

付宇阳,高立鹏,白云峰,等. 山羊乳成分分析及变化规律[J]. 江苏农业科学,2017,45(9):158-162.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.044

# 山羊乳成分分析及变化规律

付宇阳<sup>1,2</sup>, 高立鹏<sup>2</sup>, 白云峰<sup>1,2</sup>, 杨丽<sup>2</sup>, 严少华<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学动物科技学院, 江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院六合动物科学基地, 江苏南京 210014)

**摘要:**为研究山羊产后 0~9 周乳中营养物质含量及变化规律,将试验动物健康无病的波杂母羊(波尔山羊×徐淮山羊)分为不同胎次(2~5 胎)、不同泌乳周(0~9 周),随机采集 116 头份泌乳期在 0~9 周的山羊乳,并对 100 份乳中的蛋白质、灰分、干物质、脂肪、乳糖、氨基酸、矿物质含量及变化规律进行分析。结果表明:羊乳中蛋白质、灰分、干物质、脂肪、氨基酸、矿物质含量整体上随泌乳周龄的增加呈现下降趋势,且产后 0 周各种营养物质(除乳糖)的含量显著高于其他各周( $P < 0.05$ );乳糖含量在 1 周后出现显著下降趋势( $P < 0.05$ );所测的 17 种氨基酸中,谷氨酸的含量最高,其次是脯氨酸、亮氨酸;所测的 6 种矿物质中,钙、磷含量较为丰富,4 种微量元素的含量排序为锌>铁>铜>锰。由此可见,山羊乳中营养物质含量随泌乳期的延长呈现规律变化,这就为泌乳期山羊泌乳生理的研究提供了理论依据,并为羔羊断奶策略和补饲料的生产提供了一定的指导意义。

**关键词:**波杂山羊;羊乳;营养成分;变化规律

**中图分类号:** S827.4<sup>+</sup>5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0158-05

随着养羊业向现代化、集约化、规模化的转变,养殖过程中出现了许多问题,其中初生羔羊死亡率高是制约当前山羊饲养经济的一个主要问题<sup>[1]</sup>。据统计,羔羊死亡率最高可达到 38.4%<sup>[2-3]</sup>,而缺乳饥饿是引起羔羊死亡的一个重要因

素,因此近年来有关山羊乳成分、羔羊代乳粉和早期开口料的研究成为热点之一。众所周知,羔羊代乳粉及开口料的配制都是以羊乳中营养物质含量为基础的,而乳成分因受到品种、环境、胎次、营养水平、饲养条件等因素的影响不尽相同<sup>[4]</sup>。买买提伊明·巴拉提等研究表明,初乳中蛋白质、脂肪、乳糖、矿物质、维生素的含量均显著高于常乳<sup>[5]</sup>。马友记等研究表明,绵羊乳中蛋白质、非脂固形物含量和酸度均呈现前期快速下降、中期减缓下降、后期缓慢上升的趋势,乳糖则呈现先缓慢上升后下降的趋势<sup>[6]</sup>。Menéndez-Buxadera 等研究 5 163 份山羊乳表明,山羊乳中的蛋白质、脂肪、干物质含量与泌乳日龄存在负相关<sup>[7]</sup>。在乳成分变化规律的研究中,有关绵羊产后不同周龄乳成分变化规律的研究较多<sup>[8-9]</sup>,而有关山羊

收稿日期:2016-06-21

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1003];公益性行业(农业)科研专项(编号:201203050-4)。

作者简介:付宇阳(1992—),女,河南周口人,硕士研究生,主要从事家畜营养生态学研究。E-mail:1263162896@qq.com。

通信作者:白云峰,博士,研究员,硕士生导师,主要从事家畜营养生态学研究。Tel:(025)57686106;E-mail:blinkeye@126.com。

[5]刘华,雷瑞德. 我国森林生态系统碳储量和碳平衡的研究方法及进展[J]. 西北植物学报,2005,25(4):835-843.

[6]张全军,于秀波,钱建鑫,等. 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征[J]. 生态学报,2012,32(12):3656-3669.

