

驼、牛、羊乳中脂肪酸含量的比较分析

李磊¹, 王昆¹, 何静¹, 吉日木图^{1,2,*}

(1. 内蒙古农业大学 乳品生物技术与工程教育部重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010018;

2. 内蒙古骆驼研究院, 内蒙古 巴丹吉林 737300)

摘要: 采用气相色谱法对驼、牛、羊乳3种乳中脂肪酸(fatty acids, FA)种类及含量进行比较。结果表明, 3种乳脂肪酸种类和含量差异显著。驼乳检测出33种脂肪酸, 棕榈酸相对含量最高($(23.73 \pm 2.17)\%$); 驼乳的多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA)相对含量($(4.09 \pm 0.54)\%$)显著高于牛乳和羊乳; 牛乳中检测出29种脂肪酸, 棕榈酸相对含量最高($(27.44 \pm 2.45)\%$); 羊乳检测出34种脂肪酸, 且油酸相对含量最高($(30.89 \pm 3.57)\%$)。3种乳中羊乳单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids, MUFA)含量最高($(35.26 \pm 3.86)\%$)。此外, 结合主成分分析和相关性分析方法, 对驼乳的脂肪酸含量进行进一步分析, 结果显示, 驼乳的饱和脂肪酸(saturated fatty acids, SFA):MUFA:PUFA为1:0.60:0.08, 驼乳更接近联合国粮食及农业组织/世界卫生组织推荐SFA:MUFA:PUFA为1:1:1。PUFA与短链脂肪酸(short-chain fatty acids, SCFA)、长链脂肪酸(long-chain fatty acids, LCFA)呈负相关, 与n-6 FA相关性最大(0.978); SCFA与LCFA呈正相关, n-6 FA与n-3 FA呈正相关。

关键词: 驼乳; 牛乳; 羊乳; 脂肪酸

A Comparative Analysis of Fatty Acid Profiles of Camel, Bovine and Caprine Milk

LI Lei¹, WANG Kun¹, HE Jing¹, JI Rimutu^{1,2,*}

(1. Key Laboratory of Dairy Biotechnology and Bioengineering, Ministry of Education, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2. Camel Protection Association of Inner Mongolia, Badanjilin 737300, China)

Abstract: The aim of this study was to characterize the fat acid profiles of camel, bovine and caprine milk by gas chromatography. The results showed that there were significant differences in the types and contents of fatty acids among the three milks. A total of 33 fatty acids were detected in camel milk, with palmitic acid being the most abundant ($(23.73 \pm 2.17)\%$); the polyunsaturated fatty acid (PUFA) content of camel milk was $(4.09 \pm 0.54)\%$, which was significantly higher than that of bovine and caprine milk. A total of 29 fatty acids were detected in bovine milk, with palmitic acid being the most dominant ($(27.44 \pm 2.45)\%$), and 34 fatty acids were detected in caprine milk, dominated by oleic acid ($(30.89 \pm 3.57)\%$). Among these milks, the highest content of monounsaturated fatty acids (MUFA) was found in caprine milk ($(35.26 \pm 3.86)\%$). In addition, the fatty acid profile of camel milk was further analyzed by principal component analysis and correlation analysis. The results showed that the ratio of saturated fatty acids to MUFA to PUFA was 1:0.60:0.08, which was closer to the FAO/WHO recommended value 1:1:1. There was a negative correlation between PUFA and short-chain fatty acids and long-chain fatty acids, with a maximum correlation with n-6 FA (0.978); there was a positive correlation between SCFA and LCFA, and between n-6 FA and LCFA.

