

牦牛乳及乳制品、犏牛和黑白花奶牛乳的 脂肪酸组成分析

苟钰姣¹, 丁路明², 王玉鹏²

(1. 兰州大学草地农业科技学院 兰州大学青藏高原生态系统国际管理中心, 甘肃 兰州 730020;

2. 兰州大学生命科学学院, 甘肃 兰州 730020)

摘要:用气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)对牦牛乳、黑白花奶牛乳、犏牛乳及牦牛乳制品(奶油、酥油、曲拉、酸奶)中的脂肪酸组成进行了测定。结果表明,牦牛乳中功能性脂肪酸,如共轭亚油酸(CLA)、亚油酸(LA)、 α -亚麻酸(ALA)、 γ -亚麻酸(GLA)占总脂肪酸的比重均显著高于犏牛乳和黑白花奶牛乳($P < 0.05$);犏牛乳中 $\omega-6/\omega-3$ PUFA的比值(1.55)略高于牦牛乳(1.54),差异不显著($P > 0.05$),但都在最佳膳食平衡比值范围内,黑白花奶牛乳中 $\omega-6/\omega-3$ 多不饱和脂肪酸(PUFA)的比值(11.33)超过了推荐最佳比值。加工处理能够改变乳制品脂肪酸的构成,如牦牛乳奶油中检测出原奶中所不含的一种亚油酸(18:2 $\Delta^{8c,11c}$)。酥油主要以不饱和脂肪酸(UFA)为主,而曲拉主要以饱和脂肪酸(SFA)为主,牦牛酸奶中没有检测到GLA。

关键词:牦牛;犏牛;黑白花奶牛;乳制品;功能性脂肪酸

中图分类号:S823.9⁺¹

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2013)02-0274-07

* 1

现代医学研究发现,食物中脂肪酸的种类和含量与人体健康密不可分^[1-2]。与此同时,随着人们生活水平的不断提高,人们对乳制品提出了更高的要求^[3],而影响乳制品品质的主要因素是乳中功能性脂肪酸(FFA)的结构和含量^[4]。如:共轭亚油酸(CLA)具有抗癌、降低体脂含量、预防糖尿病的发生、抑制动脉粥样硬化、提高细胞免疫力^[5-10],以及改善骨组织代谢和促进生长等功效^[11-13]。 α -亚麻酸(ALA)具有预防和治疗癌症、心脑血管病、糖尿病、类风湿病、皮炎症、抑郁症、精神分裂症、老年痴呆症、过敏、哮喘、肾病和慢性阻塞性肺炎等作用^[14-18]。 $\omega-6$ 必需脂肪酸代谢的异常在特应性皮炎(AD)发病机理中起着重要的作用,脂肪酸摄入不足可能导致抗炎作用的减弱及皮肤屏障功能异常,通过补充 $\omega-6$ 脂肪酸可以明显改善AD患者的症状^[19]。 γ -亚麻酸(GLA)过脱氢酶的作用转化为花生四烯酸(AA)等,具有抗癌活性^[20-21]。

青藏高原生态环境特殊,远离内陆,属于基本无污染的草原地区,其生产的牦牛乳及乳制品也是绿色食品。有研究发现,牦牛乳较普通牛乳富含FFA,其总量约为8%,比普通牛乳高出5%。除亚

油酸(LA)之外,其它功能性脂肪酸含量都在普通牛乳的2倍以上,其中二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)是普通牛乳中所没有发现的^[22]。本研究测定牦牛乳、犏牛乳、黑白花奶牛乳,以及由牦牛乳制成的乳制品奶油、酥油、曲拉、酸奶中的脂肪酸组成,旨在量化评价牦牛乳及其乳制品的功能性脂肪酸,为提升牦牛乳及其乳制品的附加价值提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 牦牛乳取自甘肃省天祝县西南乌鞘岭牧区(37°11' N, 102°53' E),取样时间在夏季(2010年7月12日—21日),选取10头、胎次为2~5胎的牦牛,每天上午同一时间取奶样,每头牦牛40 mL分装于4个10 mL的离心管中,保存于-20 °C冰柜,如此连续采集10 d。同期,从4户牧民家分别采集牦牛乳制品奶油、酥油、曲拉、酸奶,装入洁净保鲜袋,-20 °C冷冻保存。