[7]郭泉水,康义,赵玉娟,等. 三峡库区消落带氮磷钾、pH 值和有机质变化[J]. 林业科学,2012(3):7-10.

[8]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.

[9]庞奖励,张健,黄春长. High TOC II 分析仪快速测定土壤和黄土样品中的有机碳[J]. 分析仪器,2003(1):34-37.

[10]刘凤枝. 农业环境监测实用手册[M]. 北京:中国标准出版社,2001.

[11]郝冠军,黄懿珍,赵晓艺,等. 重铬酸钾外加热法测定土壤有机质的不确定度评定[J]. 上海农业学报,2011,27(3):103-109.

[12]李小涵,李富翠,王朝辉. 影响 TOC 有机碳分析仪测定土壤碳含量的因素[J]. 分析仪器,2011(5):8-12.

[13]王戎,彭辉,路神通,等. 总有机碳测定仪 TOC-5000A 与 Aurora 1030W 性能的比较[J]. 中国环境监测,2008,24(6):52-56.

[14]徐涛,高玉成,叶振忠,等. 水质 TOC 分析仪器的现状及其检

测技术的新进展[J]. 仪器仪表学报,2002(增刊3):224-227.

[15]施银桃,夏东升,李海燕,等. 总有机碳的测定及其在染料废水监测中的应用[J]. 中国环境监测,2003,4(19):39-42.

[16]余天,邱忠平,付春霞,等. 填埋垃圾中 TOC 含量的测定方法优化[J]. 环境工程学报,2012,6(9):3313-3317.

[17]卢宝光,陈婷婷. 城市污水厂脱水污泥中 TOC 含量的测定[J]. 中国给水排水,2006,22(2):87-89.

[18]王秀萍. 总有机碳分析仪及其常见故障的排除[J]. 实验技术与管理,2008,25(8):80-82.

[19]杨丹,潘建明. 总有机碳分析技术的研究现状及进展[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版),2008,31(4):441-444.

[20]汤晓,黄绪光. 用 TOC 分析仪测定复混肥料中有机质的含量[J]. 高师理科学刊,2006,26(2):57-59.

[21]许文. 仪器检出限和方法检出限[J]. 地质实验室,1993,9(4):244-248.

[22]邓帷婕,包维楷,辜彬,等. 陆生高等植物碳含量及其特点[J]. 生态学杂志,2007,26(3):307-313.

[23]涂洁,刘琪璟. 亚热带红壤丘陵区湿地松人工林生态系统碳素贮量与分布研究[J]. 江西农业大学学报,2007,29(1):48-54.

产后乳成分变化规律的研究却鲜见报道,大多数学者给出的山羊乳成分含量皆是均值,对不同泌乳周龄山羊的泌乳生理仍需全面细致的研究。鉴于此,本研究以 116 头经产波杂山羊(波尔山羊×徐淮山羊)为研究对象,基于大量样本,较为系统、全面地对山羊产后 0~9 周龄乳中蛋白质、灰分、干物质、脂肪、氨基酸、矿物质含量的动态变化进行研究分析,以期 为波杂山羊不同泌乳周龄乳成分含量及变化规律的研究提供数据基础;同时,研究羔羊在自然母乳饲养下所摄食的主要营养成分随周龄增长的变化规律,以期 为羔羊断奶策略的制定、补饲料的生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及试验设计

本试验以不同胎次(2~5 胎)、不同泌乳周(0~9 周)健康无病的波杂母羊(波尔山羊×徐淮山羊)为研究对象。于 2015 年 3—4 月,在江苏省农业科学院六合动物科学基地试验羊场随机采集 116 份泌乳期在 0~9 周的山羊乳,并对 100 份(每个泌乳周选取 10 份)乳中的蛋白质、灰分、干物质、脂肪、乳糖、氨基酸、矿物质含量及动态变化规律进行比较。

1.2 饲养管理

所有的试验羊均采用全舍饲饲养管理,分别于 07:30、13:30 饲喂 2 次,上午饲喂青贮玉米秸秆和泌乳期精料(具体组成和营养水平见表 1);下午饲喂泌乳期精料,自由采食、饮水和运动。

