

牦牛乳及牦牛酸乳营养价值的研究现状

吴春生^{1,2}, 李 键³, 蹇 宇⁴, 索化夷^{1,2,*}

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2.西南大学 国家食品科学与工程实验教学中心, 重庆 400715;

3.西南民族大学生命科学与技术学院, 四川 成都 610041; 4.重庆教育学院, 重庆 400067)

摘 要: 牦牛乳是由生活在高海拔地区的特殊物种——牦牛所产的乳, 可经乳酸菌发酵成牦牛酸乳。牦牛乳的营养价值极其丰富, 富含各种氨基酸、钙、铁、锌、维生素等营养物质, 相比普通牛乳, 牦牛乳含有更高的功能性脂肪酸和蛋白质, 越来越引起人们的关注。本文综述了牦牛乳和牦牛酸乳中的各种营养元素以及乳酸菌的益生功能。但是目前对牦牛乳制品的营养价值开发和利用尚不够深入, 还需进一步加大研究和开发力度。

关键词: 牦牛乳; 牦牛酸乳; 营养价值;

Research Progress of Yak Milk and Fermented Yak Milk and Their Nutritional Value

WU Chun-sheng^{1,2}, LI Jian³, QIAN Yu⁴, SUO Hua-yi^{1,2,*}

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. National Food Science and Engineering Experimental Teaching Center, Southwest University, Chongqing 400715, China; 3. School of Life Science and Technology, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China; 4. Chongqing College of Education, Chongqing 400067, China)

Abstract: Yak milk is produced by yak, a special species living in high attitude, and can be fermented by lactic acid bacteria into yoghurt. Yak milk has a high nutritional value and is rich in amino acids, Ca, Fe, Zn, vitamins, and so on. Yak milk is more abundant in functional fatty acids and proteins compared to common bovine milk and has aroused growing attention. This paper provides a review of various nutrients in yak milk and yoghurt and the probiotic effect of lactic acid bacteria. However, the nutritional value of yak milk products has not been developed and utilized in depth yet. Therefore, further research and development is needed.

Key words: yak yogurt; lactic acid bacteria; nutritional value; healthcare function

中图分类号: TS252.1

文献标识码: A

文章编号: 1671-5187(2012)03-0043-04

牦牛在我国主要分布于四川省以及青藏高原地区, 属牛亚科属动物, 主要为人类提供乳、肉、皮毛等畜产品, 是高原地区牧民主要经济来源^[1]。虽然牦牛乳的产量相对较低, 成年母牛平均日泌乳量为 1.4~2.25kg(最高为 3.1kg)^[2], 与牛乳相比, 牦牛乳具有丰富的蛋白质、必须氨基酸、脂肪、乳糖和矿物质^[3], 营养价值极高, 是天然的绿色产品^[4]。而目前对牦牛乳及牦牛酸乳的营养价值还主要停留在研究其营养元素基本组成上, 而对牦牛乳和牦牛酸乳营养价值的进一步开发和利用还有待深入研究。

1 牦牛乳及牦牛酸乳营养价值

1.1 基本组成成分

从 20 世纪 30 年代开始, 人们就开始了对中国牦牛的研究, 四川的九龙牦牛、青海玉树的青藏高原牦牛、甘肃的天祝白牦牛、西藏的斯布牦牛等是国内目前比较优良的牦牛地方类群。选取高原地区比较有代表性的青海湖区和西藏地区牦牛乳和牦牛酸乳与荷斯坦牛、中国黄牛、中国水牛等其他牛种作比较(表 1)可以得出: 由于地理位置、营养、泌乳期、测定方法、季节、放牧水平等的不同, 各种指标差距较大: 1)从干物质、脂肪和蛋白质含量来看, 两地牦牛乳比荷斯坦牛乳和黄牛乳高, 较水牛乳相似, 而牦牛乳营养价值较高, 是生产高级乳制品的优质原料; 2)相比牦牛乳来说, 牦牛酸乳的干物质和脂肪含量均有所降低, 可见牦牛乳发酵后会稍降低其营养价值; 3)从灰分含量来看, 各类牛乳相

