

# 梅花鹿初乳主要营养成分及氨基酸组成分析

宁健婷, 岳喜庆\*, 武俊瑞, 杨 梅  
(沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘 要:** 为更好了解梅花鹿初乳的组成成分, 采用比色法、凯氏定氮法等测定梅花鹿初乳中基本营养成分; 使用氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量并与其他几种哺乳动物初乳汁进行比较。结果表明: 梅花鹿初乳富含蛋白质 (7.07 g/100 g)、脂肪 (10.69 g/100 g)、钙 (1 172.19 mg/kg)、镁 (151.22 mg/kg)、铁 (10.34 mg/kg)、锌 (8.86 mg/kg) 等矿物质元素和17种氨基酸, 其中必需氨基酸占氨基酸总量的0.407, 必需氨基酸占非必需氨基酸总量的0.716, 含量最高的氨基酸为谷氨酸, 第1限制性氨基酸为含硫氨基酸。通过氨基酸比值系数法评价, 按照联合国粮食及农业组织/世界卫生组织提出的标准模式与全鸡蛋蛋白标准模式计算, 梅花鹿初乳的比值系数分别为81.08和71.82, 必需氨基酸指数为0.96, 说明梅花鹿初乳是一种能够满足于人体需要且营养价值高的优质蛋白质。

**关键词:** 梅花鹿初乳; 营养成分; 氨基酸; 营养评价

## Analysis of Nutritional Components and Amino Acid Composition of Sika Deer Colostrum

NING Jianting, YUE Xiqing\*, WU Junrui, YANG Mei  
(College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

**Abstract:** In this study, we determined the main nutritional components of sika deer colostrum by Kjeldahl and colorimetry. An automatic amino acid analyzer was used to determine amino acid contents. Sika deer colostrum was also compared with the colostrums of other mammals. The results showed that sika deer colostrum was rich in protein (7.07 g/100 g), fat (10.69 g/100 g), calcium (1 172.19 mg/kg), magnesium (151.22 mg/kg), iron (10.34 mg/kg), zinc (8.86 mg/kg) and 17 kinds of amino acids. Essential amino acids (EAAs) comprised 0.407 of the total amino acids; the ratio of EAA to non-essential amino acids (NEAAs) was 0.716. The most abundant amino acid was glutamic acid and the first limiting AA in the protein was sulfur-containing amino acid. Based on the FAO/WHO recommended pattern and the whole-egg protein pattern, SRCs of sika deer colostrum were 81.08 and 71.82, respectively, and EAAs were both 0.96. All these findings indicated that sika deer colostrum was a source of high-quality proteins that can satisfy human nutritional needs.

**Key words:** sika deer colostrum; nutritional components; amino acid; nutritional evaluation

中图分类号: TS252

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 06-0173-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201506032

梅花鹿早在更新世地质历史时期就已广泛的分布于中国的华南、华北、华中、东北以及青藏区的东部<sup>[1]</sup>, 经研究<sup>[2-4]</sup>发现, 鹿乳是一种高品质的功能性饮品, 它富含蛋白质、脂肪、干物质、维生素 (尤其VA)、抗体、无机盐类以及钙、锌、铁、镁等多种矿物质元素且梅花鹿乳颗粒细小, 十分容易为人体皮肤吸收。

初乳是指哺乳动物分娩1周之内的乳汁, 初乳的颜色偏黄并且十分黏稠, 它的蛋白质、维生素、矿物质以及脂肪等含量较常乳高出很多。特别值得关注的是在初乳中含有促进生长发育和增强免疫功能的活性物质<sup>[5-6]</sup>。蛋白质是初乳乳汁中的重要成分, 它可以促进机体的新

陈代谢, 是哺乳动物体内不可缺少的能量物质<sup>[7]</sup>, 在婴幼儿的成长发育过程中也是必不可少的有机组成。氨基酸是组成蛋白质的主要成分和基本单位, 评价营养价值高低的一项重要指标就是食品中的氨基酸含量与种类是否丰富与齐全, 而氨基酸自动分析仪早已被国内外专用于分析测定食品中的氨基酸含量<sup>[8-9]</sup>。

目前对梅花鹿作为药材方面的研究比较多, 但是对梅花鹿乳汁成分却研究甚少, 尤其是氨基酸组成方面一直未见报道。本实验通过研究梅花鹿初乳中的基本营养成分并使用日立L-8800型氨基酸自动分析仪对水解法处理过的梅花鹿初乳中氨基酸的组成进行测定, 以期向日

收稿日期: 2014-07-12

基金项目: 辽宁省科技厅农业攻关课题 (2013301004)

作者简介: 宁健婷 (1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为动物性食品加工。E-mail: 514559674@qq.com

\*通信作者: 岳喜庆 (1966—), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: yxqsyau@126.com