犏牛乳取自天祝抓喜秀龙乡甘肃农业大学草原研究站附近农户,样品来自4头产犊犏牛,连续收集5 d,冷冻储存于-20 °C冰箱。

黑白花奶牛乳取自兰州市甘肃农业大学实验黑

收稿日期:2012-03-26 接受日期:2012-05-18

作者简介:苟钰姣(1987-),女,甘肃庆阳人,在读硕士生,主要从事动物营养方面的研究。E-mail:gouyj11@lzu.edu.cn

通信作者:丁路明(1977-),男,山东五莲人,副教授,博士,研究方向为草地放牧。E-mail:dinglm@lzu.edu.cn

白花奶牛场,连续5 d取4头黑白花奶牛鲜奶样品-20℃冷冻保存。实验室处理前将每头牛多天采集的样品充分混匀进行分析。

1.2 试验方法

1.2.1 检测条件 采用美国 Agilent 公司型号为 7683 的自动进样器进样,Agilent 5975C 质谱检测器和 NIST 谱图库进行定性分析。毛细柱为 Agilent DB-FFAP 250℃(最高温度),30.0 m×250.0 μm×0.5 μm;采用模式为分流模式,分流比为 100:1。色谱条件:进样口温度为 230℃;界面温度为 250℃;柱流速度为 1.1 mL·min⁻¹;载气为高纯氦气(99.999%);进样量为 0.2 μL;采用程序升温:初始温为 130℃,以 10℃·min⁻¹升至 190℃,保持 1 min,以 8℃·min⁻¹升至 230℃保持 12 min。质谱条件:电离源为 EI,EI 能量为 70 eV,离子源温度 230℃,四级杆温度 150℃,溶剂延迟时间为 1.5 min。

1.2.2 检测数据 在色谱图上剔除杂质峰,检出所有脂肪酸甲酯,对脂肪酸甲酯峰面积求和,单个脂肪酸甲酯峰面积占总脂肪酸甲酯峰面积的百分数即为其占总脂肪酸的相对百分含量。

1.3 数据处理与统计分析 有关数据用 Excel 进行初步整理,采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,对各指标进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和 LSD(Least-significant Difference)检验。

2 结果

2.1 犏牛乳、黑白花奶牛乳、牦牛乳中的脂肪酸组成 检测出牦牛乳脂肪酸种类(25种)多于犏牛乳(22种)、黑白花奶牛乳(20种)。在饱和脂肪酸方面,牦牛乳具有和普通牛乳相同的特点,牦牛乳、犏牛乳、黑白花奶牛乳中饱和脂肪酸(SFA)占总脂肪酸 2/3 左右;14:0、16:0、18:0 含量加起来占到总脂肪酸的 50%左右,3种牛乳中,单不饱和脂肪酸(MUFA)的含量均明显大于多不饱和脂肪酸(PUFA)的含量(表 1)。

2.1.1 3种牛乳中 CLA、ALA、LA 和 GLA 含量 CLA 是一种很重要的功能性的脂肪酸,牦牛乳中 CLA 的含量为 1.93%,显著高于其它两种牛乳中的含量($P<0.05$),是黑白花奶牛乳的 2 倍,犏牛乳的 3 倍以上。牦牛乳中 ALA 含量为 1.17%,高于犏牛乳(0.71%)和黑白花奶牛乳(0.12%),且三者

间差异显著($P<0.05$)。牦牛乳中 LA 含量达 1.81%,显著高于犏牛乳的 1.10%($P<0.05$),高于黑白花奶牛乳的 1.36%($P>0.05$)。牦牛乳中 GLA 的含量为 0.35%,是犏牛乳的 3 倍多,差异显著($P<0.05$),而黑白花奶牛乳中未检测到(表 1)。

2.1.2 3种牛乳 ω-6/ω-3 PUFA 的比值 大多数人可以从膳食中获得足够的 ω-6 PUFA,但可能缺乏适量的 ω-3 PUFA,所以膳食学家通常用 ω-6/ω-3 PUFA 的比值来衡量摄取的脂肪酸是否合理,世界卫生组织推荐标准为 ω-6/ω-3<6:1。本试验所测犏牛乳和牦牛乳 ω-6/ω-3 PUFA 的比值均在最佳比值范围内,分别为 1.55 和 1.54。犏牛乳的比值略高于牦牛乳($P>0.05$),黑白花奶牛乳 ω-6/ω-3 比值为 11.54,超出了最佳比值范围(表 1)。

2.2 牦牛乳制品脂肪酸组成 受牦牛乳存放时间的限制,传统上牦牛乳被制成奶油、酥油、曲拉和酸奶以便于长期保存和食用。本研究对牦牛乳乳制品脂肪酸结构和组成进行了分析(表 2)。