收稿日期: 2012-03-26

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201203009)

作者简介: 吴春生(1989—), 男, 本科生, 研究方向为食品科学与工程。E-mail: wcs90219@163.com

* 通信作者: 索化夷(1978—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为食品科学。E-mail: birget@swu.edu.cn

表1 青海湖区和西藏地区牦牛乳、牦牛酸乳与其他牛种相关组成成分比较
Table 1 Comparisons of related components in yak from Qinghaihu lake area and Tibetan area

地区	青海湖区 ^[8-10]		西藏地区 ^[11-12]		其他牛种 ^[13]		
	牦牛乳	牦牛酸乳	牦牛乳	牦牛酸乳	荷斯坦牛乳	中国黄牛乳	中国水牛乳
干物质含量	19.41 ± 0.26	13.25 ± 0.15	18.45	14.1~16.4	11.8~13.7	12.75	18.44
脂肪含量	9.5	5.1	7.14	6.9~7.1	2.8~4.0	3.90	7.59
蛋白质含量	4.3	4.4	5.0	4.3~4.8	2.8~4.0	3.40	4.86
灰分含量	0.9	0.8	0.8	—	0.6~0.8	0.86	0.85
乳糖含量	< 4.3	< 4.4	5.0	—	4.6~4.9	4.75	4.74

注：“—”表示未检测，无具体数值。下同。

差不多。综合分析牦牛乳和牦牛酸乳的理化指标来看，牦牛鲜乳及其发酵乳品成分较特殊，比牛乳含有更高的脂肪、粗蛋白、乳糖和干物质，而牦牛酸乳与普通酸奶相比则具有较低的pH值和较高的乳酸含量^[5-7]。

1.2 蛋白质

蛋白质的多样性以及其结构的复杂性决定了它是最复杂的组分。它包括各类蛋白质、功能性多肽以及乳制品所特有的乳清蛋白等。而牦牛乳及牦牛酸乳中蛋白质含量(4.3%~5.0%)均高于荷斯坦牛乳(2.8%~4.0%)和黄牛乳(3.4%)。对于不同海拔、不同牧场草地资源及不同品种的牦牛，其蛋白质在理化特性方面仍有较大差异，包括氨基酸组成及蛋白质种类等方面^[14]。

1.2.1 氨基酸

表2 青海湖区牦牛乳及牦牛酸乳中氨基酸含量^[15]
Table 2 Amino acids contents of yak milk and yoghurt from Qinghaihu lake area

Qinghaihu lake area			g/100g		
氨基酸种类	牦牛乳	牦牛酸乳	氨基酸种类	牦牛乳	牦牛酸乳
天冬氨酸(Asn)	0.30	0.30	酪氨酸(Tyr)	0.19	0.19
苏氨酸(Thr)	0.16	0.16	苯丙氨酸(Phe)	0.19	0.20
丝氨酸(Ser)	0.17	0.18	赖氨酸(Lys)	0.36	0.36
谷氨酸(Gln)	0.90	0.89	组氨酸(His)	0.11	0.11
甘氨酸(Gly)	0.08	0.08	精氨酸(Arg)	0.17	0.16
丙氨酸(Ala)	0.14	0.15	脯氨酸(Pro)	0.36	0.37
胱氨酸(Cys)	0.04	0.03	色氨酸(Trp)	0.04	0.04
缬氨酸(Val)	0.26	0.26	亮氨酸(Leu)	0.38	0.37
蛋氨酸(Met)	0.10	0.09	必需氨基酸	1.7	1.69
异亮氨酸(Ile)	0.21	0.21	总和	4.16	4.14