后开发利用梅花鹿初乳其他功能性成分提供科学指导与理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

牛初乳、羊初乳采于辽宁省沈阳市沈阳农业大学畜牧场；梅花鹿初乳采于铁岭市西丰县永禄鹿业有限公司鹿场。用冰盒将3种初乳样品带回实验室，每种初乳样品采集500 mL，将当天实验用的乳样放入4℃冰箱中保存，其余的乳样放入-20℃冰箱中冻藏。

钾、钙、钠、镁、锌、铁标准溶液 沈阳农业大学分析测试中心；柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液（pH 3.2、3.3、4.3、4.9）、盐酸（分析纯）、乙醇（分析纯）、硼酸（分析纯）、乙醚（分析纯）、石油醚（分析纯）、高氯酸（优级纯）、浓硝酸（优级纯）、浓盐酸（优级纯）、浓硫酸（优级纯） 沈阳安瑞祥化工五金有限公司；茚三酮试剂（色谱专用）、氨基酸标准品 日本日立公司；乳糖标准品（纯度≥99%）、硫酸铜、硫酸钾、甲基红、溴甲酚绿、氢氧化钠、硫酸锌、苦味酸、亚硫酸氢钠、苯酚、亚铁氰化钾（均为分析纯） 沈阳天兴化工有限公司。

### 1.2 仪器与设备

L-8800型氨基酸自动分析仪 日本日立公司；DGF 30/7-rA HG101-1A电热鼓风干燥箱 南京实验仪器厂；HH-6水浴锅 国华电器有限公司；AA320N原子吸收分光光度计 上海仪电分析仪器有限公司；DL-1万用电炉 北京市永光明仪器厂；MXQ1400-30马弗炉 丹东瓦德科技有限公司；GTR16-2高速冷冻离心机 北京时代北利离心机有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 基本营养成分的测定

初乳蛋白含量<sup>[10]</sup>：采用凯氏定氮法；初乳脂肪含量<sup>[11]</sup>：采用乙醚抽提法；灰分含量<sup>[12]</sup>：采用灼烧法；干物质含量<sup>[13]</sup>：采用直接干燥法；乳糖含量：参照蒋珍菊等<sup>[14]</sup>的方法。

#### 1.3.2 矿物质元素测定

矿物质元素钾、钠测定采用火焰发射光谱法<sup>[15]</sup>；钙<sup>[16]</sup>、锌<sup>[17]</sup>、铁<sup>[18]</sup>、镁<sup>[18]</sup>元素采用原子吸收分光光度法测定。

#### 1.3.3 氨基酸测定<sup>[19]</sup>

##### 1.3.3.1 样品前处理

取脱脂后的梅花鹿初乳、牛初乳、羊初乳各2 mL，加入10~15 mL 6 mol/L盐酸溶液，在抽真空状态下于110℃水解24 h。将冷却后的样品定容至50 mL容量瓶中，反复冲刷水解管、漏斗以及滤纸。从容量瓶中移取5 mL溶液至蒸发皿中蒸干，向蒸干的蒸发皿中加入2.5 mL 0.02 mol/L盐酸溶液溶解蒸发皿中残留物。溶解

后，用0.22 μm滤膜过滤溶液并用C<sub>18</sub>小柱脱色处理。对脱色后的溶液分析并测定其中17种氨基酸含量（不含色氨酸）。

##### 1.3.3.2 色谱条件

分析柱：2622C磺酸型的强酸性阳离子交换树脂；柱温57℃；流动相：pH 3.2、3.3、4.3、4.9柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液；流动相泵1流速0.40 mL/min；泵压95.000 kgf/cm<sup>2</sup>；茚三酮泵2流速0.350 mL/min；泵压12.000 kgf/cm<sup>2</sup>；紫外检测器：脯氨酸在440 nm波长处测定吸光度，其他氨基酸在570 nm波长处测定吸光度。

##### 1.3.3.3 氨基酸含量的测定

采用单点外标法对梅花鹿初乳、牛初乳、羊初乳中氨基酸定量分析。

##### 1.3.4 营养评价

###### 1.3.4.1 模糊识别法<sup>[20]</sup>

以鸡蛋蛋白为标准蛋白质，按照兰氏距离法识别对象 $u$ 和标准蛋白 $a$ 的贴进度，如公式（1）所示：

$$\mu(a, u_i) = 1 - 0.09 \sum_{k=1}^7 \frac{|a_k - u_{ik}|}{a_k + u_{ik}} \quad (1)$$

