

# 不同品种原料乳理化特性分析

梁 霄, 刘 鹭, 张书文, 孙 琦, 吕加平\*

(中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工重点实验室, 北京 100193)

**摘 要:** 主要分析荷斯坦牛、牦牛、娟珊牛、摩拉水牛、尼里-拉菲水牛、I代杂交水牛、高代杂交水牛等7个品种的原料乳的常规营养成分, 并对原料乳中蛋白质和氨基酸组成及牛乳缓冲能力进行测定。结果显示: 摩拉水牛、尼里-拉菲水牛、I代杂交水牛和高代杂交水牛的乳脂肪含量分别为6.86%、7.99%、8.34%、8.69%, 蛋白质含量分别为5.75%、5.14%、5.78%、5.58%, 干物质含量分别为17.07%、18.79%、19.73%、19.88%, 显著高于其他3种牛乳; 牦牛和娟珊牛乳中乳糖含量分别为5.09%、5.17%, 显著高于其他5种牛乳。SDS-PAGE显示: 水牛乳中除含有牛乳血清蛋白(BSA)、 $\alpha$ -酪蛋白( $\alpha$ -CN)、 $\beta$ -酪蛋白( $\beta$ -CN)、 $\kappa$ -酪蛋白( $\kappa$ -CN)、 $\beta$ -乳球蛋白( $\beta$ -Lg)和 $\alpha$ -乳白蛋白( $\alpha$ -La)主要蛋白外, 还含有一些未定性蛋白; 且水牛乳具有最好的缓冲性能, 其次是牦牛乳和娟珊牛乳, 荷斯坦牛乳缓冲性能最差。

**关键词:** 牛奶; 营养成分; 缓冲能力; 氨基酸

## Analysis of Physico-chemical Properties of Raw Milk of Cattle, Buffalo and Yak

LIANG Xiao, LIU Lu, ZHANG Shu-wen, SUN Qi, LÜ Jia-ping\*

(Key Laboratory of Agro-products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract:** In this study, proximate nutrients of raw milk of Holstein, yak, Jersey cattle, Murrah buffalo, Nili-Ravi buffalo, hybrid F1 buffalo and multiple-generation hybrid buffalo were analyzed, and the contents of proteins and amino acids as well as the buffer capacity of milk was determined. The results showed that the fat, protein and total solid contents in Murrah, Nili-Ravi, hybrid F1 and multiple-generation hybrid buffalo milk were 6.86%, 7.99%, 8.34%, 8.69%, 5.75%, 5.14%, 5.78%, 5.58%, and 17.07%, 18.79%, 19.73% and 19.88%, respectively, all of which were significant higher than those in another three kinds of raw milk. The lactose contents of yak and Jersey were 5.09% and 5.17%, which were significantly higher than those in another five kinds of raw milk. SDS-PAGE showed that milk protein in buffalo had unknown bands except BSA,  $\alpha$ -CN,  $\beta$ -CN,  $\kappa$ -CN,  $\beta$ -Lg and  $\alpha$ -La. The buffalo milk revealed the best buffer capacity, which was followed by yak and Jersey milk, and Holstein milk exhibited the lowest buffer capacity.

**Key words:** milk; nutrient composition; buffer capacity; amino acid

中图分类号: TS252.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)05-0050-05

原料乳营养成分的组成是评价乳品品质的重要指标, 它不仅决定着牛乳的营养价值, 而且在一定程度上影响着乳制品的加工特性。原料乳营养成分受到奶牛的胎次、年龄、饲料、泌乳期和品种等多种因素的影响<sup>[1]</sup>。荷斯坦牛、娟珊牛、牦牛和水牛均为我国优良的奶牛品种, 其乳成分有不同的特性。荷斯坦奶牛因其产奶量高, 生产性能稳定成为世界上饲养数量最多、使用数量最大的奶牛品种; 娟珊牛因其较高的乳脂率和乳蛋白率而闻名于世<sup>[2]</sup>。

我国牦牛和水牛的存栏数分别为1400万头和2168万

头<sup>[3-4]</sup>, 且牦牛乳和水牛乳营养丰富, 其脂肪、蛋白质、干物质等含量均显著高于荷斯坦牛乳, 因此受到越来越多的业内人士关注。国内外学者对牦牛乳和水牛乳理化成分进行了分析, 研究了不同地区<sup>[5]</sup>、不同代次<sup>[6-7]</sup>和不同品种<sup>[8]</sup>的牦牛乳及水牛乳的营养成分, 并与荷斯坦牛乳的相应成分进行了比较<sup>[10]</sup>。本研究对我国北京地区荷斯坦牛乳、甘肃地区牦牛乳和广西地区水牛乳、娟珊牛乳的常规营养成分及蛋白质种类、氨基酸组成进行分析测定, 并对测定结果进行比较。此外, 牛乳缓冲能力可影响产品加工过程中的pH值, 进而影响酸乳和干酪发酵等的理化性质, 因此