Keywords: camel milk; bovine milk; caprine milk; fatty acids

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180409-105

中图分类号: TS252.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2019)06-0223-05

引文格式:

李磊, 王昆, 何静, 等. 驼、牛、羊乳中脂肪酸含量的比较分析[J]. 食品科学, 2019, 40(6): 223-227. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180409-105. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2018-04-09

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31360397); 国际科技合作项目(2015DFR30680; ky201401002);

“十二五”国家科技支撑计划项目(2015BAD29B06); 内蒙古重大专项

第一作者简介: 李磊(1992—)(ORCID: 0000-0001-8221-1597), 男, 硕士研究生, 研究方向为乳制品生物技术与工程。

E-mail: llimau@163.com

*通信作者简介: 吉日木图(1965—)(ORCID: 0000-0002-5020-9529), 男, 教授, 博士, 研究方向为乳制品生物技术与工程。

E-mail: yeluotuo1999@vip.163.com

LI Lei, WANG Kun, HE Jing, et al. A comparative analysis of fatty acid profiles of camel, bovine and caprine milk[J]. Food Science, 2019, 40(6): 223-227. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx.1002-6630-20180409-105. <http://www.spkx.net.cn>

乳营养丰富,是一种人类膳食结构中营养结构比较完善的食物,富含人类及新生儿所需的各种重要营养物质,包括氨基酸、维生素、矿物质等,参与人类大脑、免疫、神经和骨髓等系统的发育过程。其中乳脂肪除可为机体提供能量外,其中的脂肪酸还具有有一些生理活性^[1-2]。我国目前对牛乳脂肪的研究报道相对较多,羊乳和双峰驼乳的脂肪酸检测也均有报道^[3-4]。王初一^[5]分别对阿拉善与苏尼特地区双峰驼乳脂肪酸成分进行比较后,发现驼乳脂肪酸以中长链脂肪酸为主,而长链多不饱和脂肪酸以C_{18:1}为主。研究^[6-10]发现荷斯坦牛乳脂肪酸主要以豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚油酸为主,且乳中不饱和脂肪酸含量受季节变化影响;部分报道^[11-12]发现不同饲养条件对脂肪酸含量也存在很大的影响;也有报道^[13-14]发现羊乳中月桂酸和癸酸比例显著低于牛乳,因此在羊乳中掺入牛乳会使这一比例上升。根据这一理论可检出在山羊乳、绵羊乳或羊乳(奶)酪中掺入牛乳的程度。

本研究从内蒙古牧区采集具有代表性的驼、牛、羊乳样,用气相色谱法对3种乳样进行检测和比较,并对驼乳成分进行相关性分析,为乳脂肪进一步研究提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

2017年12月,从阿拉善右旗采集自然放牧3~6 a成年双峰驼乳样7份,采集半放牧4~5 a波尔山羊乳样7份,从呼和浩特市郊区采集圈养2~4 a成年牛乳样7份,共21份。采集后迅速用冰袋冷冻保存,测定前在室温下缓慢解冻,再进行测定。

1.2 仪器与设备

2014型气相色谱仪 日本岛津公司;SIGMA 3-18K高速台式冷冻离心机 德国Sartorius公司;HH-2数显恒温水浴锅 金坛市天瑞仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 脂肪酸的提取

取2 mL奶样加4 mL正己烷-异丙醇(3:2, V/V)溶液,再加Na₂SO₄溶液2 mL,室温5 300 r/min离心20 min。提取上清液在20 mL水解管中,混合后氮气吹干。加入2 mL氢氧化钠-甲醇溶液(2 g/100 mL) 50 ℃水浴15 min,冷却后加入2 mL盐酸-甲醇溶液(1:10, V/V) 80 ℃水浴1.5 h。冷却到室温,加入3 mL水和6 mL正己烷,振荡,静置或离心分层。吸取上清液,定容10 mL,加无水Na₂SO₄干燥后,可上机测定。

1.3.2 气相色谱条件

进样器温度260 ℃,火焰离子检测器温度260 ℃,载气为高纯氮气,流速1.0 mL/min,进样量1.0 μL,分流比10:1。采用程序升温:120 ℃保持5 min,3 ℃/min升至230 ℃保持3 min,1.5 ℃/min升至240 ℃保持13 min,以20 ℃/min升至245 ℃保持6 min。