式中： $\mu$ 为待评价的蛋白， $\mu(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$ 分别代表梅花鹿初乳蛋白、牛初乳蛋白、人初乳蛋白、羊初乳蛋白和骆驼初乳蛋白； $a_k$ 表示标准蛋白（全鸡蛋蛋白）的7种必需氨基酸（essential amino acids, EAA）含量/（mg/g Pro），即 $P(a) = P(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7) = P(54, 86, 70, 57, 93, 47, 66)$ ，其中 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 、 $a_5$ 、 $a_6$ 、 $a_7$ 分别代表异亮氨酸（Ile）、亮氨酸（Leu）、赖氨酸（Lys）、含硫氨基酸-蛋氨酸+半胱氨酸（Met+Cys）、苯丙氨酸+酪氨酸（Phe+Tyr）、苏氨酸（Thr）、缬氨酸（Val）； $u_{ik}$ 为第 $i$ 种初乳蛋白中的第 $k$ 种氨基酸的含量/（mg/g Pro）， $u_{1k}$ 、 $u_{2k}$ 、 $u_{3k}$ 、 $u_{4k}$ 、 $u_{5k}$ 分别表示这5种初乳蛋白的7种EAA含量/（mg/g Pro）。

###### 1.3.4.2 氨基酸比值系数（ratio coefficient, RC）法<sup>[21]</sup>

根据联合国粮食及农业组织（Food and Agriculture Organization, FAO）/世界卫生组织（World Health Organization, WHO）提出的EAA标准模式与全鸡蛋蛋白标准模式<sup>[22]</sup>为参考，分别计算氨基酸比值（ratio of amino acid, RAA）、RC、梅花鹿初乳的比值系数分（score of ratio coefficient, SRC），必需氨基酸指数（essential amino acids index, EAAI）<sup>[23-27]</sup>，计算公式如（2）~（6）所示。

$$EAAI = \sqrt[7]{\frac{aa_1 \times aa_2 \times \cdots \times aa_7}{AA_1 \times AA_2 \times \cdots \times AA_7}} \quad (2)$$

式中： $aa_1, \dots, aa_7$ 为每种初乳中7种EAA含量/（mg/g Pro）； $AA_1, \dots, AA_7$ 为全鸡蛋蛋白中7种EAA含量/（mg/g Pro）。

$$RAA = \frac{\text{样品中某种必需氨基酸含量}}{\text{模式中某种必需氨基酸含量}} \quad (3)$$

$$RC = \frac{RAA}{RAA \text{ 平均值}} \quad (4)$$

$$SRC = 100 \times \left[ 1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (RC_i - \overline{RC})^2}}{\overline{RC}} \right] \quad (5)$$

在该评价体系中, RAA及RC的数值越接近1, 表明该EAA越接近WHO/FAO的推荐值; SRC的数值越接近100, 表明该食品中各种EAA的含量越均衡, 其营养价值就越高<sup>[28]</sup>。

#### 1.4 数据分析

3种初乳样品所有测定结果均采用Excel 2007进行处理后使用SPSS Statistics 17.0软件进行数据分析, 所有数据均重复测定3次, 最后结果以测定均值±标准差表示, 并采用ANOVA Duncan多重比较法进行差异性分析, 当 $P < 0.05$ 差异显著,  $P < 0.01$ 差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本营养成分

**表1 梅花鹿初乳、牛初乳、羊初乳主要营养成分含量比较**  
**Table 1 Comparison of primary nutrients in sika deer colostrum, bovine colostrum and sheep colostrum**

| 主要营养素 | 梅花鹿初乳                    | 牛初乳                      | 羊初乳                      |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 蛋白质   | 7.07 <sup>c</sup> ±0.02  | 5.02 <sup>a</sup> ±0.01  | 6.93 <sup>b</sup> ±0.04  |
| 脂肪    | 10.69 <sup>c</sup> ±0.13 | 4.70 <sup>a</sup> ±0.15  | 6.61 <sup>b</sup> ±0.13  |
| 灰分    | 1.19 <sup>b</sup> ±0.07  | 0.99 <sup>a</sup> ±0.05  | 1.57 <sup>c</sup> ±0.06  |
| 干物质   | 24.22 <sup>c</sup> ±0.24 | 16.98 <sup>a</sup> ±0.98 | 21.32 <sup>b</sup> ±0.63 |
| 乳糖    | 1.01 <sup>a</sup> ±0.07  | 2.10 <sup>c</sup> ±0.17  | 1.62 <sup>b</sup> ±0.05  |

注: 同一行中不同肩标字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); 同一行相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下表同。

乳蛋白是乳的重要组成成分之一, 含有人体所需的多种EAA且生物活性物质含量丰富, 具有较高的营养价值和多种潜在的生物学功能, 在维持人体健康方面具有重要作用<sup>[29]</sup>。由表1可知, 梅花鹿初乳蛋白质含量可达7.07 g/100 g, 其含量高于牛初乳 (5.02 g/100 g) 与羊初乳 (6.93 g/100 g), 存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。脂肪也是食品中重要的营养成分之一, 它的生物学功能表现在每克脂肪提供的热能比碳水化合物或蛋白质多一倍以上, 因此脂肪含量高的食品具有较高的生理价值<sup>[30]</sup>。梅花鹿初乳中脂肪含量也十分丰富为10.69 g/100 g, 其脂肪含量显著高于牛初乳 (4.70 g/100 g)、羊初乳 (6.61 g/100 g)。梅花鹿初乳中灰分含量和干物质含量分别为1.19 g/100 g和24.22 g/100 g, 它们的含量都显著高