由表2可知，以青海湖区牦牛乳及牦牛酸乳为例，在18种氨基酸中谷氨酸的含量最高，分别占牦牛乳和牦牛酸乳的21.6%和21.5%；天冬氨酸、缬氨酸、赖氨酸、脯氨酸以及亮氨酸的含量也相对较高。必需氨基酸分别占牦牛乳和牦牛酸乳总氨基酸含量的40.9%和40.8%。对比两种乳的18种氨基酸含量来看，牦牛乳发酵成牦牛酸乳的过程中，各类氨基酸含量基本没有发生较大变化，这说明牦牛乳经乳酸菌发酵成牦牛酸乳对氨基酸的含量基本没有影响。

1.2.2 牦牛乳酪蛋白

酪蛋白是乳中的主要蛋白质，一般占总蛋白的76%~86%，包括 α -、 β -、 γ 酪蛋白和 κ 酪蛋白，在等电点范围之外，牦牛酪蛋白具有较理想的溶解性、乳化性、起泡性，其功能特性受pH值、温度影响较显著^[16]。血管紧张素转换酶(angiotensin converting enzyme, ACE)是一种非特异性羧肽酶，分布在肺组织和外周血管组织中，研究表明，ACE对血压调节起着重要作用，抑制ACE活性对降低高血压有着积极影响^[17]。Jiang等^[18]研究发现牦牛奶中的酪蛋白可水解产生6种多功能活性多肽，他们均具ACE酶抑制活性。Mao等^[19-20]对这些多肽的ACE酶抑制活性的强度进行了进一步研究，并测出了其氨基酸组成。Sun等^[21]发现了牦牛乳样品中的血管紧张素ACE酶抑制活性以及 γ -氨基丁酸(GABA)并进行了分析，同比商业酸乳，在西藏的牦牛酸乳中其 γ -氨基丁酸自由氨基酸含量与ACE酶抑制活性具有显著相关性，这使得它对抑制高血压有很好的效果，因此使牦牛乳和牦牛酸乳作为一种功能性食品成为可能，且酪蛋白的水解产物中不仅含有多种复合物^[22-23]，有一定潜在营养价值；研究表明，牦牛酪蛋白水解物还可以用于介导细胞免疫，有一定医用价值^[24-25]。总之，对于酪蛋白与其水解产物的空间结构和功能以及酪蛋白在乳制品中产率与乳制品品质的关系都有待进一步研究。

1.2.3 乳清蛋白

表3 西藏牦牛乳中不同泌乳阶段牦牛乳清蛋白的组成^[26]
Table 3 Whey protein composition of yak milk from Tibetan area at different lactation stages^[26]

泌乳阶段	样本数	α -La含量/%	β -Lg含量/%	Ig含量/%	SA含量/%
初乳第1天	9	6.5 ± 4.5	12.9 ± 3.2	71.5 ± 10.8	6.4 ± 2.6
泌乳中期	50	15.2 ± 4.3	41.9 ± 5.6	35.8 ± 7.6	6.8 ± 2.9
半奶牦牛	16	11.3 ± 4.6	44.2 ± 3.8	39.1 ± 8.7	5.2 ± 1.5
泌乳后期	20	10.4 ± 3.6	35.1 ± 5.8	31.4 ± 6.5	15.8 ± 4.9
泌乳末期	18	6.4 ± 0.9	29.2 ± 4.1	36.4 ± 7.0	10.9 ± 3.2

乳清蛋白是乳去除酪蛋白后分离出来的乳清中所含的蛋白质，包括 β -乳球蛋白(β -Lg)、 α -乳清蛋白(α -La)、免疫球蛋白(Ig)和血清蛋白(SA)。从表3来看，各组分比例会随泌乳时间变化而变化，在泌乳第1天，Ig含量最高，达70%左右，说明分娩对乳清蛋白组成