1.3 样品采集与指标测定

所有奶样均在 14:00—15:00 进行人工挤奶采集,每份采集 60 mL 于消过毒的采样瓶中,低温保存在采样箱内,并立即带回实验室,在 -20℃ 条件下进行保存,用于检测山羊乳的各营养成分指标。干物质含量参照 105℃ 恒温干燥法进行测定;灰分含量采用马福炉灰化法(参照 GB/T 5409—1985《牛乳检验方法》)进行测定;蛋白质含量采用凯氏定氮法(参照 GB/T 6432—1994《饲料中粗蛋白测定方法》)进行测定;钙、铁、铜、锰、锌含量采用原子吸收光谱法(参照 GB/T 13885—2003《动物饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定》)进行测定;磷含量采用钼酸铵分光光度法(参照 GB/T 6437—2002《饲料中总磷的测定 分光光度法》)进行测定;氨基酸含量采用氨基酸自动分析仪(参照 GB/T 18246—2000《饲料

中氨基酸的测定》)测定;脂肪、乳糖含量采用乳成分分析仪(Milk Scan 4000)进行测定。

表 1 试验饲料组成及营养水平(干物质基础)

原料	含量(%)	营养水平	数值
玉米	20	精粗比	35:65
麦麸	12	代谢能(MJ/kg)	9.49
大豆皮	30	蛋白质含量(%)	13.30
喷浆玉米皮	20	中性洗涤纤维含量(%)	37.20
橘子皮	15	酸性洗涤纤维含量(%)	23.84
石粉	0.85	钙含量(%)	0.65
磷酸氢钙	1.15	磷含量(%)	0.35
食盐	0.5		
预混物	0.5		
合计	100		

注:1 kg 维生素预混料中含有 4 000 000 IU 维生素 A,1 000 000 IU 维生素 D<sub>3</sub>,20 g 维生素 E,44.0 g MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,57.1 g ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,69.0 g FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,17.6 g CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O,44 g MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O,0.9 g Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>,31.7 g KI,0.24 g CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O。

1.4 统计分析

试验数据采用 SPSS 20.0 统计软件中的单因素方差分析和 Duncan's 法多重比较进行分析,*P*<0.05 表示差异显著,试验结果以“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 蛋白质、干物质、灰分、脂肪、乳糖含量的变化

由表 2 可知,乳中蛋白质、干物质、灰分、脂肪的含量随泌乳期的延长呈下降趋势,产后第 1 周(即 0 周)蛋白质、干物质、灰分、脂肪的含量显著高于第 2~10 周(*P*<0.05),分别为 10.68%、25.99%、1.65%、8.13%,分别为第 2~10 周平均值的 2.88、1.77、2.22、1.57 倍;山羊乳中蛋白质含量产后前 3 周呈显著下降趋势(*P*<0.05),3~9 周山羊乳中蛋白质含量差异均不显著;山羊乳中干物质的含量在 0~5 周呈下降趋势,但 5 周以后稍有升高呈波动状态变化;山羊乳中灰分含量在 0.65%~1.65%之间,随泌乳期的延长呈下降趋势,羊初乳中的灰分含量约在 0.9% 以上,常乳中的灰分含量稍有下降,且 2~9 周灰分含量变化差异不显著;山羊产后 0~9 周乳中的脂肪含量波动较大(4.22%~8.13%);乳糖含量变化与蛋白质、干物质、灰分、脂肪的变化趋势有所差异,产后前 2 周含量差异不显著,3~6、7~9 周的乳糖含量差异也不显著。