收稿日期: 2011-11-30

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903043); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2012ZL034);

“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD29B03); 奶牛产业技术体系北京市创新团队项目

作者简介: 梁霄(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品微生物与发酵工程。E-mail: xiaoxiao0176@163.com

\*通信作者: 吕加平(1963—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为食品微生物与发酵和乳品科学。E-mail: lvjp586@vip.sina.com

本实验对7种牛乳的缓冲能力进行考察,为进一步研究、开发和利用牦牛、水牛及娟珊牛乳提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

2011年8月到9月分别赴甘肃和广西采集牦牛乳、娟珊牛乳、水牛乳(摩拉水牛、尼里-拉菲水牛、I代杂交水牛和高代杂交水牛),荷斯坦原料乳采自北京地区,共采集样品105份(15×7)。供试牛体健康、生长发育正常,每天采集奶样两次,每次约100mL,加入防腐剂,放入(0±1)℃保温箱内带回实验室检测。

纯净水、浓硫酸、过氧化氢、乙酸镁、异戊醇、氧化铜、十二烷基磺酸钠(SDS)、甘氨酸、丙烯酰胺、聚丙烯酰胺、三羟甲基氨基甲烷(Tris)、过硫酸铵、 $\beta$ -巯基乙醇(TEMED)均为分析纯;盐酸、硝酸为优级纯;氨基酸标准品 日本日立公司;钙、镁、磷标准品 美国Sigma公司;低分子质量蛋白Marker 美国GE Healthcare公司。

### 1.2 仪器与设备

YQ1-21乳成分测定仪、FOSS2300全自动凯氏定氮仪 丹麦Foss公司;L-8900日立全氨基酸分析仪;EPS301电泳仪 美国GE Healthcare公司;Mini VE电泳槽 美国Amersham Biosciences公司;低温高速离心机 美国Sigma公司;pH计 瑞士Mettler Toledo公司;MDS-6型密闭微波消解仪 上海市新仪微波化学科技有限公司;UV2300紫外分光光度计 上海天美科学仪器有限公司;AA-6300原子吸收分光光度计 日本岛津公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 牛乳常规营养成分分析

采用YQ1-21乳成分测定仪测定荷斯坦牛乳、娟珊牛乳、牦牛乳中的蛋白质、脂肪酸、乳糖和干物质。水牛乳因其营养成分含量高,不适合用乳成分体细胞测定仪测定,故人工测定,具体方法如下:蛋白质:使用FOSS2300全自动凯氏定氮仪测定;脂肪:采用盖勃法测定,参照GB 5413.3—2010《婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定》<sup>[10]</sup>;干物质:恒质量法<sup>[11]</sup>。

#### 1.3.2 矿物质元素测定

参照GB 5413.21—2010《婴幼儿食品和乳品中钙、铁、锌、钠、钾、镁、铜和锰的测定》<sup>[12]</sup>,GB/T 5009.87—2003《食品中磷的测定》<sup>[13]</sup>。总钙和总镁的测定采用火焰原子吸收法,总磷测定采用磷钼蓝分光光度法。

#### 1.3.3 缓冲能力测定

参照文献[9],取不同品种原料乳样品各6mL,分别添加浓度为1mol/L,体积为0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7mL硝酸,测定其pH值。

#### 1.3.4 乳蛋白质SDS-PAGE测定

样品前处理:牛乳样品在3500r/min、4℃条件下离心10min脱脂,将脱脂后乳样稀释4倍并与5×样品缓冲液按1:1混合。

SDS-PAGE电泳的凝胶和缓冲液体系参照郭尧君<sup>[14]</sup>的方法。采取12%分离胶,4%浓缩胶,上样量为6 $\mu$ L。电泳先在50V恒压进行,待条带进入分离胶后换100V恒压进行。电泳结束后用考马斯亮蓝G-250染色0.5h,并用甲醇-冰醋酸溶液(甲醇、冰醋酸、蒸馏水体积比100:100:800)脱色至背景清晰<sup>[15]</sup>。

#### 1.3.5 氨基酸测定

精确称取约1.5g(精确到0.1mg)牛乳,加入10mL 6mol/L HCl后放入25mL水解管中,充氮密封,置于110℃烘箱内水解(24±1)h。水解后将水解液过滤并定容至25mL容量瓶中(用纯净水),取1mL稀释液并用氮吹。待液体挥干后用0.02mol/L HCl定容至5mL,过滤后上机测定,上样量为1 $\mu$ L。

#### 1.3.6 数据分析

用SAS8.0软件对数据进行ANOVA分析,结果表示为 $\bar{x} \pm s$ ,当 $P < 0.05$ 为具有显著差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 牛乳常规营养成分分析