1.4 数据处理

采用SPSS 20.0对脂肪酸数据进行统计分析;并利用R语言进行主成分分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 乳中脂肪酸种类与相对含量分析

表1 不同乳中脂肪酸相对含量(n=7)
Table 1 Percentages of fatty acids in camel, bovine and caprine milk (n = 7)

脂肪酸	驼乳	牛乳	羊乳	%
C _{4:0}	0.01±0.005 ^a	1.34±0.20 ^b	0.76±0.09 ^c	
C _{6:0}	0.08±0.02 ^a	1.75±0.24 ^b	1.48±0.15 ^c	
C _{8:0}	0.08±0.01 ^a	1.01±0.15 ^b	1.55±0.19 ^c	
C _{10:0}	0.08±0.01 ^a	2.17±0.27 ^b	4.70±1.01 ^c	
C _{11:0}	—	0.09±0.08 ^a	0.05±0.02 ^a	
C _{12:0}	0.74±0.06 ^a	2.66±0.30 ^b	2.09±0.65 ^c	
C _{13:0}	0.06±0.03 ^a	0.07±0.02 ^a	0.05±0.03 ^a	
C _{14:0}	10.31±0.89 ^a	10.30±0.73 ^a	6.06±1.51 ^b	
C _{14:1}	0.48±0.12 ^a	0.65±0.12 ^b	0.10±0.04 ^c	
C _{15:0}	2.26±0.19 ^a	0.94±0.07 ^b	1.20±0.31 ^c	
C _{15:1}	0.02±0.03 ^a	—	—	
C _{16:0}	23.73±2.17 ^a	27.44±2.45 ^b	23.59±2.69 ^a	
C _{16:1}	6.16±1.13 ^a	1.60±0.11 ^b	1.43±0.09 ^b	
C _{17:0}	1.31±0.05 ^a	0.72±0.05 ^b	1.56±0.05 ^c	
C _{17:1}	0.89±0.13 ^a	0.18±0.04 ^b	0.63±0.08 ^c	
C _{18:0}	14.21±1.40 ^{ab}	14.92±1.36 ^b	12.07±3.00 ^a	
C _{18:1n7t}	3.35±1.09 ^a	1.89±0.57 ^b	1.92±0.45 ^b	
C _{18:1n9c}	21.06±1.77 ^a	23.44±1.45 ^a	30.89±3.57 ^b	
C _{18:2n6t}	0.18±0.04 ^a	0.13±0.01 ^b	0.24±0.04 ^c	
C _{18:2n6c}	2.69±0.32 ^b	2.99±0.39 ^b	1.97±0.11 ^a	
C _{20:0}	0.63±0.06 ^a	0.20±0.02 ^b	0.49±0.14 ^c	
C _{18:3n6}	0.02±0.02 ^a	0.03±0.03 ^a	0.02±0.03 ^a	
C _{20:1}	0.18±0.03 ^a	0.06±0.03 ^b	0.06±0.01 ^b	
C _{18:3n3}	1.11±0.17 ^a	0.22±0.04 ^b	0.47±0.10 ^c	
C _{21:0}	0.14±0.02 ^a	0.25±0.12 ^b	0.60±0.10 ^c	
C _{20:2}	0.03±0.03 ^a	—	0.01±0.01 ^b	
C _{22:0}	0.35±0.07 ^b	0.06±0.03 ^a	0.37±0.11 ^b	
C _{20:3n6}	0.01±0.02 ^a	0.10±0.02 ^b	0.001±0.004 ^a	
C _{22:1}	0.23±0.11 ^a	0.28±0.08 ^a	0.23±0.07 ^a	
C _{20:3n3}	0.02±0.02 ^a	—	0.02±0.06 ^a	
C _{23:0}	0.06±0.04 ^a	0.22±0.03 ^b	0.21±0.12 ^b	
C _{20:4}	0.02±0.06 ^a	—	—	
C _{22:2}	—	0.02±0.02 ^b	—	
C _{24:0}	0.09±0.04 ^a	—	0.17±0.06 ^c	
C _{20:5}	0.02±0.03 ^a	—	0.04±0.02 ^a	
C _{24:1}	—	—	0.004±0.01 ^a	
C _{22:6}	—	—	0.01±0.02 ^a	