于牛初乳 ( $P < 0.05$ )。梅花鹿初乳中乳糖含量较低, 仅为1.01 g/100 g, 低于普通牛乳的4%~5%, 对于中老年人来说, 可以有效地缓解乳糖过敏症状<sup>[31]</sup>。

### 2.2 矿物质元素

**表2 梅花鹿初乳、牛初乳、羊初乳矿物质元素含量**  
**Table 2 The contents of mineral elements in sika deer colostrum, bovine colostrum and sheep colostrum**

| 矿物质元素 | 梅花鹿初乳                        | 牛初乳                        | 羊初乳                          |
|-------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 钾     | 1 217.33 <sup>b</sup> ±21.94 | 979.24 <sup>a</sup> ±48.07 | 1 292.38 <sup>c</sup> ±7.21  |
| 钠     | 673.81 <sup>a</sup> ±25.02   | 893.90 <sup>b</sup> ±20.19 | 685.92 <sup>a</sup> ±11.16   |
| 钙     | 1 172.19 <sup>b</sup> ±37.55 | 822.14 <sup>a</sup> ±30.08 | 1 731.46 <sup>c</sup> ±31.31 |
| 镁     | 151.22 <sup>a</sup> ±1.09    | 24.23 <sup>b</sup> ±0.27   | 151.35 <sup>a</sup> ±1.64    |
| 锌     | 8.86 <sup>b</sup> ±0.17      | 5.52 <sup>a</sup> ±0.15    | 8.60 <sup>b</sup> ±0.42      |
| 铁     | 10.34 <sup>c</sup> ±0.78     | 1.74 <sup>a</sup> ±0.08    | 5.72 <sup>b</sup> ±0.09      |

矿物质元素在促进人和动物生长发育, 维持人类健康等方面起着非常重要的作用, 是人类必不可少的微量营养元素, 人们对它的摄取主要来自于动植物食品。由表2可知, 梅花鹿初乳中富含钾、钠、钙、镁、锌、铁6种矿物质元素。

其中梅花鹿初乳中钾、钠的含量分别为1 217.33 mg/kg和673.81 mg/kg, 2种元素含量均比羊初乳低, 且呈现高钾低钠的特点, 因此对于高血压患者等特殊人群, 梅花鹿乳是一种良好的保健饮品。钙在人体内是含量最丰富的矿物质, 它具有调节心脏、释放激素、凝固血液、运动和增值等功能<sup>[32]</sup>, 梅花鹿初乳中钙的含量为1 172.19 mg/kg, 约为牛初乳中钙含量 (822.14 mg/kg) 的1.43倍。铁是血红蛋白、肌红蛋白和许多酶的构成成分<sup>[33]</sup>, 是人体必不可少的微量元素, 铁的含量在梅花鹿初乳中可达到10.34 mg/kg, 显著高于牛初乳与羊初乳 ( $P < 0.05$ )。梅花鹿初乳中镁和锌的含量也很高, 分别为151.22 mg/kg和8.86 mg/kg, 约为牛初乳的6.24倍和1.61倍, 存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 梅花鹿初乳蛋白氨基酸组成

梅花鹿初乳蛋白与牛初乳、羊初乳、人初乳、骆驼初乳蛋白质中氨基酸含量如表3所示。

由表3可知, 梅花鹿初乳中氨基酸含量丰富, 种类齐全, 富含17种氨基酸。其中每克蛋白质中氨基酸总含量可达780.8 mg, EAA含量317.6 mg/g Pro。EAA与总氨基酸 (total amino acids, TAA) 含量比值为0.407, EAA与非必须氨基酸 (nonessential amino acids, NEAA) 比值为0.716, 与FAO/WHO提出的EAA/TAA为0.400, EAA/NEAA为0.600<sup>[36]</sup>相接近。以上结果说明, 梅花鹿初乳是一种优质蛋白质, 具有较高的营养价值。

梅花鹿初乳中谷氨酸含量最高, 每克蛋白质中含谷氨酸153.5 mg, 占氨基酸总量的19.66%, 其次为亮氨酸, 含量为86.7 mg/g Pro, 占氨基酸总量的11.11%。谷