表 2 山羊产后 0~9 周乳中蛋白质、干物质、灰分、脂肪、乳糖含量的变化

周龄 (周)	含量(%)				
	蛋白质	干物质	灰分	脂肪	乳糖
0	10.68±1.07a	25.99±2.56a	1.65±0.18a	8.13±0.34a	4.46±0.08a
1	5.44±0.27b	17.80±1.05b	0.87±0.07b	5.94±0.17b	4.52±0.13a
2	4.38±0.14c	16.83±0.38bc	0.77±0.01bc	5.81±0.11b	4.25±0.03b
3	3.86±0.16cd	14.94±0.72cd	0.76±0.01bc	5.32±0.07c	4.14±0.05bc
4	3.56±0.09cd	14.68±0.40cd	0.74±0.01bc	5.31±0.08c	4.08±0.04bc
5	3.41±0.02cd	13.53±0.43d	0.74±0.01bc	5.18±0.07cd	4.07±0.05bc
6	3.40±0.08cd	13.83±0.17d	0.73±0.01bc	5.15±0.07cd	4.04±0.02bc
7	3.23±0.03d	13.54±0.18d	0.72±0.01bc	5.04±0.04cd	4.02±0.03c
8	3.10±0.05d	13.66±0.16d	0.70±0.02bc	4.81±0.19d	4.01±0.04c
9	2.95±0.24d	13.11±0.32d	0.65±0.03c	4.22±0.12e	3.93±0.05c

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)。下表同。

2.2 氨基酸含量的变化

由表 3 可知,山羊产后 0~9 周乳中的天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸等 17 种氨基酸含量随周龄的增加基本呈现相似的变化,即产后 0 周 17 种氨基酸含量均最高,之后随着产后时间的延长各种氨基酸含量整体上逐渐下降,其中蛋氨酸、

异亮氨酸、赖氨酸含量在 4~6 周出现波动,均在 6 周出现含量上升的现象;苏氨酸、丝氨酸和酪氨酸含量在 2~9 周差异不显著;脯氨酸除初乳含量高外,1~9 周的含量稳定,差异不显著;在常乳期内(产后 1~9 周),谷氨酸含量最高,其次是脯氨酸和亮氨酸,蛋氨酸和半胱氨酸的含量相对较低。

表 3 山羊产后 0~9 周乳中氨基酸含量的变化

周龄 (周)	氨基酸含量(%)					
	天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸
0	0.454±0.037a	0.340±0.037a	0.415±0.037a	1.330±0.058a	0.198±0.023a	0.221±0.017a
1	0.267±0.014b	0.184±0.009b	0.226±0.009b	0.926±0.076b	0.074±0.003b	0.123±0.003b
2	0.239±0.005bc	0.144±0.006c	0.164±0.005c	0.701±0.022c	0.063±0.003bc	0.091±0.003c
3	0.234±0.013bc	0.141±0.005c	0.162±0.005c	0.676±0.019cd	0.063±0.001bc	0.086±0.002c
4	0.202±0.007cd	0.134±0.003c	0.147±0.003c	0.658±0.015cde	0.055±0.002bc	0.086±0.002c
5	0.210±0.006cde	0.131±0.003c	0.146±0.003c	0.614±0.016cde	0.053±0.001bc	0.078±0.001cd
6	0.196±0.002cde	0.128±0.001c	0.141±0.001c	0.592±0.009de	0.055±0.001bc	0.074±0.001cd
7	0.195±0.003cde	0.129±0.003c	0.140±0.003c	0.591±0.012de	0.051±0.004bc	0.073±0.001cd
8	0.188±0.008de	0.128±0.002c	0.133±0.002c	0.580±0.007de	0.049±0.005c	0.069±0.000d
9	0.160±0.009e	0.123±0.005c	0.127±0.005c	0.562±0.014e	0.045±0.006c	0.067±0.001d