有一定影响。研究乳清蛋白的组成可以更好地了解牦牛乳的营养价值以及乳清蛋白的开发利用;目前对牦牛酸乳中乳清蛋白的研究还较少,所得数据也不多。

1.3 维生素及矿物质

白牦牛乳是天祝牧区特有的牦牛乳产品,具有很高的营养价值(特别是维生素)及研究意义。从表4可以看出,白牦牛乳中VC含量最高而VB₁₁含量最低,VA、VB和VE平均含量均高于荷斯坦牛乳中的含量(VA为32μg/100mL,VE为91.0μg/100mL)^[27-28],且VC含量明显高于普通牛乳中VC含量(2000μg/100mL)^[29],这可能是与天祝白牦牛放牧地区的天然牧草资源有关。相比牛乳及牦牛乳中矿物质含量,从表5可以看出,牦牛乳中含有更丰富的Ca,而K和Mg的含量则低于牛乳,且均表现为高K低Na的特点。对于微量元素而言,牦牛乳中Cd与Cr含量均大大高于牛乳,而Al的含量相差不大(表6);且不同泌乳阶段以及不同地区的牧草资源对牦牛乳中矿物质含量均有一定影响^[30]。总的来说,牦牛乳是富含多种人体所需微量元素的安全绿色食品^[31-32],但国内目前对牦牛乳中维生素以及矿物质的研究较少,需进一步加大研究力度;对牦牛酸乳的该方面研究几乎还是空白,研究空间极大。

表4 甘肃天祝牧区白牦牛乳中维生素的含量

Table 4 Vitamin composition of yak milk from Tianzhu area in Gansu
μg/100mL

维生素	VA	VB ₁	VB ₂	VB ₃	VB ₅	VB ₆	VB ₁₁	VC	VE
牦牛乳	44.458	34.705	179.963	345.587	84.835	47.481	4.816	3446	98.527

表5 牦牛乳中与牛乳矿物质元素的浓度比较^[33]

Table 5 Comparison of mineral element concentrations of yak milk and common bovine milk^[33]
mmol/L

矿物质元素	K	Na	Ca	P	Mg
牦牛乳(四川龙日地区麦洼牦牛)	27.61 ± 3.39	20.83 ± 3.42	36.79 ± 8.47	24.78 ± 6.72	2.52 ± 0.50
牛乳	38.36	21.74	29.93	30.65	4.94

表6 牦牛乳与牛乳中几种微量元素的含量比较^[34]

Table 6 Comparison of trace element contents of yak milk and common bovine milk^[34]
μg/g

微量元素	Ag	Al	Cd	Cr
牦牛乳(青海祁连地区牦牛)	0.131 ± 0.056	0.414 ± 0.087	0.305 ± 0.014	0.433 ± 0.028
牛乳	—	0.340	0.00066	0.006

1.4 乳脂肪及脂肪酸

研究人员对甘肃(白牦牛)、甘南(玛曲牦牛)、青海(天峻牦牛)等地区的牦牛乳及牦牛酸乳研究发现:乳脂肪是牦牛乳及牦牛酸乳中重要组成成分(5%左右)^[35-37],以脂肪球的形式存在于乳中,就牦牛乳及牦牛酸乳而言,其脂肪酸的种类(包括饱和脂肪酸、单不饱和脂肪

酸、多不饱和脂肪酸和功能性脂肪酸)多于其他牛乳,特别是功能性脂肪酸。牛乳中功能性脂肪酸总量约为10%,比牛乳高出3%;除亚油酸外其他功能性脂肪酸都是牛乳2倍以上且含有牛乳中所不具有的EPA、DHA^[38]。对牦牛酸乳以及脂肪酸组成和共轭亚油酸含量分析^[39]来看,牦牛酸乳在制作过程中对脂肪酸组成^[40]的影响不大,牦牛酸乳和牦牛奶中各种脂肪酸比例基本接近,相对比例较高的主要有豆蔻酸、棕榈酸、油酸和硬脂酸,另外还有微量有机酸如乙酸、柠檬酸和痕量的甲酸、苹果酸、琥珀酸及丙酸^[41]。值得注意的是牦牛酸乳中共轭亚油酸(conjugated linoleic acid, CLA)明显高于普通牛乳和酸乳^[42],使牦牛酸乳在保健方面更有潜力。共轭亚油酸是一种能够降低人体胆固醇,低密度脂蛋白和甘油三酯、抗动脉粥样硬化、调节血糖、提高骨密度、强化肌肉组织、减少脂肪堆积、增强免疫力的功能活性分子^[43]。