奶油中能检测出原乳中不存在的一种(18:2Δ^{8c,11c})亚油酸(LA),奶油中 CLA、ALA 的比重都有所升高,从牦牛原乳中的 1.93%和 1.17%上升到 1.98%和 1.33%,但差异不显著($P>0.05$);原乳中存在的反式脂肪酸(TFA)10:1Δ^{4t}、9:1Δ^{7c}在奶油中没有检测到;ω-6/ω-3 PUFA 的比值和 GLA 占总脂肪酸的比重均有所降低,差异不显著($P>0.05$)(表 2)。

酥油是原乳中分离出的淡黄色油脂。相比于牦牛原乳,酥油中 ω-6/ω-3 PUFA 的比值较原乳高,二者之间差异显著($P<0.05$);ALA 的含量达 10.98%,显著高于原乳中 ALA 的含量($P<0.05$);但 CLA 未检测到,许多饱和脂肪酸也未检测到,如,4:0、6:0、8:0、10:0 等(表 2)。

曲拉是晾干分离酥油后的牛乳。相比于原乳,曲拉中只有 7 种脂肪酸,并且脂肪酸组成基本上都以饱和脂肪酸(SFA)为主,许多功能性的不饱和脂肪酸(UFA)LA、CLA、ALA、GLA 都未检测到(表 2)。

酸奶中 ALA 占总脂肪酸的比重较牦牛原乳中高,但差异不显著($P>0.05$);CLA 含量相对于牦牛原乳有所降低,差异也不显著($P>0.05$);其它含量相对于牦牛原乳来说相差不大,但牦牛酸奶中没有检测到 10:1Δ^{4t}、9:1Δ^{7t}、18:2Δ^{10t,13t}、GLA 等脂肪酸(表 2)。

表 1 犏牛乳、黑白花奶牛乳、牦牛乳中脂肪酸的组成

Table 1 Fatty acid components in yak, cattle-yak milk and cow milk

%

脂肪酸 Fatty acid	牦牛乳 Yak milk	犏牛乳 Cattle-yak milk	黑白花奶牛乳 Cow milk
4:0	0.66±0.05a	0.48±0.06b	0.66±0.05a
6:0	1.14±0.09a	0.71±0.07b	0.78±0.04b
8:0	0.66±0.07a	0.52±0.12b	0.54±0.05ab
10:0	0.94±0.10b	1.24±0.06a	0.95±0.12b
10:1 Δ^{4t}	0.09±0.02	ND	ND
12:0	0.51±0.05c	1.23±0.05a	1.06±0.06b
9:1 Δ^{7t}	0.05±0.01	ND	ND
13:0	0.06±0.01b	0.14±0.02a	0.03±0.02b
14:0	3.89±0.33c	8.29±0.63a	6.38±0.54b
14:1 Δ^{9c}	0.09±0.06a	0.43±0.08b	0.37±0.05b
15:0	2.26±0.12b	4.31±0.15a	1.94±1.10c
16:0	23.65±1.26b	32.69±2.93a	24.04±3.24b
16:1 Δ^{9c} +16:1 Δ^{7t}	1.55±0.17b	2.96±0.58a	1.10±0.09b
17:0	2.00±0.08a	1.53±0.09b	1.70±0.31ab
18:0	20.21±0.73a	12.28±2.83b	18.47±1.34a
18:1 Δ^{9c}	25.12±0.49a	27.94±3.17a	0.27±0.06b
18:1 Δ^{11t}	7.92±0.55b	2.32±0.12c	39.81±4.07a
18:2 $\Delta^{9c,12c}$ (LA)	1.81±0.19a	1.10±0.31b	1.36±0.23ab
18:2 $\Delta^{10t,13t}$	1.13±0.13a	0.09±0.03b	0.03±0.02b
18:2 $\Delta^{9c,11t}$ (CLA)	1.93±0.28a	0.50±0.12b	0.89±0.17b
18:3 $\Delta^{9c,12c,15c}$ (ALA)	1.17±0.10a	0.71±0.13b	0.12±0.02c
18:3 $\Delta^{6t,9t,12t}$ (GLA)	0.35±0.16a	0.11±0.02b	ND
19:0	0.21±0.03a	0.10±0.05b	0.12±0.02b
20:0	2.48±1.53a	0.33±0.03b	ND
22:0	0.20±0.02a	ND	ND
总饱和脂肪酸 Total SFA	58.87±1.09a	63.85±4.02a	56.67±4.54b
总单不饱和脂肪酸 Total MUFA	34.78±0.94b	33.65±3.72b	41.55±4.04a
总多不饱和脂肪酸 Total PUFA	6.36±0.33a	2.49±0.41b	1.78±0.58b
总不饱和脂肪酸 Total UFA	41.14±1.09b	36.15±4.02b	43.33±4.54a
ω -6/ ω -3 PUFA	1.54±0.17b	1.55±0.17b	11.54±2.22a