周龄 (周)	氨基酸含量(%)					
	半胱氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸
0	0.076±0.007a	0.421±0.035a	0.103±0.007a	0.255±0.025a	0.510±0.048a	0.313±0.037a
1	0.041±0.005b	0.203±0.010b	0.072±0.004b	0.156±0.007b	0.283±0.010b	0.175±0.012b
2	0.024±0.001c	0.156±0.005c	0.059±0.002c	0.145±0.004bc	0.229±0.005c	0.131±0.002c
3	0.018±0.000cd	0.151±0.006cd	0.057±0.001cd	0.143±0.004bc	0.221±0.003c	0.127±0.002c
4	0.017±0.000cd	0.134±0.006cde	0.051±0.001cde	0.141±0.004bcd	0.217±0.005cd	0.125±0.002c
5	0.014±0.000d	0.131±0.003cde	0.048±0.001de	0.127±0.004bed	0.216±0.004cd	0.120±0.003c
6	0.014±0.000d	0.134±0.005cde	0.050±0.001de	0.137±0.004cd	0.201±0.007cd	0.118±0.002c
7	0.013±0.000d	0.125±0.003cde	0.048±0.001e	0.121±0.003cd	0.185±0.005cd	0.111±0.004c
8	0.013±0.000d	0.115±0.004de	0.047±0.001e	0.119±0.004cd	0.180±0.005cd	0.102±0.002c
9	0.013±0.002d	0.104±0.005e	0.045±0.002e	0.114±0.003d	0.166±0.011d	0.100±0.004c

周龄 (周)	氨基酸含量(%)					
	苯丙氨酸	组氨酸	赖氨酸	精氨酸	脯氨酸	
0	0.215±0.005a	0.167±0.020a	0.462±0.027a	0.191±0.006a	0.550±0.047a	
1	0.157±0.003b	0.102±0.004b	0.287±0.019b	0.159±0.002b	0.337±0.007b	
2	0.143±0.001c	0.076±0.006c	0.210±0.009c	0.158±0.003bc	0.331±0.020b	
3	0.139±0.001cd	0.075±0.003c	0.183±0.002cd	0.157±0.002bc	0.328±0.015b	
4	0.135±0.002d	0.069±0.001c	0.171±0.003d	0.156±0.002bc	0.326±0.003b	
5	0.128±0.002e	0.068±0.000c	0.166±0.001d	0.154±0.002bcd	0.323±0.003b	
6	0.127±0.001e	0.065±0.001c	0.170±0.003d	0.149±0.001cde	0.322±0.003b	
7	0.127±0.001e	0.063±0.001c	0.160±0.002d	0.146±0.004de	0.320±0.004b	
8	0.127±0.000e	0.061±0.001c	0.157±0.002d	0.144±0.002e	0.319±0.002b	
9	0.124±0.001e	0.056±0.001c	0.155±0.002d	0.136±0.002f	0.309±0.003b	

2.3 矿物质含量的变化

如表 4 所示,羊乳中钙、磷、铁、铜、锰、锌的含量整体上随产后泌乳日龄的延长呈下降的趋势,且产后第 1 周的含量均显著高于第 2~10 周的含量( $P<0.05$ );钙、铁、铜、锰、锌的含量变化幅度较大,锌的变化最大,变化范围为 1.71~11.49  $\mu\text{g/g}$ ,第 1 周含量是第 10 周的 6.72 倍;磷的含量在第 5~9 周的下降速度缓慢,差异不显著,且出现第 7 周的含量偏高于第 6 周的现象。在所测的 4 种微量元素中锌的含量最高,平均含量为 4.60  $\mu\text{g/g}$ ,锰的含量最低,平均含量为 0.40  $\mu\text{g/g}$ 。

3 讨论

3.1 山羊产后 0~9 周乳中蛋白质、干物质、灰分、脂肪、乳糖

含量的变化

3.1.1 山羊产后乳中蛋白质含量的变化 在本研究中,山羊产后第 1 周乳中蛋白质含量为 10.68%,显著高于其他各周( $P<0.05$ ),是第 10 周蛋白含量的 3.62 倍。黄磊等测得天府肉山羊产羔后 0~48 h 羊蛋白质的含量范围为 5.83%~17.11%<sup>[10]</sup>;陈树兴等测得经产山羊前 3 次初乳蛋白质的含量分别为 16.5%、10.7%、6.8%<sup>[11]</sup>;杨晓宇等测定的莎能奶山羊初乳蛋白质含量为 10.24%<sup>[12]</sup>。本试验测得的山羊产后第 1 周蛋白质含量与上述山羊初乳蛋白质含量略有差异,这可能与试验动物的种属差异有关。第 2~10 周山羊乳的蛋白质变化范围为 2.95%~5.44%,前 3 周蛋白含量差异显著( $P<0.05$ ),第 4~10 周组间蛋白含量差异不显著,这可能与山羊产后 1 周内分泌初乳且 3 周内的泌乳量相当于泌乳周期