#### 2.1.1 不同品种牛乳的脂肪含量分析

表1 不同品种牛乳常规营养成分含量  
Table 1 Proximate nutrients of raw milk

品种	脂肪含量/%	蛋白质含量/%	乳糖含量/%	干物质含量/%
荷斯坦牛	3.70±0.05 <sup>d</sup>	3.15±0.02 <sup>f</sup>	4.59±0.05 <sup>ab</sup>	12.24±0.26 <sup>c</sup>
牦牛	4.01±0.16 <sup>cd</sup>	3.64±0.08 <sup>e</sup>	5.09±0.02 <sup>a</sup>	13.54±0.14 <sup>d</sup>
娟珊牛	5.02±0.10 <sup>c</sup>	4.24±0.06 <sup>d</sup>	5.17±0.02 <sup>a</sup>	15.21±0.05 <sup>c</sup>
摩拉水牛	6.86±0.33 <sup>b</sup>	4.75±0.09 <sup>c</sup>	4.60±0.15 <sup>b</sup>	17.07±0.36 <sup>ab</sup>
尼里-拉菲水牛	7.99±0.66 <sup>a</sup>	5.14±0.21 <sup>bc</sup>	4.74±0.24 <sup>ab</sup>	18.79±0.64 <sup>ab</sup>
I代杂交水牛	8.34±0.54 <sup>a</sup>	5.78±0.23 <sup>a</sup>	4.59±0.24 <sup>b</sup>	19.73±0.54 <sup>a</sup>
高代杂交水牛	8.69±0.48 <sup>a</sup>	5.58±0.14 <sup>ab</sup>	4.45±0.28 <sup>b</sup>	19.88±0.74 <sup>a</sup>

注:同列不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

由表1可知,4种水牛乳的脂肪含量分别为6.86%、7.99%、8.34%、8.69%,与文献[16]中水牛乳的脂肪含量6%~12%相符,均显著高于其他3种牛乳。杂交水牛乳中脂肪含量高于纯种尼里-拉菲水牛乳和摩拉水牛乳;娟珊牛乳脂率为5.02%,与文献[2]值一致,显著高于牦牛乳和本地荷斯坦牛乳的脂肪含量,牦牛乳脂肪含量略高于荷斯坦牛乳。

曾庆坤等<sup>[6]</sup>的研究表明,I代杂交水牛、高代杂交水牛、尼里-拉菲水牛和摩拉水牛的乳中脂肪含量依次降低,与本实验结果略有不同,这是因为牛乳脂肪含量会受到奶牛胎次、季节、饲料、地域等多因素影响。水牛

乳脂肪含量高, 适于奶油、奶酪、配方奶粉等乳制品的加工, 但在加工时应适当调整脂肪含量, 使产品的感官和风味更佳<sup>[17]</sup>。

### 2.1.2 不同品种牛乳中蛋白质含量分析

高蛋白质含量能提高干酪产量。Guinee等<sup>[18]</sup>曾用添加乳蛋白浓缩物(MPC)及超滤浓缩的方法提高原料乳中蛋白质含量, 并用其制作切达干酪, 结果显示用高蛋白质含量乳制作出的干酪产量显著高于正常乳制作的干酪。Francolino等<sup>[19]</sup>用添加MPC的牛乳制作莫扎里拉干酪, 使干酪产量提高了2.9%。

由表1可知, I代杂交水牛、高代杂交水牛和尼里-拉菲水牛乳的蛋白质含量均在5.0%之上, 显著高于其他4种牛乳; 摩拉水牛乳蛋白质含量为4.75%, 显著高于其他3种非水牛乳; 娟珊牛乳蛋白质含量显著高于牦牛乳; 荷斯坦牛乳蛋白率最低。

### 2.1.3 不同品种牛乳的乳糖含量分析

由表1可知, 娟珊牛和牦牛乳的乳糖含量最高, 荷斯坦牛和尼里-拉菲水牛乳次之, 摩拉水牛、I代杂交水牛和高代杂交水牛乳中的含量最低。总的来说, 几种牛乳的乳糖含量差别不大, 与文献[15, 20]报道接近。本实验结果显示原料乳中乳糖含量与蛋白质含量呈负相关, 二者具有协同调节乳腺渗透压的作用, 文献[8]中有类似的报道。

### 2.1.4 不同品种牛乳的干物质含量分析

据文献[4]报道, 水牛乳中干物质含量在16%~23%之间, 与本研究结果一致。由表1可知, 4种水牛乳干物质含量由高到低为高代杂交水牛、尼里-拉菲水牛、I代杂交水牛及摩拉水牛。干物质含量与脂肪及蛋白质含量均成正相关, 娟珊牛乳和牦牛乳较荷斯坦牛乳含较高的蛋白质和脂肪, 所以干物质含量也显著高于荷斯坦牛乳。