注:ND表示未检测出;同行不同字母表示差异显著($P<0.05$)。犏牛为其犏牛(黄牛♂×牦牛♀)。下同。

Note:ND means no detected; Different lower case letters within the same row mean significant difference at 0.05 level. Cattle-yak are hybrid of cattle(♂)×yak(♀). The same below.

3 讨论

在饱和脂肪酸方面,牦牛乳中所含脂肪酸的种类与其它2种牛乳中所含脂肪酸种类基本相同,这与喻峰等^[23]关于牦牛乳中脂肪酸的研究结果一致。对其所含FFA方面进一步分析,由于乳脂CLA是人体的主要来源^[24],而CLA是动物的次级代谢产

物,不存在所谓的同源性问题,原则上不存在使用的上限问题,经常使用对身体有益无害^[25]。但是目前,人们通过饮用普通牛奶获取CLA的量远低于经动物试验证明具有特殊生理功能的人体需要量^[26]。牦牛乳中CLA的含量高达1.93%,显著高于黑白花奶牛乳和犏牛乳中CLA的含量($P<0.05$),

表2 牦牛乳制品中的脂肪酸组成

Table 2 Fatty acid components in yak butter, ghee, qula and yogurt

%

脂肪酸 Fatty acid	牦牛乳 Yak milk	奶油 Butter	酥油 Ghee	曲拉 Qula	酸奶 Yogurt
4:0	0.66±0.05a	0.40±0.06b	ND	0.90±0.07a	0.72±0.05a
6:0	1.14±0.09a	0.71±0.05b	ND	ND	1.30±0.08a
8:0	0.66±0.07a	0.52±0.02ab	ND	0.52±0.04ab	0.89±0.04a
10:0	0.94±0.10b	1.16±0.05b	ND	0.35±0.07c	1.83±0.11a
10:1 Δ^{4t}	0.09±0.02	ND	ND	ND	ND
12:0	0.51±0.05c	1.02±0.07b	0.01±0.04d	ND	1.49±0.08a
9:1 Δ^{7t}	0.05±0.01	ND	ND	ND	ND
13:0	0.06±0.01b	0.10±0.01a	ND	ND	0.31±0.04a
14:0	3.89±0.33c	6.65±0.14b	0.05±0.02e	1.35±0.09d	8.67±0.11a
14:1 Δ^{9c}	0.09±0.06b	0.24±0.01a	ND	ND	0.26±0.02a
15:0	2.26±0.12b	3.17±0.11a	0.01±0.01d	ND	1.78±0.12c
16:0	23.65±1.26c	25.63±2.89c	4.20±0.09d	89.87±4.41a	30.41±3.01b
16:1 Δ^{9c} ± 16:1 Δ^{7t}	1.55±0.17a	2.08±0.07a	0.21±0.06b	ND	1.88±0.06a
17:0	2.00±0.08a	1.91±0.07a	0.03±0.02c	ND	0.51±0.05b
18:0	20.21±0.73a	17.04±0.16b	1.74±0.04d	4.27±0.09c	14.61±0.12b
18:1 Δ^{9c}	25.12±0.49c	31.34±2.71b	68.28±4.11a	2.74±0.04d	24.56±1.89c
18:1 Δ^{11t}	7.92±0.55a	0.48±0.04b	ND	ND	6.58±2.13a
18:2 $\Delta^{9c,12c}$	1.81±0.19b	1.73±0.77b	19.66±3.12a	ND	1.20±0.02c
18:2 $\Delta^{10t,13t}$	1.13±0.13a	1.21±0.07a	ND	ND	ND
18:2 $\Delta^{9c,11t}$ (CLA)	1.93±0.28a	1.98±0.04a	ND	ND	1.63±0.03a
18:2 $\Delta^{8c,11c}$ (LA)	ND	0.21±0.03a	ND	ND	ND
18:3 $\Delta^{9c,12c,15c}$ (ALA)	1.17±0.10b	1.33±0.14b	10.98±2.23a	ND	1.37±0.11b
18:3 $\Delta^{6t,9t,12t}$ (GLA)	0.35±0.16b	0.28±0.03b	2.14±0.09a	ND	ND
19:0	0.21±0.03a	0.17±0.02a	ND	ND	ND
19:1 Δ^{10t}	ND	0.14±0.01	ND	ND	ND
20:0	2.48±1.53a	0.40±0.11b	0.50±0.02b	ND	ND
22:0	0.20±0.02a	0.07±0.01b	0.18±0.07a	ND	ND
总饱和脂肪酸 Total SFA	58.87±1.09b	58.96±4.11b	6.73±0.05c	97.26±5.17a	62.51±4.16b
总单不饱和脂肪酸 Total MUFA	34.78±0.94b	34.29±2.81b	60.49±4.14a	2.74±0.04c	33.29±2.16b
总多不饱和脂肪酸 Total PUFA	6.36±0.33b	6.75±1.68b	32.78±3.18a	ND	4.20±1.12c
总不饱和脂肪酸 Total UFA	41.14±1.09b	41.04±3.12b	93.27±4.18a	2.74±0.07d	37.49±2.18c
ω -6/ ω -3 PUFA	1.54±0.17b	1.30±0.02b	1.79±0.04a	ND	ND

