累积^[11, 14, 15], 为提高乳中 CLA 提供了丰富的底物, cis9, trans11CLA 与对照组相比并没有显著的累积。

4 结论

4.1 从评价瘤胃发酵的角度看, 在本研究范围内植物油的最适添加水平为 4%。

4.2 在本研究范围内, 随植物油添加水平提高, trans11 油酸在瘤胃累积量提高, 硬脂酸和 cis9, trans11 CLA 比例有降低趋势。

4.3 瘤胃中 trans11 油酸累积量随亚麻酸含量提高而有升高趋势。

4.4 本研究结果是在人工瘤胃模拟条件下得出的,

尚需要进一步的动物实验进行证实。

参考文献:

- [1] Lawless F, Murphy J J, Harrington D, et al. Elevation of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk because of dairy supplementation[J]. *J Dairy Sci*, 1998, 81: 3 259~ 3 267.
- [2] Lock A L, Garnsworthy P C. Independent effect of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cow's milk[J]. *Animal Science*, 2002, 74: 163~ 176.
- [3] Corl B A, Baumgard L H, Dwyer D A, et al. The role of Delta(9) desaturase in production of cis-9, trans-11 CLA[J]. *J Nutr Biochem*, 2001, 12(11) : 622~ 630.
- [4] Griinari J M, Corl B A, Lacy S H, et al. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase[J]. *J Nutr*, 2000, 130: 2 285~ 2 291.
- [5] McDougall E I. The composition and output of sheep's saliva[J]. *Biochem J*, 1948, 43: 99~ 109.
- [6] Broderick G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media[J]. *J Dairy Sci*, 1980, 63: 64~ 75.
- [7] Brokaw L, Hess B W, Rule D C. Supplemental soybean oil or corn for beef heifers grazing summer pasture: effects on forage intake, ruminal fermentation, and site and extent of digestion[J]. *J Anim Sci*, 2001, 79: 2 704 ~ 2 712.
- [8] Jenkins T C. Butylsoyamide protects soybean oil from ruminal biohydrogenation: effects of butylsoyamide on plasma fatty acids and nutrient digestion in sheep[J]. *J Anim Sci*, 1995, 73(3) : 818~ 823.
- [9] Bateman H G, Jenkins T C. Influence of soybeans oil in high fibre diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility [J]. *J Dairy Sci*, 1998, 81: 2 451~ 2 458.
- [10] 郑晓中, 冯仰廉, 莫放, 等. 日粮中添加SBO对肉牛瘤胃发酵及营养物质消化率影响研究[J]. *中国粮油学报*, 1999, 14(4): 53~ 57.
- [11] 魏宏阳, 王加启. 添加游离不饱和脂肪酸或植物油对瘤胃微生物体外发酵及微晶纤维素降解的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2004, 35(5): 491~ 497.
- [12] Bock B J, Harmon D L, Brandt Jr R T, et al. Fat source and calcium level effects on finishing steer performance, digestion, and metabolism[J]. *J Anim Sci*, 1991, 69: 2 211~ 2 224.
- [13] Beaulieu A D, Drackley J K, Merchen N R. Concentration of conjugated linoleic acid(cis-9, trans-11- octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil [J]. *J Anim Sci*, 2002, 80: 847~ 861.
- [14] Fellner V, Sauer F D, Kramer J K G. Steady-state rates of linoleic acid biohydrogenation by ruminal bacteria in continuous culture[J]. *J Dairy Sci*, 1995, 78: 1 815~ 1 823.
- [15] Wang J H, Song M, Kand Son Y S, et al. Addition effect of seed-associated or free linseed oil on the formation of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid and octadecenoic acid by ruminal bacteria *in vitro*[J]. *Asian J Anim Sci*, 2002, 15(8): 1 115~ 1 120.

Effects of Plant Oil on Accumulation of Precursors of Milk Conjugated Linoleic Acid

GAO Jun-xiao, WANG Jia-qi*

(*Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China*)

Abstract: The effects of polyunsaturated fatty acid from soybean oil and cottenseed oil on the accumulation of Trans vaccenic acid (TVA) -biohydrogenation of ruminal microbes and rumen fermentation were researched with artificial rumen. Results indicated that TVA was accumulated with treatments of soybean oil and cottenseed oil, especially 4% treatments were abstractly higher than control($P < 0.05$). The concentrations of total volatile fatty acid (TVFA) of all treatments were higher than control, cottenseed oil treatments were obviously higher than control($P < 0.05$). The concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$ were also higher than control, treatments of 2% soybean oil, 2% cottenseed oil and 4% cottenseed oil were obviously higher than control($P < 0.05$).

Key words: soybean oil; cottenseed oil; Trans vaccenic acid; conjugated linoleic acid; rumen fermentation

* Corresponding author