### 2.2 不同品种牛乳矿物质元素分析

表2 不同品种牛乳的矿物质含量  
Table 2 Minerals in raw milk

品种	总镁含量/ (mg/100mL)	总钙含量/ (mg/100mL)	总磷含量/ (mg/100mL)	钙、磷 含量比
荷斯坦牛	13.36±0.37 <sup>d</sup>	91.02±1.32 <sup>c</sup>	93.05±4.11 <sup>d</sup>	0.98
牦牛	10.43±0.18 <sup>e</sup>	115.78±1.71 <sup>d</sup>	100.88±3.38 <sup>d</sup>	1.15
娟珊牛	16.68±0.17 <sup>c</sup>	137.47±0.63 <sup>c</sup>	92.64±0.59 <sup>d</sup>	1.48
摩拉水牛	17.74±0.34 <sup>ab</sup>	198.61±5.47 <sup>a</sup>	116.93±4.69 <sup>c</sup>	1.70
尼里-拉菲水牛	18.28±0.27 <sup>a</sup>	182.18±8.02 <sup>b</sup>	132.83±2.84 <sup>ab</sup>	1.37
I代杂交水牛	17.72±0.27 <sup>b</sup>	195.05±3.37 <sup>a</sup>	121.13±7.32 <sup>c</sup>	1.61
高代杂交水牛	18.54±0.41 <sup>a</sup>	200.72±5.47 <sup>a</sup>	140.74±4.14 <sup>a</sup>	1.43

由表2可知, 4种水牛乳的总钙、总镁、总磷含量均显著高于( $P<0.05$ )其他3种非水牛乳。其中, 娟珊牛、牦牛和荷斯坦牛乳的钙含量依次降低, 且差异显著; 杂交水牛乳的钙含量高于摩拉水牛乳和尼里-拉菲水牛乳, 该结果与查得的文献[6]结果一致。娟珊牛乳的镁含量较牦牛乳和荷斯坦牛乳高, 牦牛乳的磷含量较娟珊牛乳和荷斯坦牛乳高。

充足的钙对骨健康有重要意义, 而膳食中钙磷比与骨密度呈正相关。当钙磷比为1:1~2:1时, 最有利于机体对钙磷的吸收, 防止骨质疏松症状的发生<sup>[21]</sup>; 机体镁含量降低会引起血钙降低, 从而导致人体骨质疏松症。而水牛乳不仅含有丰富的钙、磷、镁, 且钙磷比在1.3~1.6间, 有利于人体利用, 是一种很好的钙补充剂。

### 2.3 不同品种牛乳缓冲能力分析

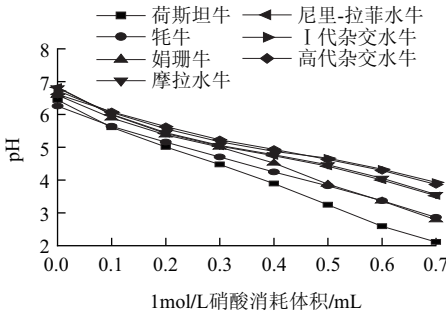


图1 不同品种牛乳的缓冲能力

Fig.1 Buffer capacity of raw milk

由图1可知, 当pH值下降至4.0时, 水牛乳所用硝酸体积为0.7mL左右, 牦牛和娟珊牛乳需要0.5mL硝酸, 而荷斯坦牛乳仅需要0.4mL硝酸。这说明, 7种牛乳对酸的缓冲能力不同, 荷斯坦奶牛乳的缓冲能力在7种牛乳样品中是最低的; 牦牛和娟珊牛原料乳次之, 水牛乳的缓冲能力最大。其中, I代杂交水牛和高代杂交水牛乳的缓冲能力比摩拉水牛和尼里-拉菲水牛乳略高。

缓冲能力的大小与营养成分含量成正比, 尤其是蛋白质含量<sup>[9]</sup>; 磷含量对缓冲能力有影响, 表现为高磷含量的牛乳缓冲能力强。缓冲能力控制着牛乳加工过程中的pH值。由于水牛乳的缓冲能力较好, 可以推测用水牛乳加工酸乳时, 所用的发酵时间要长于其他牛乳。