注:—,未检出;同行不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

由表1可知, 驼乳、牛乳、羊乳脂肪酸组成和相对含量差异显著。3种乳主要由肉豆蔻酸($C_{14:0}$)、棕榈酸($C_{16:0}$)、油酸($C_{18:1n9c}$)、硬脂酸($C_{18:0}$)组成。基于方差分析和多重比较分析可得, 驼乳中 $C_{15:0}$ 显著高于牛乳和羊乳, 并且棕榈烯酸($C_{16:1}$)相对含量显著高于牛乳和羊乳($P<0.05$), 硬脂酸($C_{18:0}$)相对含量($14.21\pm1.40\%$)高于报道的 12.50% ^[15]。但是驼乳中月桂酸($C_{12:0}$)相对含量明显低于牛、羊乳, 与文献[16]报道一致。 $C_{13:0}$ 、 $C_{14:0}$ 和牛奶相比没有显著性差异, 该结果与已有文献[17]报道不一致, 该结果可能是由于动物个体之间的差异和季节等因素造成。此外, 通过多重比较分析显示, 牛乳中的棕榈酸($C_{16:0}$)含量所占比例最高, 且高于报道中的 25.55% ^[18], 硬脂酸($C_{18:0}$)含量($14.92\pm1.36\%$)高于文献[19](14.02%)。且牛乳中丁酸($C_{4:0}$)和月桂酸($C_{12:0}$)含量, 显著高于驼乳及羊乳($P<0.05$), 该结果与潘国卿^[20]研究结果一致。本次结果显示羊乳在3种乳中所含脂肪酸的种类最多, 且棕榈酸($C_{16:0}$)和油酸($C_{18:1n9c}$)所占的比例最大, 己酸($C_{6:0}$)和辛酸($C_{8:0}$)比例也较高, 该结果可能是羊乳产生膻味的主要原因^[21]。

表2 驼乳、牛乳、羊乳3种乳中脂肪酸相对含量

Table 2 Contents of fatty acids in camel, bovine and caprine milk

脂肪酸组	驼乳	牛乳	羊乳
SFA	54.14 ± 2.57^a	64.16 ± 1.32^b	56.99 ± 3.55^a
MUFA	32.36 ± 1.67^a	28.10 ± 1.28^b	35.26 ± 3.86^c
PUFA	4.09 ± 0.54^a	3.33 ± 0.52^b	2.77 ± 0.12^c
SCFA	0.01 ± 0.005^a	1.34 ± 0.20^b	0.76 ± 0.09^c
MCFA	0.98 ± 0.07^a	7.68 ± 0.79^b	9.87 ± 1.87^c
LCFA	89.60 ± 0.72^a	86.71 ± 1.01^b	84.39 ± 2.30^c
OCFA	4.74 ± 0.31^a	2.48 ± 0.14^b	4.30 ± 0.37^c
<i>n</i> -6 FA	2.90 ± 0.34^a	3.25 ± 0.40^b	2.23 ± 0.13^c
<i>n</i> -3 FA	1.12 ± 0.17^a	0.22 ± 0.04^b	0.49 ± 0.09^c
trans FA	3.53 ± 1.11^a	2.02 ± 0.57^b	2.16 ± 0.46^b
PUFA/SFA	0.08 ± 0.01^a	0.05 ± 0.007^b	0.05 ± 0.005^b

注: SFA. 饱和脂肪酸(saturated fatty acids); MUFA. 单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids); PUFA. 多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids); SCFA. 短链脂肪酸(short chain fatty acids); LCFA. 长链脂肪酸(longchain fatty acids); MCFA. 中链脂肪酸(midchain fatty acids); OCFA. 奇数碳脂肪酸(odd carbon fatty acids); trans FA. 反式脂肪酸(trans fatty acids)。