氨酸可以与血氨形成谷氨酰胺，它具有清除有毒化合物的作用，除此之外它还可以为脑细胞提供营养，是一种对人体非常有益的化合物<sup>[37]</sup>。

表3 梅花鹿初乳与其他几种初乳蛋白中氨基酸含量的比较  
Table 3 Comparison of amino acid contents in sika deer colostrum and other mammalian colostrum proteins

|          |            | mg/g Pro |       |       |                     |                      |
|----------|------------|----------|-------|-------|---------------------|----------------------|
|          | 氨基酸        | 梅花鹿初乳    | 牛初乳   | 羊初乳   | 人初乳 <sup>[34]</sup> | 骆驼初乳 <sup>[35]</sup> |
| EAA      | 赖氨酸 (Lys)  | 65.0     | 69.3  | 79.9  | 49.6                | 78.1                 |
|          | 亮氨酸 (Leu)  | 86.7     | 103.3 | 92.5  | 93.5                | 92.9                 |
|          | 异亮氨酸 (Ile) | 34.0     | 32.5  | 44.7  | 60.7                | 53.1                 |
|          | 缬氨酸 (Val)  | 47.8     | 49.9  | 34.7  | 46.5                | 61.1                 |
|          | 苏氨酸 (Thr)  | 40.6     | 71.5  | 50.8  | 62.9                | 48.1                 |
|          | 组氨酸 (His)  | 18.9     | 14.1  | 32.2  | 18.5                | 27.5                 |
|          | 苯丙氨酸 (Phe) | 24.6     | 34.5  | 27.6  | 34.1                | 43.1                 |
|          | 蛋氨酸 (Met)  | 19.4     | 22.0  | 22.1  | 8.1                 | 27.4                 |
|          | 半胱氨酸 (Cys) | 7.7      | 11.2  | 7.0   | 15.0                | 6.5                  |
|          | 天冬氨酸 (Asp) | 63.8     | 86.4  | 65.8  | 78.2                | 75.7                 |
| NEAA     | 谷氨酸 (Glu)  | 153.5    | 128.6 | 207.0 | 129.4               | 218.2                |
|          | 丝氨酸 (Ser)  | 49.5     | 82.2  | 47.7  | 50.5                | 48.7                 |
|          | 脯氨酸 (Pro)  | 70.0     | 64.8  | 129.6 | 58.1                | 76.2                 |
|          | 甘氨酸 (Gly)  | 21.1     | 36.7  | 17.6  | 26.4                | 16.9                 |
|          | 丙氨酸 (Ala)  | 31.6     | 40.9  | 32.2  | 35.4                | 26.8                 |
|          | 酪氨酸 (Tyr)  | 23.1     | 30.5  | 34.9  | 35.2                | 38.2                 |
|          | 精氨酸 (Arg)  | 23.6     | 26.2  | 28.1  | 40.7                | 43.5                 |
| TAA      |            | 780.8    | 904.6 | 954.5 | 833.9               | 982.0                |
| EAA      |            | 317.6    | 397.1 | 384.4 | 364.9               | 431.3                |
| EAA/TAA  |            | 0.407    | 0.439 | 0.403 | 0.438               | 0.439                |
| EAA/NEAA |            | 0.716    | 0.783 | 0.674 | 0.778               | 0.783                |

2.4 梅花鹿初乳中蛋白质平衡性分析

2.4.1 模糊识别法评价

由模糊识别法中公式（1）可分别计算出梅花鹿初乳、牛初乳、羊初乳、人初乳和骆驼初乳与标准鸡蛋蛋白之间的贴进度，计算结果见表4。

表4 梅花鹿初乳蛋白及其他几种初乳蛋白相对于标准蛋白的贴进度  
Table 4 Closeness degree of sika deer colostrum and other mammalian colostrum proteins compared with standard proteins

| 待评乳蛋白   | 待评食物代码 | 贴进度     |
|---------|--------|---------|
| 梅花鹿初乳蛋白 | $u_1$  | 0.893 9 |
| 牛初乳蛋白   | $u_2$  | 0.898 1 |
| 羊初乳蛋白   | $u_3$  | 0.904 2 |
| 人初乳蛋白   | $u_4$  | 0.895 9 |
| 骆驼初乳蛋白  | $u_5$  | 0.957 4 |

由表4可知，除了骆驼初乳蛋白的贴进度为0.957 4，其他几种初乳蛋白的贴进度相近，均在0.90左右。梅花鹿初乳的贴进度为0.893 9，与鸡蛋蛋白的贴进度相近，表明梅花鹿初乳的营养价值很高。

2.4.2 RC法评价

RC法是基于氨基酸平衡理论设计的评价蛋白质营养价值的方法，如果氨基酸的含量丰富且与FAO/WHO提出的标准模式相近，说明这种蛋白质接近人体所需的

氨基酸比例<sup>[38]</sup>，能为人体所利用的营养价值越高。根据FAO/WHO提出的模式和全鸡蛋标准蛋白模式进行比较，按照公式（2）～（5）分别计算梅花鹿初乳、牛初乳、羊初乳、人初乳、骆驼初乳的EAAI、RAA、RC、SRC，计算结果如表5、6所示。