### 2.4 不同品种牛乳蛋白质组成分析

#### 2.4.1 不同品种牛乳蛋白质SDS-PAGE测定

由图2可知, 7种牛乳中均含有牛乳血清蛋白(BSA)、 $\alpha$ -酪蛋白( $\alpha$ -CN)、 $\beta$ -酪蛋白( $\beta$ -CN)、 $\kappa$ -酪蛋白( $\kappa$ -CN)、 $\beta$ -乳球蛋白( $\beta$ -lactoglobulin,  $\beta$ -Lg)和 $\alpha$ -乳白蛋白( $\alpha$ -lactalbumin,  $\alpha$ -La)6种主要蛋白质。荷斯坦牛乳、牦牛乳及娟珊牛乳中含有的蛋白种类较一致, 水牛乳的蛋白种类较复杂。11号样品在63~79kD处出现复杂的条带, 13、14号样品在分子量61kD附近出现未知蛋白条带, 未知蛋白质条带反映了本地牛与水牛杂交后的蛋白遗传多态性。在水牛乳SDS-PAGE中,  $\alpha$ -La条带下方及 $\beta$ -Lg和 $\alpha$ -La之间存在一些未知蛋白条带(图2中9、10、12、15号样品)。曾庆坤等<sup>[7]</sup>也有类似的研究报道称, 水牛乳 $\alpha$ -La蛋白与荷斯坦牛乳间存在一定差异, 即在水牛乳的 $\alpha$ -La中发现了变异体(称为变异A), 因此, 其中一条未知条带可能为变异A。



表4 不同牛乳氨基酸含量及所占比例  
Table 4 Amino acid composition of raw milk

氨基酸名称	荷斯坦牛		牦牛		娟珊牛		摩拉水牛		尼里-拉菲水牛		高代杂交水牛		I代杂交水牛	
	含量/(mg/g)	比例/%	含量/(mg/g)	比例/%	含量/(mg/g)	比例/%	含量/(mg/g)	比例/%	含量/(mg/g)	比例/%	含量/(mg/g)	比例/%	含量/(mg/g)	比例/%
天冬氨酸	2.19±0.14 <sup>c</sup>	7.03	2.62±0.28 <sup>bc</sup>	7.15	2.68±0.7 <sup>bc</sup>	7.09	2.7±0.12 <sup>bc</sup>	7.16	3.17±0.18 <sup>ab</sup>	7.17	3.46±0.73 <sup>ab</sup>	6.90	3.77±0.15 <sup>a</sup>	6.82
苏氨酸	1.26±0.23 <sup>c</sup>	4.05	1.57±0.21 <sup>bc</sup>	4.28	1.55±0.41 <sup>bc</sup>	4.10	1.60±0.10 <sup>bc</sup>	4.23	1.88±0.12 <sup>ab</sup>	4.24	2.08±0.41 <sup>ab</sup>	4.18	2.29±0.04 <sup>a</sup>	4.14
丝氨酸	1.59±0.05 <sup>c</sup>	5.11	1.93±0.28 <sup>bc</sup>	5.27	1.96±0.53 <sup>bc</sup>	5.19	1.89±0.11 <sup>bc</sup>	5.01	2.23±0.16 <sup>abc</sup>	5.03	2.41±0.49 <sup>ab</sup>	4.81	2.73±0.10 <sup>a</sup>	4.95
谷氨酸	7.06±0.10 <sup>c</sup>	22.63	8.71±1.14 <sup>bc</sup>	23.73	8.71±2.40 <sup>bc</sup>	23.04	8.80±0.48 <sup>bc</sup>	23.27	10.37±0.71 <sup>ab</sup>	23.41	11.06±2.30 <sup>ab</sup>	22.11	12.75±0.47 <sup>a</sup>	23.08
甘氨酸	0.56±0.14 <sup>b</sup>	1.88	0.70±0.07 <sup>b</sup>	1.91	0.68±0.18 <sup>b</sup>	1.81	0.69±0.03 <sup>b</sup>	1.83	0.81±0.07 <sup>ab</sup>	1.83	0.87±0.22 <sup>ab</sup>	1.72	1.01±0.06 <sup>a</sup>	1.75
丙氨酸	0.99±0.18 <sup>c</sup>	3.18	1.17±0.16 <sup>ab</sup>	3.17	1.23±0.34 <sup>ab</sup>	3.25	1.14±0.05 <sup>b</sup>	3.01	1.36±0.11 <sup>ab</sup>	3.07	1.47±0.35 <sup>ab</sup>	2.93	1.64±0.11 <sup>a</sup>	2.98
胱氨酸	0.56±0.02 <sup>a</sup>	1.80	0.67±0.03 <sup>a</sup>	1.83	0.58±0.03 <sup>a</sup>	1.45	0.64±0.06 <sup>a</sup>	1.72	0.64±0.04 <sup>a</sup>	1.52	0.67±0.06 <sup>a</sup>	1.33	0.66±0.01 <sup>a</sup>	1.19