如果用牛乳中所含 CLA 含量来评价乳制品的营养价值的话,那么牦牛乳优于其它 2 种牛乳。

ALA 作为 ω -3 PUFA 的前体,在体内经去饱和与延长反应生成 EPA、DHA 等 ω -3 族多不饱和脂肪酸^[27],是人体不能合成、需从食物中摄取的

EFA^[28-29]。牦牛乳中 ALA 的含量显著高于黑白花奶牛乳和犏牛乳($P<0.05$)。LA 是 ω -6 多不饱和脂肪酸家族的原始成员,在人和哺乳动物体内能将它转化为 GLA,继而延长为花生四烯酸(AA),也是人体中另一种 EFA,膳食中缺乏 ω -6 PUFA 将导致

皮肤病变。牦牛乳中 LA 的含量也显著高于犏牛乳 ($P < 0.05$), 高于黑白花奶牛乳 ($P > 0.05$)。 $\omega 6/\omega 3$ PUFA 的比值, 犏牛乳的比值稍微高于牦牛乳 ($P > 0.05$), 这可能是由于犏牛乳继承了当地黄牛和牦牛的优势, 显示出的杂种优势。同样有研究发现杂种牛乳脂肪酸中己酸含量普遍比较低^[30], 也与本试验结果相吻合。此外, 还有研究发现, 当食物中 $\omega 6/\omega 3$ PUFA 约为 4 时, 可以减少人口总死亡率的 70%, 当 $\omega 6/\omega 3$ PUFA 为 2.5 或更低时, 可以降低直肠癌的患病率, 当 $\omega 6/\omega 3$ PUFA 约为 2~3 时, 可以抑制类风湿性关节炎患者炎症的发病率, 在最佳比值范围内, 低比值可以抑制妇女患乳腺癌的风险^[31]。同时, $\omega 6/\omega 3$ PUFA 的最佳比值不仅仅适用于人类, 对动物也同样适用: 摄食日粮 $\omega 6/\omega 3$ PUFA 为 3 时能够有效提高扬州鹅的机体抵抗能力^[32]。 $\omega 6/\omega 3$ PUFA 为 5, 可以明显降低小鼠良性前列腺增生 (BPH) 临床症状及病理学指标^[33]。牦牛乳中 GLA 的含量也显著高于犏牛乳 ($P < 0.05$), 而 GLA 也是人体必需的 UFA, 有明显的抗脂质过氧化作用^[34]。同时, 因为 GLA 对棕色脂肪组织有刺激作用, 能促进棕色脂肪酸线粒体活性, 以消耗体内过多热量, 因而具有减肥的作用^[35]。