表5 梅花鹿初乳蛋白和其他几种初乳蛋白的RAA、RC、SRC、EAAI的比较（全鸡蛋模式）  
Table 5 RAA, RC, EAAI and SRC of sika deer colostrum and other mammalian colostrum proteins (whole-egg protein pattern)

| 蛋白质来源 | 蛋白质特征值 | Ile  | Leu  | Lys  | Met+Cys | Phe+Tyr | Thr  | Val  | SRC   | EAAI |
|-------|--------|------|------|------|---------|---------|------|------|-------|------|
| 梅花鹿初乳 | RAA    | 0.63 | 1.01 | 0.93 | 0.48    | 0.51    | 0.86 | 0.72 | 71.82 | 0.96 |
|       | RC     | 0.86 | 1.37 | 1.26 | 0.65    | 0.70    | 1.18 | 0.99 |       |      |
| 牛初乳   | RAA    | 0.60 | 1.20 | 0.99 | 0.58    | 0.70    | 1.52 | 0.76 | 61.42 | 0.95 |
|       | RC     | 0.66 | 1.32 | 1.09 | 0.64    | 0.77    | 1.68 | 0.83 |       |      |
| 羊初乳   | RAA    | 0.83 | 1.08 | 1.14 | 0.51    | 0.67    | 1.08 | 0.53 | 67.56 | 0.95 |
|       | RC     | 0.99 | 1.29 | 1.37 | 0.61    | 0.81    | 1.30 | 0.63 |       |      |
| 人初乳   | RAA    | 1.12 | 1.09 | 0.71 | 0.41    | 0.75    | 1.34 | 0.70 | 63.33 | 0.90 |
|       | RC     | 1.29 | 1.24 | 0.81 | 0.47    | 0.85    | 1.53 | 0.81 |       |      |
| 骆驼初乳  | RAA    | 0.98 | 1.08 | 1.12 | 0.59    | 0.87    | 1.02 | 0.93 | 81.47 | 0.98 |
|       | RC     | 1.04 | 1.15 | 1.18 | 0.63    | 0.93    | 1.09 | 0.98 |       |      |

表6 梅花鹿初乳中蛋白质和其他几种初乳蛋白质的RAA、RC、SRC、EAAI的比较（FAO/WHO模式）  
Table 6 RAA, RC, EAAI and SRC of sika deer colostrum and other mammalian colostrum proteins (FAO/WHO recommended pattern)

| 蛋白质来源 | 蛋白质特征值 | Ile  | Leu  | Lys  | Met+Cys | Phe+Tyr | Thr  | Val  | SRC   | EAAI |
|-------|--------|------|------|------|---------|---------|------|------|-------|------|
| 梅花鹿初乳 | RAA    | 0.85 | 0.12 | 0.12 | 0.77    | 0.79    | 0.10 | 0.96 | 81.08 | 0.96 |
|       | RC     | 0.87 | 1.27 | 1.22 | 0.80    | 0.82    | 1.04 | 0.98 |       |      |
| 牛初乳   | RAA    | 0.81 | 0.15 | 0.13 | 0.95    | 0.11    | 0.18 | 0.10 | 71.57 | 0.95 |
|       | RC     | 0.68 | 1.23 | 1.06 | 0.79    | 0.91    | 1.50 | 0.84 |       |      |
| 羊初乳   | RAA    | 1.12 | 1.32 | 1.45 | 0.83    | 1.04    | 1.27 | 0.69 | 77.25 | 0.95 |
|       | RC     | 1.01 | 1.20 | 1.32 | 0.75    | 0.94    | 1.15 | 0.63 |       |      |
| 人初乳   | RAA    | 1.52 | 1.34 | 0.90 | 0.66    | 1.16    | 1.57 | 0.93 | 72.65 | 0.90 |
|       | RC     | 1.32 | 1.16 | 0.78 | 0.58    | 1.01    | 1.37 | 0.81 |       |      |
| 骆驼初乳  | RAA    | 1.33 | 1.33 | 1.42 | 0.97    | 1.36    | 1.20 | 1.22 | 88.17 | 0.98 |
|       | RC     | 1.05 | 1.05 | 1.13 | 0.77    | 1.08    | 0.95 | 0.97 |       |      |

RAA及RC的数值越接近1，说明该种初乳蛋白与全鸡蛋蛋白中EAA推荐值越接近。当RC大于1，说明此种EAA超过标准模式，相对过剩；当RC小于1，说明此种EAA低于全鸡蛋蛋白模式，相对不足。SRC值越接近100，说明该种蛋白质营养价值越高，为人体吸收的概率越大。EAAI作为评价蛋白质的指标时，评价标准如条件下：当EAAI>0.95时，证明此蛋白质为优质蛋白质；0.85<EAAI≤0.95时，证明此蛋白质为良好蛋白质；0.75≤EAAI≤0.85时，证明此蛋白质为可用蛋白质；EAAI<0.75时，说明此蛋白质为不可用蛋白质。