缬氨酸	1.83±0.38 <sup>c</sup>	5.87	2.15±0.26 <sup>bc</sup>	5.86	2.20±0.54 <sup>bc</sup>	5.83	2.18±0.12 <sup>bc</sup>	5.77	2.56±0.19 <sup>abc</sup>	5.78	2.73±0.55 <sup>ab</sup>	5.48	3.16±0.11 <sup>a</sup>	5.71
蛋氨酸	0.77±0.11 <sup>d</sup>	2.46	0.81±0.13 <sup>cd</sup>	2.20	0.97±0.25 <sup>bcd</sup>	2.57	1.02±0.02 <sup>bcd</sup>	2.69	1.18±0.09 <sup>abc</sup>	2.67	1.26±0.25 <sup>ab</sup>	2.52	1.47±0.08 <sup>a</sup>	2.67
异亮氨酸	2.05±0.79 <sup>b</sup>	6.58	1.82±0.22 <sup>b</sup>	4.97	2.17±1.02 <sup>b</sup>	5.57	1.94±0.18 <sup>b</sup>	5.12	2.20±0.16 <sup>b</sup>	4.96	2.40±0.50 <sup>b</sup>	4.78	3.54±0.12 <sup>a</sup>	6.40
亮氨酸	1.38±0.95 <sup>d</sup>	2.17	1.65±1.14 <sup>cd</sup>	9.69	1.63±1.30 <sup>bcd</sup>	5.98	1.67±1.20 <sup>bcd</sup>	9.56	1.91±1.50 <sup>abc</sup>	9.67	2.06±1.70 <sup>ab</sup>	9.14	2.21±1.80 <sup>a</sup>	2.35
酪氨酸	4.10±0.52 <sup>b</sup>	13.14	1.78±0.21 <sup>b</sup>	4.87	3.76±3.10 <sup>b</sup>	9.15	1.86±0.09 <sup>b</sup>	4.92	2.23±0.15 <sup>b</sup>	5.04	2.36±0.46 <sup>b</sup>	4.72	7.38±0.40 <sup>a</sup>	13.36
苯丙氨酸	2.54±0.38 <sup>cd</sup>	8.14	1.71±0.20 <sup>d</sup>	4.68	3.17±0.93 <sup>bc</sup>	8.37	1.74±0.08 <sup>d</sup>	4.59	3.74±0.24 <sup>abc</sup>	8.46	4.05±0.99 <sup>ab</sup>	8.05	4.59±0.18 <sup>a</sup>	8.32
赖氨酸	0.71±0.13 <sup>a</sup>	2.27	2.84±0.40 <sup>a</sup>	7.75	0.84±0.20 <sup>a</sup>	2.27	2.72±0.17 <sup>a</sup>	7.20	0.97±0.07 <sup>a</sup>	2.18	4.70±5.40 <sup>a</sup>	8.06	1.21±0.04 <sup>a</sup>	2.19
组氨酸	0.75±0.06 <sup>d</sup>	2.41	1.91±1.58 <sup>a</sup>	5.02	0.89±0.21 <sup>cd</sup>	2.37	0.87±0.04 <sup>cd</sup>	2.32	1.03±0.07 <sup>bc</sup>	2.32	1.11±0.22 <sup>bc</sup>	2.22	1.28±0.04 <sup>ab</sup>	2.32
精氨酸	0.98±0.07 <sup>b</sup>	3.14	1.13±0.15 <sup>ab</sup>	3.09	1.18±0.31 <sup>ab</sup>	3.12	0.98±0.02 <sup>b</sup>	2.61	1.16±0.09 <sup>ab</sup>	2.62	1.27±0.31 <sup>ab</sup>	2.52	1.44±0.08 <sup>a</sup>	2.61
脯氨酸	2.65±0.29 <sup>c</sup>	8.50	3.38±0.41 <sup>bc</sup>	9.23	3.30±0.85 <sup>bc</sup>	8.74	3.41±0.16 <sup>bc</sup>	9.04	4.45±0.36 <sup>ab</sup>	10.01	4.22±0.75 <sup>ab</sup>	8.47	5.02±0.25 <sup>a</sup>	9.09
EAA/TAA/%	31.54±2.40 <sup>c</sup>		39.42±1.27 <sup>ab</sup>		34.65±4.50 <sup>c</sup>		39.16±0.20 <sup>ab</sup>		37.96±0.60 <sup>abc</sup>		42.22±5.50 <sup>a</sup>		31.78±0.19 <sup>c</sup>	