表 4 山羊产后 0~9 周乳中矿物质含量的变化

周龄 (周)	矿物质含量(μg/g)					
	钙	磷	铁	铜	锰	锌
0	1 848.5 ± 69.8a	1 431.1 ± 61.3a	8.6 ± 1.4a	3.39 ± 0.12a	0.71 ± 0.03a	11.49 ± 1.57a
1	1 493.5 ± 19.4b	1 227.5 ± 21.7b	4.2 ± 0.2b	2.53 ± 0.01b	0.44 ± 0.01b	5.85 ± 0.55b
2	1 441.0 ± 19.9bc	1 115.6 ± 25.6c	3.6 ± 0.1bc	2.36 ± 0.01b	0.37 ± 0.01c	5.77 ± 0.62b
3	1 386.3 ± 25.5cd	1 090.9 ± 26.9c	3.2 ± 0.1bcd	2.07 ± 0.03c	0.35 ± 0.01cd	4.34 ± 0.44bc
4	1 354.5 ± 25.0cde	987.2 ± 19.2d	3.0 ± 0.0bcde	1.99 ± 0.02cd	0.34 ± 0.01cd	4.16 ± 0.10bcd
5	1 358.3 ± 20.6cde	974.8 ± 27.4d	2.5 ± 0.1cde	1.95 ± 0.04cd	0.34 ± 0.01cd	4.21 ± 0.23bcd
6	1 312.8 ± 22.6de	979.7 ± 13.1d	2.3 ± 0.0cde	1.79 ± 0.01de	0.31 ± 0.01de	3.09 ± 0.20cde
7	1 271.0 ± 12.4ef	979.7 ± 13.1d	2.2 ± 0.0cde	1.60 ± 0.01e	0.30 ± 0.01de	2.97 ± 0.20cde
8	1 201.3 ± 32.9f	923.1 ± 21.4d	2.0 ± 0.0de	1.49 ± 0.04f	0.29 ± 0.01ef	2.40 ± 0.14de
9	1 186.6 ± 40.5f	800.3 ± 23.8e	1.7 ± 0.1e	1.44 ± 0.05f	0.25 ± 0.01f	1.71 ± 0.21e

母乳总量 75% 的泌乳规律有关。

3.1.2 山羊产后乳中干物质含量的变化 在本试验中,山羊乳中干物质含量总体呈下降趋势,在产后第 7、8 周较第 6 周有所上升,但差异不显著,与 Aganga 等研究的绵羊乳中干物质含量在产后 40 至 166 d 逐渐上升的结论一致<sup>[13]</sup>,与马友记等研究的绵羊乳中干物质含量在 1~21 d 呈下降趋势后在 21~28 d 呈上升趋势的结果有所差异<sup>[9]</sup>。产后第 5 周干物质含量为 14.68%,与黄磊等研究的天府山羊第 30 天干物质含量 14.53%<sup>[10]</sup>相比略高,与邵尊亚等研究的河西绒山羊第 30 天干物质含量 13.88% 相比高 5.76%<sup>[14]</sup>,较买买提伊明·巴拉提等研究的多浪羊常乳中干物质含量 19% 低 22.7%<sup>[5]</sup>。原因可能是由于试验羊群品种、胎次、饲草条件、饲养管理和母羊自身营养状况等的不同造成的。

3.1.3 山羊产后乳中灰分含量的变化 从试验结果可以看出,山羊乳中的灰分含量和干物质的含量变化趋势一致,3~9 周的灰分含量变化范围在 0.70%~0.77% 之间,差异不显著,与天府山羊 0.72%~0.74% 的研究结果相似,较崂山奶山羊 0.82%~0.92% 的含量偏低<sup>[15]</sup>。灰分含量 2 周后出现差异不显著现象的原因可能与母羊泌乳量逐渐减少和体况逐渐恢复、采食量增加、营养状况趋于稳定有关<sup>[16]</sup>。