研究表明, 脂肪酸摄入过多, 可导致血脂、特别是血清胆固醇升高, 会直接与糖尿病、肥胖症、心血管疾病、动脉粥样硬化等一系列慢性病有直接关系^[22]。此外, 医学研究表明不饱和脂肪酸有明显降低高密度脂蛋白血清胆固醇的作用, 进而减少高血压、心脏病及中风等疾病发病率, 同时不饱和脂肪酸在维护生物膜结构和功能方面

有重要作用^[23]。如表2所示, 与牛乳和羊乳比较, 驼乳的饱和脂肪酸所占比例最小($54.14\pm2.57\%$), 而驼乳多不饱和脂肪酸($4.09\pm0.54\%$)显著高于牛乳和羊乳($P<0.05$)。Wongtangtintharn等^[24]通过研究发现, 不同乳中特有的膻味主要与其自身脂肪酸的组成有关, 主要来源是碳原子数在8~10个的不饱和脂肪酸。分析显示, 与其他物种乳脂肪酸相比, 驼乳中的短链脂肪酸含量比较低。此外, 已有研究证明奇数碳脂肪酸具有较强的生理活性, 尤其是抗癌活性^[25]。结果显示, 驼乳中的奇数碳脂肪酸所占比例为($4.74\pm0.31\%$), 显著高于牛乳和羊乳($P<0.05$), *n*-3 FA所占比例最高, 驼乳中PUFA/SFA($0.08\pm0.01\%$)显著高于牛乳及羊乳, 该结果与顾翔宇^[15]测定结果一致。

2.2 驼、牛、羊乳脂肪酸主成分分析

在得分图中距离相近的数据点表示相似性强, 距离远的点表示相似性较弱, 即存在一定的差异性^[26]。由图1可见, 同一种乳脂肪酸都聚在一起, 且驼乳、牛乳及羊乳的区分效果很好, 不同物种乳中脂肪酸含量存在一定差异性。

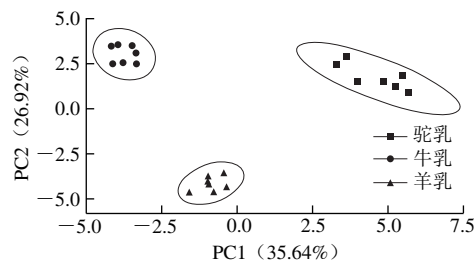


图1 牛乳、驼乳和羊乳中脂肪酸含量的主成分分析

Fig. 1 Principal component analysis of fatty acids of bovine, camel and caprine milk

2.3 驼、牛、羊乳的SFA、MUFA、PUFA相对含量分析

SFA:MUFA:PUFA是评价脂肪酸营养价值的重要指标, 国际上认可的最合理的比例是联合国粮食及农业组织/世界卫生组织(Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)推荐的SFA:MUFA:PUFA为1:1:1^[27]。驼、牛、羊乳的SFA、MUFA、PUFA相对含量比较如图2所示, 牛乳的SFA相对含量(64.16%)显著高于驼、羊乳; 羊乳MUFA相对含量(35.26%)显著高于驼、牛乳。驼乳PUFA相对含量(4.09%)显著高于牛、羊乳。驼乳的SFA:MUFA:PUFA为1:0.60:0.08, 该结果与顾翔宇^[15]测定结果(1:0.54:0.05)接近; 牛乳SFA:MUFA:PUFA为1:0.44:0.05, 该结果与Mattos等^[28]测定结果(1:0.45:0.05)接近; 羊乳SFA:MUFA:PUFA为1:0.62:0.05; 该结果说明, 驼乳更接近FAO/WHO推荐值。