1.5 核苷酸

此外,邝良德等在四川红原麦洼牦牛酸乳中检出微量的胞嘧啶核苷酸(CMP)和次黄嘌呤核苷酸(IMP)^[44],但这两种核苷酸在牦牛乳中未检测到。核苷酸在人体内参与很多重要生理功能不仅影响免疫系统^[45],外源核苷酸不仅能加速肠细胞的分化、生长与修复,而且可以改变肠道微生物生长及类型,抑制有害菌的生长;另外,核苷酸还有抗氧化作用,IMP还具有呈味作用,能显著提高食品风味及鲜度,因此牦牛酸乳中检测到少量的核苷酸对提高牦牛酸乳保健价值也有一定意义。

1.6 乳酸菌的益生功能

目前对牦牛乳以及牦牛酸乳中乳酸菌的研究越来越多,对乳酸菌的益生功能^[46-49]也逐渐了解,就乳酸菌是否还具有其他益生功能以及如何筛选出具有优良性状的菌株,开发新型发酵剂并应用于生产实践还有待继续探究。

2 结 语

目前对牦牛乳以及牦牛酸乳的研究尚处于起步阶段,主要是对牦牛乳的营养成分、蛋白质及脂肪组成及结构等方面进行研究,但对牦牛乳中的维生素和矿物质含量以及其功能性物质如蛋白质中的酪蛋白和乳清蛋白,不饱和脂肪酸、核酸等研究还较少。且当前对牦牛酸乳的相关营养价值的研究和开发一直未得到应有的重视。当下乳制品市场上对酸乳的开发和利用已经达到瓶颈,主要是停留在改进加工工艺以及口感风味等方面,如能够从原料上使用牦牛乳进行生产,不断改进加工工艺^[50],开发复合型酸奶^[51-52],改善牦牛乳中乳脂味重的问题,所得到的牦牛酸乳以其纯天然无污染,且比一般酸乳具有更高的营养价值及保健功能,必将在未来乳品市场中占有重要地位。

参考文献:

- [1] SHENG Qinghai, LI Jiancai, ALAM M S. Gross composition and nutrient profiles of Chinese yak (Maiwa) milk[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2008, 43(3): 568-572.
- [2] 李学荣, 孟海波, 张丽霞, 等. 雪域高原牦牛奶的开发研究与可持续发展[J]. 中国奶牛, 2011(9): 6-7.
- [3] LI Haimei, MA Ying, LI Qiming. The chemical composition and nitrogen distribution of Chinese yak (Maiwa) milk[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011, 12(8): 4885-4895.
- [4] 阎萍, 潘和平. 牦牛乳业的开发与利用[J]. 中国乳业, 2004(7): 75-79.
- [5] WU Xiaohu, LUO Zhang, YU Li, et al. A survey on composition and microbiota of fresh and fermented yak milk at different Tibetan altitudes [J]. Dairy Sci Technol, 2009, 89(2): 201-209.
- [6] ZHANG Heping, XU Jie, WANG Junguo, 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.
- [7] CHEN Yongfu, SUN Tiansong, WANG Jicheng, et al. Comparison of nutrition and microbiological compositions between two types of fermented milk from Tibet in China[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2009, 60(7): 243-250.
- [8] 彭豪峰, 谈重芳. 青海湖地区几种乳制品营养成分的初步研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(8): 3234-3235.
- [9] 徐杰. 青海部分地区自然发酵牦牛奶的化学与微生物组成分析及乳酸菌的分离鉴定[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [10] BO Haibo. Composition of fatty acids in yak's milk fat produced in different altitude grasslands of Qinghai-Tibetan Plateau in China using gas chromatography/mass spectrometer[C]. The Northwest Region of the Fifth Chromatographic Academic Report, 2008.
- [11] 罗章, 史有国, 于莉, 等. 西藏发酵牦牛乳微生物相与理化指标初探[J]. 中国酿造, 2005(10): 40-41.
- [12] 于莉, 罗章, 孟云. 西藏地区牦牛乳理化与微生物相指标的检测分析[J]. 中国乳品工业, 2006, 34(9): 8-11.
- [13] 李海梅, 何胜华, 刘天一. 牦牛乳物理化学特性的研究进展[J]. 中国乳品工业, 2009, 37(8): 35-40.
- [14] LI Haimei, MA Ying, DONG Aijun, et al. Protein composition of yak milk[J]. Dairy Sci Technol, 2010, 90(1): 111-117.
- [15] 彭豪峰, 谈重芳. 青海湖区牦牛乳制品的微生物区系和营养成分的初步研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 225-227.
- [16] 李旭敏, 曹劲松, 高建华. 牦牛酪蛋白理化及功能特性的研究[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(9): 17-20.
- [17] 蒋菁莉. 牦牛乳酪蛋白降血压肽酶法制备及功能评价[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [18] JIANG Jingli, CHEN Shangwu, REN Fazheng, et al. Yak milk casein as a functional ingredient: preparation and identification of angiotensin- I-converting enzyme inhibitory peptides[J]. Journal of Dairy Research, 2007, 74(1): 18-25.
- [19] MAO Xueying, NI Jinren, SUN Weiling, et al. Value-added utilization of yak milk casein for the production of angiotensin- I -converting enzyme inhibitory peptides[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1282-1287.
- [20] MAO Xueying, CHENG Xue, WANG Xu. Free-radical-scavenging and anti-inflammatory effort of yak milk casein before and after enzymatic hydrolysis[J]. Food Chemistry, 2011, 126(2): 484-490.
- [21] SUN Tiansong, ZHAO Shuping, WANG Haikuan, et al. ACE-inhibitory activity and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of naturally fermented milk from Tibet[J]. Milchwissenschaft, 2009, 64(2): 131-134.
- [22] WANG Xu, LI Ming, LI Min, et al. Preparation and characteristics of yak casein hydrolysate-iron complex[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46(8): 1705-1710.
- [23] WANG X, ZHOU J, TONG P S, et al. Zinc-binding capacity of yak casein hydrolysate and the zinc-releasing characteristics of casein hydrolysate-zinc complexes[J]. Journal of Dairy Science, 2011, 94(6): 2731-2740.