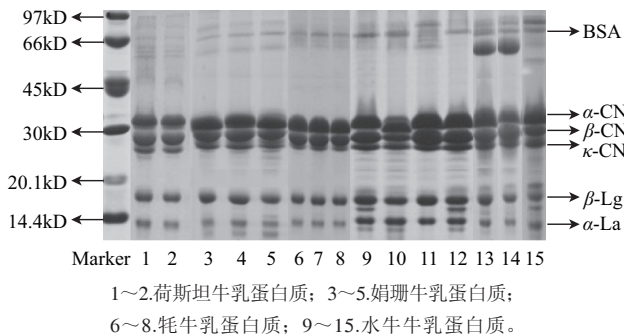


图2 不同品种牛乳蛋白质的SDS-PAGE  
Fig.2 SDS-PAGE of proteins in raw milk

## 2.4.2 不同品种牛乳蛋白质组分含量分析

表3 不同品种牛乳主要蛋白质组分的相对含量  
Table 3 Relative contents of major proteins in raw milk

品种	BSA含量/%	α-CN含量/%	β-CN含量/%	κ-CN含量/%	β-Lg含量/%	α-Lg含量/%	CN含量/%	β-Lg/α-Lg含量比
荷斯坦牛	2.33±0.16 <sup>a</sup>	27.66±0.46 <sup>d</sup>	27.81±0.49 <sup>d</sup>	11.63±0.33 <sup>b</sup>	19.97±0.45 <sup>d</sup>	10.61±0.27 <sup>ab</sup>	67.21	1.91
牦牛	3.75±0.44 <sup>a</sup>	34.31±1.49 <sup>ab</sup>	22.94±0.74 <sup>d</sup>	9.78±0.89 <sup>b</sup>	20.35±0.35 <sup>d</sup>	8.76±0.30 <sup>f</sup>	67.15	2.35
娟珊牛	2.03±0.07 <sup>c</sup>	34.81±0.96 <sup>a</sup>	26.80±0.34 <sup>ab</sup>	13.21±0.61 <sup>a</sup>	16.71±0.19 <sup>b</sup>	6.44±0.02 <sup>e</sup>	74.82	2.60
摩拉水牛	3.18±0.33 <sup>ab</sup>	31.43±1.36 <sup>bc</sup>	21.46±1.24 <sup>d</sup>	13.05±0.86 <sup>b</sup>	13.68±0.53 <sup>e</sup>	10.06±0.58 <sup>d</sup>	64.24	1.45
尼里-拉菲水牛	2.29±0.24 <sup>b</sup>	35.81±0.70 <sup>a</sup>	24.17±1.06 <sup>bc</sup>	10.43±0.47 <sup>b</sup>	13.74±0.70 <sup>f</sup>	9.65±0.42 <sup>bc</sup>	70.42	1.47
I代杂交水牛	3.32±0.38 <sup>a</sup>	29.50±1.41 <sup>d</sup>	20.78±1.46 <sup>e</sup>	13.06±0.86 <sup>b</sup>	15.07±1.08 <sup>c</sup>	9.85±0.61 <sup>bc</sup>	63.34	1.58
高代杂交水牛	3.78±0.57 <sup>a</sup>	33.06±1.26 <sup>bc</sup>	21.39±1.09 <sup>d</sup>	10.27±0.89 <sup>b</sup>	15.89±0.66 <sup>b</sup>	11.69±0.60 <sup>a</sup>	64.69	1.39

用AlphaEaseFC软件分析SDS-PAGE图,得到7种牛乳中主要蛋白质的相对含量,结果如表3所示。尼里-拉菲水牛、娟珊牛和牦牛乳中含有较高的α-CN;4种水牛乳及牦牛乳的β-CN蛋白质含量显著低于荷斯坦牛和娟珊牛乳。几种牛乳的总酪蛋白率由大到小排列为:娟珊牛乳、尼里-拉菲水牛乳、荷斯坦牛乳、牦牛乳、摩拉水牛乳、高代杂交水牛乳和I代杂交水牛乳。文献[22]报道

称增加酪蛋白质量分数,有利于改善干酪的融化和流变特性,但不利于人体对其的消化<sup>[23]</sup>,据此推测水牛乳蛋白质更利于人体消化吸收。水牛乳的β-Lg/α-Lg含量比在1.39~1.58间,显著低于其他3种非水牛牛乳,而高α-Lg含量有利于提高水牛乳的营养价值。

## 2.5 不同品种牛乳蛋白氨基酸分析

由表4可知,谷氨酸、脯氨酸、天冬氨酸、缬氨酸和丝氨酸在7种原料乳中普遍有较高的含量,其中谷氨酸含量在7种牛乳中均为最高。亮氨酸和酪氨酸在不同牛乳中含量差异显著,主要表现为:亮氨酸在牦牛、摩拉水牛、尼里-拉菲水牛和高代杂交水牛中所占比例均为9%以上,娟珊牛乳中占6%左右,I代杂交水牛和荷斯坦牛乳中含量为2%左右;酪氨酸在牦牛乳等4种牛乳中含量均为5%左右,在娟珊牛乳中占9.15%,在I代杂交水牛和荷斯坦牛乳中占13%以上。亮氨酸含量与酪氨酸含量间呈负相关性。除此之外,各种牛乳中必需氨基酸(EAA)含量所占比例有显著差异。FAO/WHO规定理想蛋白质中必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)为40%,而在本研究中高代杂交水牛、摩拉水牛、尼里-拉菲水牛和牦牛乳中EAA/TAA在40%左右,符合理想模式;相对地,I代杂交水牛、荷斯坦牛和娟珊牛乳中EAA/TAA值较低。