从表5中全鸡蛋蛋白模式的氨基酸组成评价可知，梅花鹿初乳中RAA及RC都在1左右，且SRC为71.82，表示梅花鹿初乳可以满足人体需要，蛋白质营养价值很高。EAAI为0.96，大于0.9，证明其为优质蛋白质源，梅花鹿初乳蛋白比牛初乳、羊初乳、人初乳蛋白的营养价值与

利用率都高。梅花鹿初乳中第1限制氨基酸为含硫氨基酸即蛋氨酸与半胱氨酸；第2限制氨基酸为苯丙氨酸与酪氨酸，可以根据蛋白质的互补理论<sup>[39]</sup>，充分利用梅花鹿初乳的这一特质，与其他食物蛋白混合搭配，以提高膳食的营养价值。

表6为FAO/WHO模式下梅花鹿初乳与其他几种初乳蛋白的氨基酸评价，从表6可以看出，按照SRC的大小，几种初乳蛋白的排列顺序为：骆驼初乳>梅花鹿初乳>羊初乳>人初乳>牛初乳；按照EAAI大小，几种初乳蛋白的排列顺序为：骆驼初乳>梅花鹿初乳>牛初乳=羊初乳>人初乳。第1限制氨基酸为含硫氨基酸（蛋氨酸+半胱氨酸），第2限制氨基酸为苯丙氨酸+酪氨酸，这与全鸡蛋蛋白模式条件下评价的结果基本一致。

### 3 结 论

通过分析梅花鹿初乳中营养成分可知，梅花鹿初乳中蛋白质、脂肪、干物质含量比牛初乳、羊初乳高很多；就矿物质组成方面来看，也与牛初乳、羊初乳存在显著差异。钙、铁、锌、镁等矿物质元素含量十分丰富，且呈现高钾低钠的特点，十分容易为人体吸收利用；特别是铁元素，约为牛初乳的5.94倍，经研究发现，初乳中铁的吸收率在50%~75%，它的主要存在方式是乳铁蛋白，吸收率比其他含铁物质高3~5倍<sup>[40]</sup>。由此可知，梅花鹿初乳营养价值很高，是真正意义上的健康饮品，值得人们进一步探索。

从以上的几种氨基酸营养评价方法的结果可知，梅花鹿初乳中富含17种氨基酸，其中EAA种类齐全，含量丰富。按照FAO/WHO提供的参考模式和全鸡蛋蛋白参考模式组成评价来看，初乳EAA含量均接近于推荐值。梅花鹿初乳的第1限制氨基酸为含硫氨基酸（蛋氨酸+半胱氨酸）。EAA/TAA含量在0.4左右，EAA/NAA含量在0.6左右，接近FAO/WHO规定的含量，其中含量最高的3种氨基酸分别为谷氨酸、亮氨酸、脯氨酸。通过营养价值评价可知，梅花鹿初乳比牛初乳、羊初乳、人初乳中蛋白质营养价值都高。

目前，对梅花鹿初乳汁的研究十分稀少，不如牛初乳乳汁报道的科研成果多。众所周知，初乳中的营养成分十分丰富，含有的生长因子与活性物质也比常乳中多<sup>[41]</sup>，但是这些物质在梅花鹿初乳中的具体存在情况还有待后人继续研究。本实验通过探究梅花鹿初乳基本营养成分、蛋白氨基酸分布情况，以期日后更深入的研究梅花鹿初乳蛋白质中其他功能性成分提供理论依据。

### 参考文献：

- [1] 郭延蜀. 中国梅花鹿地史分布、种和亚种的划分及演化历史[J]. 兽类学报, 2000, 20(3): 168-179.
- [2] VERGARA H, LANDETE-CASTILLEJOS T, GARCIAERGA A, et al. Concentration of Ca, Mg, K, Na, P and Zn in milk in two subspecies of red deer: *Cervus elaphus hispanicus* and *C. e. Scotticus*[J]. Small Ruminant Research, 2003, 47: 77-83.