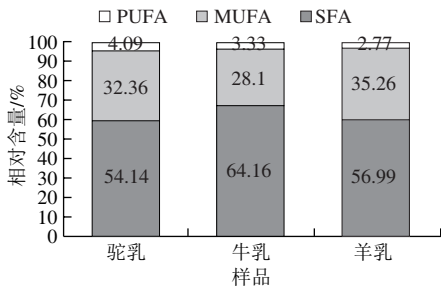


图2 驼、牛、羊乳的SFA、MUFA、PUFA相对含量

Fig. 2 Contents of SFA, MUFA and PUFA in camel, bovine and caprine milk

2.4 驼乳中不同碳链脂肪酸间的相关性分析

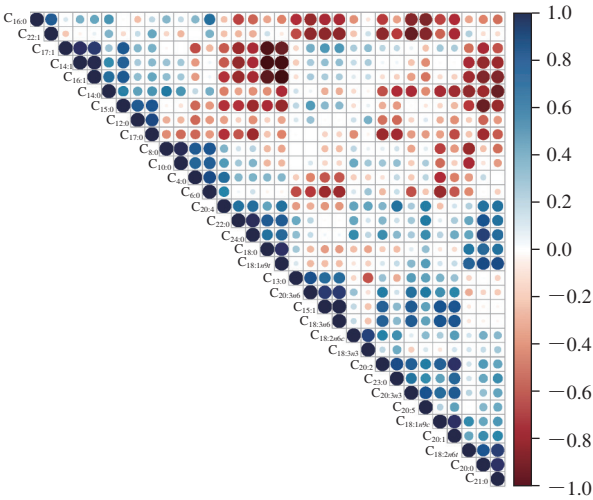


图3 驼乳中脂肪酸的相关性

Fig. 3 Correlation of fatty acids in camel milk

由图3可知，驼乳中， $C_{16:0}$ 和 $C_{22:1}$ 与其他脂肪酸大部分呈负相关，且与 $C_{20:5}$ 和 $C_{20:3n3}$ 负相关性最大；脂肪酸 $C_{15:0}$ 与 $C_{17:0}$ 、 $C_{12:0}$ 与 $C_{17:0}$ 、 $C_{8:0}$ 与 $C_{10:0}$ 、 $C_{4:0}$ 与 $C_{6:0}$ 显示出较高的正相关性； $C_{17:1}$ 、 $C_{14:1}$ 、 $C_{16:1}$ 与 $C_{18:0}$ 、 $C_{18:1n9r}$ 、 $C_{20:0}$ 、 $C_{21:0}$ 显示有负相关性。 $C_{6:0}$ 与 $C_{15:1}$ 、 $C_{18:3n6}$ 和 $C_{18:1n9c}$ 有较强的负相关， $C_{20:4}$ 以下脂肪酸除个别外，和其他脂肪酸组大部分呈正相关关系^[29]。

2.5 驼乳的不同碳氢链脂肪酸间的相关性分析

由表3可知，驼乳中，SFA与SCFA、MCFA、LCFA呈正相关，且与LCFA相关性最大（0.851）；而MUFA与SCFA、MCFA、LCFA呈负相关，与其他呈正相关；PUFA与SCFA、LCFA呈负相关，与 $n-6$ FA相关性最大（0.978）；SCFA与LCFA呈正相关，有研究表明^[30]短链和长链脂肪酸不同配比对奶牛乳腺上皮细胞内乳脂肪和乳蛋白合成及基因表达影响不同。除trans FA外MCFA与其他都是正相关，不同MCFA与LCFA比例对奶牛采食量、产奶量及瘤胃发酵没有影响。随日粮中MCFA添加剂量增加，乳脂含量及乳脂中MCFA浓度有线性增加趋势并

改变乳脂脂肪酸组成及血液脂类代谢。MCFA对乳脂合成的贡献可能大于LCFA^[31]；LCFA与其他都是负相关性； $n-3$ FA与trans FA呈负相关关系， $n-6$ FA与 $n-3$ FA呈正相关；膳食中 $n-6$ PUFA、 $n-3$ PUFA摄入不平衡会增加过敏性疾病以及慢性病如心脑血管疾病的患病率^[32]。