- [24] MAO Xueying, REN Fazheng, LI Yinghui, et al. Comparison of the lymphoproliferation activity of yak milk casein hydrolysates hydrolyzed by microbial-derived and animal-derived proteinase[J]. Journal of Food Biochemistry, 2007, 31(3): 289-299.
- [25] MAO X Y, YANG H Y, SONG J P, et al. Effect of yak milk casein hydrolysate on Th1/Th2 cytokines production by murine spleen lymphocytes *in vitro*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(3): 638-642.
- [26] 王永, 龙虎. 西藏牦牛乳营养成分及乳清蛋白组成的研究[J]. 中国畜牧杂志, 1998, 34(5): 22-23.
- [27] 常海军, 甘伯中, 刘长英, 等. 高效液相色谱法测定白牦牛乳中VA和VE的含量[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42(2): 108-111.
- [28] 常海军, 王强, 周文斌, 等. 高效液相色谱法测定白牦牛乳B族维生素的方法研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(2): 119-123.
- [29] 和燕玲, 景志忠. 高效液相色谱法测定白牦牛乳中VC的含量[J]. 中兽医医药杂志, 2009, 28(6): 33-35.
- [30] 郑玉才, 胡小成, 钟光辉, 等. 不同泌乳阶段牦牛乳中几种矿物质的含量[J]. 中兽医医药杂志, 2001, 3(2): 8-10.
- [31] 张玉玉, 唐善虎, 徐进勇, 等. 冷冻干燥/微波消解/ICP-MS法测定牦牛乳中的微量元素[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 356-358.
- [32] SUN Wangcheng, SERGIO G, LUO Yihao, et al. Macro and micro elements profile of yak (*Bos grunniens*) milk from Qilian of Qinghai plateau[J]. Italian Journal of Animal Science, 2012, 11(2): 180-183.
- [33] 胡小成, 郑玉才, 邝光荣. 牦牛乳中Ca、K、Mg、P的含量[J]. 西南民族学院学报: 自然科学版, 1996(4): 425-427.
- [34] SUN Wancheng, LUO Yihao, MA Haiqing. Preliminary study of metal in Yak (*Bos grunniens*) milk from Qilian of the Qinghai Plateau[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2011, 86(6): 653-656.
- [35] AKBAR N. Science of camel and yak milks: human nutrition and health perspectives[J]. Food and Nutrition Sciences, 2011, 2(6): 667-673.
- [36] 席斌, 李维红, 高雅琴. 不同地区牦牛乳营养成分比较研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 1045-1046.
- [37] HE Shenghua, MA Ying, WANG Jia, et al. Milk fat chemical composition of yak breeds in China[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, 24(2): 223-230.
- [38] 喻峰, 熊华. 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.
- [39] 金素钰, 龚卫华. 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(6): 794-796.
- [40] 朱喜艳, 曹旭敏, 武田博. 青海牦牛与日本牛动物性脂肪酸含量比较分析[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2005, 35(4): 16-17.
- [41] 陈永福, 王记成, 云振宇, 等. 高效液相色谱法测定传统发酵乳中的有机酸组成[J]. 中国乳品工业, 2007, 35(1): 54-58.
- [42] LIN H, BOYLSTON T D, CHANGM J, et al. Survey of conjugated linoleic acid contents of dairy products[J]. J Dairy Sci, 1992, 75(11): 2358-2365.
- [43] 朱喜艳. 青海牧区传统乳制品营养成分浅析[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2010, 40(4): 60-61.
- [44] 邝良德, 金素钰. 高效液相色谱法检测牦牛乳和牦牛酸奶中的核苷酸[J]. 西南民族大学学报: 自然科学版, 2008, 36(6): 1178-1181.
- [45] SCHALLER J P, KUCHAN M J, THOMAS D L, et al. Effect of dietary ribonucleotides on infant immune status[J]. Pediatr Res, 2004, 56(6): 883-890.
- [46] 焦月华, 张兰威. 酸牦牛乳中乳酸菌降胆固醇作用及胆盐耐受性研究[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(2): 6-12.
- [47] 李银聪. 自然发酵酸牦牛奶的微生物区系及其抗氧化活性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [48] LUO Fan, FENG Su, SUN Qun, et al. Screening for bacteriocin-producing lactic acid bacteria from kurut, a traditional naturally-fermented yak milk from Qinghai-Tibet plateau[J]. Food Control, 2011, 22(1): 50-53.
- [49] KIMOTO H, NOMURAI M, KOBAYASHI M, et al. Identification and probiotic characteristics of lactococcus strains from plant materials[J]. Japan Agricultural Research Quarterly, 2004, 38(2): 111-117.
- [50] 黄友鹰, 伍红. 牦牛酸奶的加工工艺[J]. 西南民族大学学报: 自然科学版, 1998, 24(1): 58-60.
- [51] 方江平, 钟症昌. 白青杠牦牛酸奶的研制[J]. 中国乳品工业, 2009, 37(6): 62-64.
- [52] 相炎红, 刘晓风. 红枣牦牛酸奶的工艺研究[J]. 中国食品工业, 2011(1): 68-69.