- [3] 石田光晴. 日本鹿乳的一般成分[J]. 日本畜产学会报, 1991, 62(6): 594-595.
- [4] OPATHA V, MASON S L, BEKHIT A E A, et al. *In vitro* digestion of red deer (*Cervus elaphus*) and cow (*Bos taurus*) milk[J]. International Food Research Journal, 2012, 19(4): 1367-1374.
- [5] 杨永新, 王加启, 卜登攀, 等. 牛初乳与常乳乳蛋白变化的比较蛋白质组学研究[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(2): 47-52.
- [6] 吕岳文, 杨洁, 蒋新月. 驴初乳理化性质和主要成分动态变化[J]. 食品科学, 2010, 31(21): 114-118.
- [7] 陆东林, 张丹凤, 刘新丽, 等. 牛奶中的氨基酸含量及其营养价值[J]. 新疆畜牧业, 2001(4): 12-14.
- [8] 陈发河, 吴光斌, 陶金华. 柱前衍生高效液相色谱法测定贝类产品中氨基酸含量[J]. 食品科学, 2006, 27(7): 188-191.
- [9] 李菁, 舒森, 陈文彬. 用氨基酸自动分析仪测定婴幼儿配方奶粉中的16种氨基酸[J]. 食品工业科技, 2012, 33(4): 64-69.
- [10] 卫生部食品卫生监督检验所. GB 5009.5—2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [11] 卫生部食品卫生监督检验所. GB 5413.3—2010 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.
- [12] 卫生部食品卫生监督检验所. GB 5009.4—2010 食品中灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [13] 卫生部食品卫生监督检验所. GB 5413.39—2010 乳和乳制品中非脂乳固体的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 蒋珍菊, 林芳栋. 比色法测定原料乳中乳糖含量研究[J]. 食品科技, 2012, 37(6): 299-303.
- [15] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. GB/T 5009.91—2003 食品中钾、钠的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [16] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. GB/T 5009.92—2003 食品中钙的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [17] 贵州省卫生防疫站、广西壮族自治区卫生防疫站. GB/T 5009.14—2003 食品中锌的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [18] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. GB/T 5009.90—2003 食品中铁、镁、锰的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [19] 杜书, 岳喜庆, 武俊瑞, 等. 自然发酵酸菜游离氨基酸的分析[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(2): 174-176.
- [20] 林忠宁, 陈敏健, 刘明香, 等. 金针菇菌脚和菌糠的氨基酸含量测定及营养评价[J]. 食药同源, 2012, 20(1): 56-59.
- [21] 夏金丹, 曹玉敏, 孙玉敬, 等. 常见八宝粥的蛋白质优化研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(1): 162-171.
- [22] FAO/WHO. Energy and protein requirements[R]. Geneva: WHO, 1973.
- [23] FORSUM E. Nutrition evaluation of whey protein concentrates and their fractions[J]. Journal of Dairy Science, 1974, 57(6): 665-670.
- [24] STEVEN R K, STANLEY N G. Nutritional evaluation of three underexploited andean tubers: *Oxalis tuberosa* (Oxalidaceae), *Ullucus tuberosus* (Basellaceae), and *Tropaeolum tuberosum* (Tropaeolaceae)[J]. Economic Botany, 1987, 41(4): 503-511.
- [25] WONG K H, PETER C K C. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds part II: *in vitro* protein digestibility and amino acid profiles of protein concentrates[J]. Food Chemistry, 2001, 72(1): 11-17.
- [26] AGNIESZKA S, ANNA K, WACLAW S. Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds[J]. Food Chemistry, 2006, 98(4): 711-719.
- [27] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价-氨基酸比值系数法[J]. 营养学报, 1988, 10(2): 187-190.
- [28] 郑小江, 向东山, 肖浩. 景阳鸡氨基酸组成分析与营养价值评价[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 373-375.
- [29] 陈静廷, 马露, 杨晋辉, 等. 差异蛋白质组学在乳蛋白研究中的应用进展[J]. 动物营养学报, 2013, 25(8): 1683-1688.
- [30] 侯曼玲. 食品分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 47-55.
- [31] 崔娜, 梁琪, 文鹏程, 等. 牛初乳与常乳的物化性质对比分析[J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 368-372.
- [32] 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.
- [33] 张艳, 徐跃进, 万正杰. 红菜薹矿物质元素测定与营养评价[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 169-172.
- [34] 张兰威, 郭明若, 张莹, 等. 人乳蛋白质与氨基酸含量及其变化规律[J]. 东北农业大学学报, 1997, 28(4): 389-395.
- [35] 赵电波, 白艳红, 吉日本图, 等. 不同泌乳时间阿拉善双峰骆驼乳中氨基酸的含量变化[J]. 乳业科学与技术, 2007, 30(1): 15-17.
- [36] PELLET P L. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Japan: The United National University, 1980: 5.
- [37] 邵金良, 黎其万, 刘宏程, 等. 山羊肉中氨基酸含量测定及营养分析[J]. 肉类研究, 2008, 22(8): 60-62.
- [38] 王咏星, 钱龙, 吕艳, 等. 白斑狗鱼肌肉氨基酸含量测定及其营养评价[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 238-240.
- [39] 颜孙安, 钱爱萍, 林香信, 等. 闽东北野生乌饭树叶营养成分分析[J]. 福建农业科技, 2007(2): 81-82.
- [40] 娜日娜, 李峰, 马仁图雅, 等. 母羊初乳成分动态变化[J]. 乳品加工, 2009(11): 52-54.
- [41] 庞广昌. 初乳中生物活性物质的开发与应用[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 575-585.