表3 驼乳脂肪酸的相关性

Table 3 Correlation of various classes of fatty acids in camel milk

脂肪酸	MUFA	PUFA	SCFA	MCFA	LCFA	OCFA	$n-6$ FA	$n-3$ FA	trans FA
SFA	-0.965	-0.580	0.526	0.525	0.851	-0.243	-0.598	-0.410	-0.253
MUFA		0.416	-0.620	-0.678	-0.749	0.293	0.433	0.305	0.168
PUFA			-0.179	0.113	-0.371	0.163	0.978	0.923	0.114
SCFA				0.270	0.276	-0.654	-0.268	-0.261	0.406
MCFA					0.289	0.233	0.095	0.189	-0.341
LCFA						-0.086	-0.412	-0.084	-0.401
OCFA							0.143	0.378	-0.770
$n-6$ FA								0.867	0.089
$n-3$ FA									-0.159

3 结论

通过对3种不同哺乳动物乳中脂肪酸种类及其含量进行气相色谱测定。驼乳中长链脂肪酸（ $89.60 \pm 0.72\%$ ）和多不饱和脂肪酸（ $4.09 \pm 0.54\%$ ）高于牛乳及羊乳。牛乳含有较少的反式脂肪酸，对人体健康有着积极的影响。羊乳中的脂肪酸种类最多（34种），单不饱和脂肪酸含量最高。驼乳更接近FAO/WHO推荐SFA:MUFA:PUFA为1:1:1。此外，驼乳中的 $n-6$ FA与 $n-3$ FA有较大的正相关性，且驼乳中 $n-3$ FA含量最高，在开发营养系列产品时具有一定的市场潜力。

参考文献：

[1] MCGURE E. Ruth goes home: an adult's use of human milk[J]. Breastfeeding Review, 2012, 20(3): 44.

[2] ROOKE J A, FLOCKHART J F, SPARKS N H. The potential for increasing the concentrations of micro-nutrients relevant to human nutrition in meat, milk and eggs[J]. Journal of Agricultural Science, 2010, 148(5): 603-614. DOI:10.1017/S002185961000047X.

[3] 李聪, 张胜利, 刘林, 等. 中国荷斯坦牛乳脂脂肪酸性状影响因素分析[J]. 畜牧兽医学报, 2013, 44(11): 1739-1748.

[4] 古丽巴哈尔·卡吾力, 高晓黎, 常占瑛, 等. 马乳与驼乳、驴乳、牛乳基本理化性质及组成比较[J]. 食品科技, 2017(7): 123-127.

[5] 王初一. 苏尼特双峰驼乳抗肿瘤免疫活性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.

[6] 李朝旭. 石家庄地区牛乳脂肪中脂肪酸成分的分析[J]. 中国乳品工业, 2004, 32(5): 41-43. DOI:10.3969/j.issn.1001-2230.2004.05.010.

[7] 徐敏, 陆东林, 李景芳, 等. 生驼乳和驼乳粉食品安全地方标准的研究[J]. 中国奶牛, 2016, 317(9): 60-64.

[8] 陆东林, 陈钢粮, 叶东东, 等. 准噶尔双峰驼乳脂肪质量分数的调查分析[J]. 中国乳业, 2017(3): 56-60.

[9] 董静, 陈钢粮, 齐新林, 等. 驼乳的理化指标及影响因素[J]. 新疆畜牧业, 2016(8): 34-35.

[10] 何晓瑞, 陆东林, 徐敏, 等. 不同季节和月份驼乳和驼乳制品营养性指标的比较[J]. 新疆畜牧业, 2016(10): 21-23.