与牦牛原乳相比较, 奶油中 CLA、ALA 的比重都有所升高, 有研究发现, 奶油中不仅仅能量很高, 有丰富的脂肪、蛋白质和碳水化合物, 而且含有一定量的人体必备维生素和氨基酸, 更具有一定的医疗效果^[36]。酥油相对于牦牛原乳, 酥油中 $\omega 6/\omega 3$ PUFA 的比值、ALA 的含量显著高于牦牛原乳 ($P < 0.05$), 但 4:0、6:0、8:0、10:0 等 SFA 未被检测到, SFA 含量的降低导致了酥油中 PUFA 的比重相对于原乳、奶油有所提高。多不饱和脂肪酸具有多种生物学功能, 如构成细胞膜、诱发基因表达、防治心血管疾病和促进生长发育等^[37]。以上所有乳制品中, 曲拉的脂肪酸含量最少, 这主要是由于在加工过程中对牛奶进行了脱脂处理。但有报道显示, 曲拉中含有 16 种水解氨基酸, EFA 占总氨基酸含量的 46.76%, 脂肪和蛋白质含量分别为 1.69% 和 63.92%^[38]。同时以曲拉为原料, 在酸或酶的作用下生成酪蛋白聚凝物, 经洗涤、脱水、粉碎、干燥加工而制成的酪蛋白产品, 是一种优质的含磷蛋白产品, 称之为“干酪素”, 广泛运用于各种行业^[39]。酸奶中

脂肪酸的组成与牦牛乳基本接近, 这与金素钰等^[40]有关牦牛酸奶中脂肪酸组成的研究相符。此外, 还有研究表明, 牦牛酸奶中含有 18 种氨基酸, 其中包括 8 种人体不能合成的 EFA 及丰富的微量元素、维生素、乳铁蛋白及溶菌酶等^[41]。

4 结论

在所含脂肪酸的种类方面, 牦牛乳脂肪酸种类 (25 种) 多于犏牛乳 (22 种) 和黑白花奶牛乳 (20 种)。

在 SFA 方面, 牦牛乳、犏牛乳、黑白花奶牛乳中 SFA 约占 FA 的 2/3。

在 FFA 方面, 牦牛乳 CLA、ALA、GLA 的含量均显著高于犏牛乳和黑白花奶牛乳。

$\omega 6/\omega 3$ PUFA 的比值, 犏牛乳略高于牦牛乳 ($P > 0.05$), 但都符合膳食平衡的最佳值范围, 黑白花奶牛乳的则超出了最佳值范围。

奶油中含有亚油酸 ($18:2\Delta^{8C,11C}$), 而牦牛乳中没有检测到。酥油中的脂肪酸以 UFA 为主, 而曲拉中的脂肪酸以 SFA 为主。酸奶相对于牦牛乳未检测到 $18:2\Delta^{10,13}$ 、GLA 等脂肪酸。

本研究结果量化评价了牦牛乳及其乳制品中功能性脂肪酸的组成及含量, 为提升牦牛乳及其乳制品的附加值提供了科学依据。因此, 开发牦牛乳及乳制品具有很强的市场潜力, 可促使牦牛产业的进一步发展。

参考文献

- [1] 张克春, 徐国忠, 沈向真. 放牧奶牛的牛奶脂肪酸营养价值分析[J]. 乳业科学与技术, 2010(1): 37-38.
- [2] Or-Rashid M M, Odongo N E, Subedi B, *et al.* Fatty acid composition of yak (*Bos grunniens*) cheese including conjugated linoleic acid and trans-18:1 fatty acids[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2008, 56(5): 1654-1660.
- [3] He S, Ma Y, Wang J, *et al.* Milk fat chemical composition of yak breeds in China[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, 24: 223-230.
- [4] 郁校静, 常玲玲, 张亚琴, 等. 中国荷斯坦牛原料乳脂肪酸组成及变化规律的研究[J]. 中国牛业科学, 2011, 37(5): 4-8.
- [5] 刘佩, 沈生荣, 阮晖, 等. 共轭亚油酸的生理学功能及健康意义[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 161-164.