## 3 结论

3.1 营养成分分析结果显示:水牛乳的脂肪、蛋白质和干物质含量分别为6.86%~8.69%、4.75%~5.78%和17.07%~19.88%,显著高于牦牛乳、娟珊牛乳和荷斯坦

牛乳,且杂交水牛乳的营养成分含量高于纯种水牛乳;娟珊牛和牦牛乳的脂肪、蛋白质及干物质含量显著高于荷斯坦牛乳;7种牛乳矿物质含量分析显示其中4种水牛乳含较高的钙、镁和磷,而牦牛乳和娟珊牛乳次之,荷斯坦牛乳的钙、镁和磷含量最低。氨基酸测定结果表明谷氨酸、脯氨酸、天冬氨酸、缬氨酸和丝氨酸在7种牛乳中含量均较高且占总氨基酸的比例变化不大,但亮氨酸和酪氨酸的含量在7种牛乳中有明显差别。

3.2 水牛乳的缓冲能力高于牦牛乳和娟珊牛乳,而后的缓冲能力又高于荷斯坦牛乳,这是因为水牛乳的干物质含量显著高于牦牛乳和荷斯坦牛乳。

3.3 由SDS-PAGE显示,水牛乳蛋白质可能含有 $\alpha$ -La变异A;牦牛乳、娟珊牛乳及4种水牛乳均比荷斯坦牛乳含有更多的酪蛋白,适于干酪加工。

#### 参考文献:

- [1] CARROLL S M, DEPETERS E J, TAYLOR S J, et al. Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2006, 131: 451-473.
- [2] 王洋,于静,王巍,等.娟珊牛品种特性及适应性饲养研究[J].*中国奶业*, 2011(11): 47-48.
- [3] 郭宪,阎萍,梁春年,等.中国牦牛发展现状及对策分析[J].*中国牛业科学*, 2009, 35(2): 55-57.
- [4] 李全阳,张宪省,刘小玲,等.水牛奶组分及其功能特性研究进展[J].*食品科学*, 2011, 32(3): 305-309.
- [5] 席斌,甘伯中,高雅琴,等.3个地区牦牛乳营养成分的比较研究[J].*甘肃农业大学学报*, 2011, 46(2): 115-118.
- [6] 曾庆坤,杨炳壮,梁坤,等.不同品代水牛奶理化性质的研究[J].*中国乳品工业*, 2007, 35(5): 13-15.
- [7] 曾庆坤,杨炳壮,任发政,等.水牛乳蛋白质的组成[J].*中国乳品工业*, 2007, 35(8): 31-33.
- [8] 庞堃,曾庆坤,郑倩,等.摩拉×西林水牛乳化学组成变化的研究[J].*食品科学*, 2007, 28(8): 44-48.
- [9] SARFRAZ A, ISABELLE G, FLORENCE R, et al. Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: a comparison with cow's milk[J]. *Food Chemistry*, 2008, 106: 11-17.
- [10] 食品安全国家标准委员会. GB5413.3—2010 食品安全国家标准婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [11] HAN Beizhong, MENG yun, LI Min, et al. A survey on the microbiological and chemical composition of buffalo milk in China[J]. *Food Control*, 2005, 88: 3402-3410.
- [12] 食品安全国家标准审评委员会. GB 5413.21—2010 婴幼儿配方食品和乳粉中钙、铁、锌、钠、钾、镁、铜、和锰的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.87—2003 食品中磷的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [14] 郭尧君. 蛋白质电泳实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 134-135.
- [15] 汪家政,范明. 蛋白质技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 90-91.
- [16] FUQUAY J W, FOX P F, MCSWEENEY P L. Encyclopedia of dairy sciences[M]. London: Elsevier Ltd., 2011: 503-511.
- [17] 谢秉铨,李晴华. 广西水牛奶脂肪含量对感官特性的影响[J]. *中国乳品工业*, 2008, 36(2): 37-40.
- [18] GUINEE T P, O'KENNEDY B T, KELLY P M. Effect of milk protein standardization using different methods on the composition and yields of cheddar cheese[J]. *J Dairy Sci*, 2006, 89: 468-482.
- [19] FRANCOLINO S, LOCCI F, GHIGLIETTI R, et al. Use of milk protein concentrate to standardize milk composition in Italian citric Mozzarella cheese making[J]. *Food Science and Technology*, 2010, 43: 310-314.
- [20] 彤豪峰,谈重芳,李宗伟,等.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.
- [21] 张永云,杨忠,李卫真,等.水牛乳和荷斯坦牛乳中五种常量元素含量的测定[J].*动物医学进展*, 2011, 32(6): 72-76.
- [22] 吴鹏,赵新淮. 影响加工干酪品质的因素分析[J]. *乳品加工*, 2006(8): 53-55.
- [23] 杜晞,刘旻萌,郑玉才,等.德昌水牛与杂交水牛乳生化组成的分析[J].*畜牧与兽医*, 2009, 41(10): 26-29.