- [11] SHINGFIELD K J, BONNET M, SCOLLAN N D. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods[J]. *Animal Bioscience*, 2013, 7(Suppl 1): 132. DOI:10.1017/S1751731112001681.
- [12] 高珂玲. 内蒙古四种家畜乳常量与微量元素测定及特征分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
- [13] 陆东林. 马乳的营养价值和开发利用[J]. *新疆畜牧业*, 2012(4): 4-9. DOI:10.3969/j.issn.1003-4889.2012.04.002.
- [14] MABOOD F, JABEEN F, AHMED M, et al. Development of new NIR-spectroscopy method combined with multivariate analysis for detection of adulteration in camel milk with goat milk[J]. *Food Chemistry*, 2017, 221: 746-750. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.11.109.
- [15] 顾翔宇. 内蒙古牛马驼乳脂肪中脂肪酸构成的比较[J]. *中国乳品工业*, 2016, 44(3): 16-19. DOI:10.3969/j.issn.1001-2230.2016.03.004.
- [16] STAHL T, SALLMANN H P, DUEHLMEIER R, et al. Selected vitamins and fatty acid patterns in dromedary milk and colostrums[J]. *Journal of Camel Practice and Research*, 2006, 13(1): 53-57.
- [17] NARMURATOVA M, KONUSPAYEVA G, LOISEAU G, et al. Fatty acids composition of dromedary and bactrian camel milk in Kazakhstan[J]. *Journal of Camel Practice & Research*, 2011, 13(1): 45-50.
- [18] 王曙阳. 骆驼奶活性成分评价及对II型糖尿病辅助治疗作用的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.
- [19] 朱文适. 鲜牛羊奶中脂肪酸组分的测定与比较[J]. *山地农业生物学报*, 2000, 19(3): 189-190. DOI:10.3969/j.issn.1008-0457.2000.03.008.
- [20] 潘国卿. 内蒙古地区牛乳及其制品中脂肪酸成分的气相色谱-质谱法分析[J]. *内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版)*, 2012, 41(4): 401-405. DOI:10.3969/j.issn.1001-8735.2012.04.016.
- [21] 蒋玉茜. 羊乳致瘤机理及去瘤技术研究进展[J]. *中国乳品工业*, 2017, 45(9): 41-44. DOI:10.3969/j.issn.1001-2230.2017.09.009.
- [22] 陆旭亚. 肥胖儿童青少年血清磷脂脂肪酸谱研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2009.
- [23] 徐文晖. 不饱和脂肪酸分离技术研究概况[J]. *食品研究与开发*, 2007, 28(8): 153-156. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2007.08.050.
- [24] WONGTANGTINTHARN S, OKU H, IWASAKI H, et al. Effect of branched-chain fatty acids on fatty acid biosynthesis of human breast cancer cells[J]. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 2004, 50(2): 137-143.
- [25] 冯晓群. 马鹿亚种间杂交后代背最长肌脂肪酸的分析研究[J]. *肉类工业*, 2012(3): 20-25. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2012.03.011.
- [26] 马露. 奶牛、水牛、牦牛、娟珊牛、山羊、骆驼和马乳特征性成分分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [27] 林观平. 湖光牛奶脂肪酸的气相色谱-质谱联用分析[J]. *现代预防医学*, 2007, 34(19): 3619-3620. DOI:10.3969/j.issn.1003-8507.2007.19.009.
- [28] MATTOS R, STAPLES C R, ARTECHE A, et al. The effects of feeding fish oil on uterine secretion of PGF_{2α}, milk composition, and metabolic status of periparturient Holstein cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2004(4): 921-932. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(04)73236-1.
- [29] PEGOLO S, CECCHINATO A. Genetic and environmental relationships of detailed milk fatty acids profile determined by gas chromatography in Brown Swiss cows[J]. *American Dairy Science Association*, 2016, 99(2): 1315-1330. DOI:10.3168/jds.2015-9596.
- [30] 伍金华, 周克元. 乳腺癌患者红细胞膜n-6/n-3多不饱和脂肪酸比率检测的临床意义[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2013, 20(7): 512-514.
- [31] 孙妍. 不同中短链与长链脂肪酸比例对奶牛乳脂含量及组成的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [32] 高巧仙. 饲料n-6/n-3多不饱和脂肪酸比例对畜禽健康和产品品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(7): 1429-1436. DOI:10.3969/j.issn.1006-267x.2013.07.005.