- [6] 刘佩,沈生荣,阮辉,等. c9t11-和 t10c12-共轭亚油酸抗癌和影响脂质代谢的异同[J]. 食品科学, 2010, 31(13):297-301.
- [7] 王丽芳,卢德勋,马燕芬. 共轭亚油酸的来源及其生物学作用[J]. 畜牧与饲料科学, 2011, 32(9-10):13-15.
- [8] 陈忠周,李艳梅,赵刚. 共轭亚油酸的性质及合成[J]. 中国油脂, 2000, 25(5):41-45.
- [9] Benjamin S, Spener F. Conjugated linoleic acids as functional food: An insight into their health benefits[J]. Nutrition & Metabolism, 2009, 36(6):1-13.
- [10] Pariza M W, Park Y, Cook M E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid[J]. Progress in Lipid Research, 2001, 40(4):283-298.
- [11] 刘子睿,王佳丽,张焕春,等. 共轭亚油酸的生理功能及安全性研究[J]. 畜禽业, 2007(2):20-21.
- [12] 吴凤亮,陈卫涛,张若鸿,等. 共轭亚油酸的生理功效及其在乳制品中的强化途径[J]. 中国乳品工业, 2004, 32(11):24-30.
- [13] 孙明梅,费景春. 共轭亚油酸的研究现状及应用前景[J]. 山东畜牧兽医, 2011(3):58-59.
- [14] 杨天奎. α -亚麻酸降血脂作用的研究[J]. 中国油脂, 1995, 20(30):46-49.
- [15] 徐建国,潘娅静,赵洁. ω -3 多不饱和脂肪酸与心血管疾病[J]. 临床内科杂志, 2008, 25(12):55-56.
- [16] 鲍建民. 多不饱和脂肪酸的生理功能及安全性[J]. 中国食物与营养, 2006, 12(1):45-46.
- [17] 尹勇,詹文华,彭俊生. ω -3 多不饱和脂肪酸抗肿瘤机制的研究进展[J]. 国外医学外科学分册, 2004, 31(4):237-240.
- [18] 徐建国,徐敏. ω -3 多不饱和脂肪酸与炎症及免疫功能[J]. 实用医学杂志, 2008, 24(22):3978-3980.
- [19] 陈达灿,刘俊峰. n -6 必需脂肪酸与特应性皮炎研究进展[J]. 中国皮肤性病学杂志, 2010, 24(2):178-179.
- [20] 黄宝玺,王大为,王金凤. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 农产品加工, 2009(8):26-30.
- [21] Mpanju O, Winther M, Manning J, et al. Selective cytotoxicity of lithlium gamma-linolenic acid in human T cells chronically and productively infected with HIV[J]. Antiviral Therapy, 1997, 2(1):13-19.
- [22] 喻峰,熊华,吕培蕾. 牦牛乳脂肪酸结构与功能特性分析[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1):311-315.
- [23] 喻峰,熊华,吕培蕾. 西藏牦牛酥油脂脂肪酸成分分析及功能特性评价[J]. 中国油脂, 2006, 31(11):35-38.
- [24] 朱雯,张莉,吴跃明. 牛乳脂共轭亚油酸的合成及其营养调控[J]. 中国饲料, 2010(7):32-34.
- [25] 李华丽,魏仲珊,邓萍. 共轭亚油酸牛奶稳定性的研究[J]. 中国乳业, 2009(12):42-44.
- [26] 梅林,郭小健,谢亚兰,等. 共轭亚油酸在凝固型酸奶中的应用研究[J]. 食品科技, 2006(6):103-106.
- [27] 刘冀红. n -3 多不饱和脂肪酸在肿瘤防治中的意义[J]. 肠外与肠内营养, 2004, 11(1):55-57.
- [28] 杨静,常蕊. α -亚麻酸的研究进展[J]. 农业工程, 2011(1):73-76.
- [29] 王宏钊,缪珊,孙纪元. α -亚麻酸药理研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2007, 34(4):254-258.
- [30] 杨明,陈雪梅,文勇立,等. 牦牛种间杂交后代乳脂肪酸含量比较[J]. 食品科学, 2008, 29(8):478-481.
- [31] Simopoulos A P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids [J]. Biomedicine Pharmacotherapy, 2002, 56:365-379.
- [32] 陈明,王梦芝,王剑飞,等. 不同 ω -6/ ω -3 PUFA 日粮对扬州鹅肝功酶和白球比的影响[J]. 营养饲料, 2011, 47(13):46-50.
- [33] 耿越,刘连亮,胥保华,等. 不同比例 n -6/ n -3 多不饱和脂肪酸对小鼠良性前列腺增生和炎性细胞因子的影响[J]. 营养学报, 2010, 32(4):323-327.
- [34] 马桔云. 月见草油的研究概况[J]. 中医药信息, 1998, 6(4):38-40.
- [35] Schirmer M A, Phinney S D. γ -linolenate reduces weight regain in formerly obese humans[J]. The Journal of Nutrition, 2007, 137(6):1430-1435.
- [36] Hu S, Wei H, Guo S, et al. Flavor evaluation of yak butter in Tsinghai-Tibet Plateau and isolation of microorganisms contributing flavor[J]. Animal Science Journal, 2011, 82:122-126.
- [37] 周韞珍. 膳食营养与心血管疾病[J]. 公共卫生与预防医学, 2004, 15(5):42-44.
- [38] 林亚秋,郑玉才,杜晰,等. 牦牛奶渣营养成分分析[J]. 食品科技, 2009(7):26.
- [39] 李进波,孙昊,孙焯琪,等. 牦牛奶渣理化成分及干酪素生产工艺研究[J]. 中国黑白花奶牛, 2011(8):58-61.
- [40] 金素钰,龚卫华,杨明,等. 家庭自制牦牛酸奶中脂肪酸组成的分析[J]. 西南民族大学学报·自然科学版, 2007, 33(4):794-796.
- [41] Zhang H, Xu J, Wang J, et al. A survey on chemical and microbiological composition of kurut, naturally fermented yak milk from Qinghai in China[J]. Food Control, 2008, 19(6):578-586.

Fatty acid components among yak milk and its dairy products, cattle-yak milk and cow milk

GOU Yu-jiao¹, DING Lu-ming², WANG Yu-peng²

(1. College of Pastoral Agriculture Science and Technology, International Centre for
Tibetan Plateau Ecosystem Management, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China;

2. School of Life Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The composition of fatty acids in yak milk, cow milk, cattle-yak milk and dairy products (yak butter, ghee, qula and yogurt) were detected by GC-MS. The results showed that the proportion of functional fatty acids, including conjugated linoleic acid (CLA), linoleic acid(LA), alpha-linolenic acid (ALA) and gamma-linolenic acid (GLA), in yak milk were significantly higher than those in cattle-yak milk and cow milk ($P < 0.05$). The ratio of ω -6/ ω -3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) in pianniu milk (1.55) was slightly higher than that in yak milk (1.54), but no significant difference ($P > 0.05$) between each other. The ratios of ω -6/ ω -3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) in cattle-yak milk and yak milk were within the range of the best recommended prandial balance ratio. However, the ratio of ω -6/ ω -3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) in cow milk was above the best recommended range. Processing products of yak milk changed the nutrients composition. Linoleic acid ($18:2\Delta^{8c,11c}$), which did not exist in yak milk, was found in yak butter. The fatty acids in ghee were mainly unsaturated. But they were mainly saturated (SFA) in qula. Gamma-linolenic acid (GLA) was not detected in yak yogurt.

Key words: wild yak; cattle-yak; dairy cow; dairy products; functional fatty acids

Corresponding author: DING Lu-ming E-mail: dinglm@lzu.edu.cn

2013 年 1 月国际市场主要饲料与畜产品价格分析

美国玉米、大豆、高粱、棉籽饼市场价格均环比分别下降 3.9%、3.4%、3.5%、3.9%；豆粕、豆粉价格跌幅比较大，分别环比下降 9.4%、8.8%；菜籽价格环比上涨 2.2%。

国际畜产品价格涨跌互现。瘦肉猪价格环比上涨 12.9%，育肥牛价格环比下降 1.8%；美国牛肉、鸡肉价格环比分别上涨 4.9%、1.4%；欧盟猪肉价格环比下降 2.7%；新西兰羊羔肉、羊肉价格环比分别下降 5.9%、1.9%。

表 1 2013 年 1 月国际市场主要饲料与畜产品平均价格

饲料	价格	畜产品	价格
玉米	274.97 USD · t ⁻¹	瘦肉猪	2.10 USD · kg ⁻¹
大豆	519.89 USD · t ⁻¹	育肥牛	3.26 USD · kg ⁻¹
高粱	224.43 AUD · t ⁻¹	猪肉*	2.20 USD · kg ⁻¹
豆粕	487.13 USD · t ⁻¹	鸡肉**	2.19 USD · kg ⁻¹
菜籽	604.77 CAD · t ⁻¹	牛肉**	4.51 USD · kg ⁻¹
豆粉	416.26 USD · t ⁻¹	羊肉***	1.55 USD · kg ⁻¹
棉籽饼	362.14 USD · t ⁻¹	羊羔肉****	2.89 USD · kg ⁻¹
苜蓿粉	366.43 USD · t ⁻¹	牛奶**	0.35 USD · kg ⁻¹

注：* 表示欧盟，** 表示美国，*** 表示新西兰。1 月参考汇率为 1 CNY(人民币)=0.161 USD(美元)=0.154 AUD(澳元)=0.162 CAD(加元)=0.102 GBP(英镑)。(兰州大学草地农业科技学院 王迎新)