3.1.4 山羊产后乳中脂肪含量的变化 由本试验可知,羊奶中脂肪含量随泌乳期的延长呈下降趋势,特别是第 10 周出现明显下降。由结果还可看出,脂肪含量的变化幅度较大,变化范围为 4.22%~8.13%,较买买提伊明·巴拉提等研究的多浪奶山羊乳中脂肪含量 4.9%~12.6% 的变化范围<sup>[5]</sup>小,较常大伟等研究的关中山羊 3%~5% 含量的变化范围<sup>[17]</sup>大。山羊产后第 5 周脂肪含量为 5.31%,比河西绒山羊产后第 30 天脂肪含量 4.36% 和天府山羊产后第 30 天脂肪含量 5.20% 都要高。研究表明,一般情况下,整个泌乳期中脂肪含量是呈线形下降的,不同品种的山羊在相同泌乳期脂肪含量略有不同,这主要是受到季节、遗传、瘤胃中挥发性脂肪酸、饲养管理和生理等诸多因素的影响,其中日粮结构和日粮营养是影响脂肪含量降低的原因<sup>[18-19]</sup>。

3.1.5 山羊产后乳中乳糖含量的变化 乳糖对羔羊具有重要的营养作用。本研究中乳糖含量在第 2 周出现明显下降的趋势,且第 2 周的含量稍高于第 1 周。与黄磊等研究的天府山羊产后 48 h 内乳糖含量逐渐增加<sup>[10]</sup>,以及杨晓宇等研究的莎能奶山羊产后 0~168 h 乳糖含量逐渐增加的结果<sup>[12]</sup>一致。试验测得乳糖含量 2~10 周的平均值为 4.12%,较多浪

奶山羊常乳中乳糖含量 4.56% 低 9.6%,较曹斌云等研究的山羊乳中乳糖含量 4.0%<sup>[20]</sup>高 3.0%。从试验结果可知,产后第 1 周的乳中含糖量较低,这对新生出的消化机能不完善、乳糖酶分泌少、活性低的小羔羊是有利的<sup>[21]</sup>,同时也可选取羊初乳作为开发研制适合乳糖不耐症患者低乳糖产品的原料<sup>[22]</sup>。

3.2 山羊产后 0~9 周乳中氨基酸含量的变化

氨基酸是构成生物体蛋白质的基本单位,是机体物质代谢、信息传递等的重要组成部分,对机体的营养、生存和发展有极其重要的作用<sup>[23]</sup>。本试验结果表明,初乳中已测 17 种氨基酸含量均最高,随着泌乳时间的延长,各种氨基酸含量均逐渐下降,且各种氨基酸的含量之间差异较大,其中谷氨酸的含量最高,其次是脯氨酸、亮氨酸,这与彭婕等研究的舍饲绵羊乳中氨基酸含量变化<sup>[24]</sup>一致,与郭春华等研究的简阳大耳羊乳中谷氨酸含量最高结果一致但其次是天门冬氨酸、亮氨酸的结果<sup>[25]</sup>有差异,与马崑等研究的草地型藏羊与金堂黑山羊乳中氨基酸含量中精氨酸含量最高的结果<sup>[26]</sup>也有差异,这可能与试验动物品种和测试方法差异有关,本试验采用氨基酸分析仪离子交换柱后茚三酮衍生的方法测得,而马崑等是用反相高效液相色谱法分析所得<sup>[26]</sup>。在本试验中,蛋氨酸、异亮氨酸、赖氨酸含量在第 6~7 周有所上升,与彭婕等研究的舍饲绵羊产后 0~8 周乳成分中有 11 种氨基酸在 4~8 周出现波动的现象<sup>[24]</sup>有所差异,原因可能与母羊品种及自身恢复等因素有关。

3.3 山羊产后 0~9 周乳中钙、磷、铁、铜、锰、锌含量的变化

山羊乳中矿物质元素含量的动态变化受多个因素的影响,如生活环境、遗传因素、营养水平、泌乳期、泌乳量、乳糖含量等<sup>[27]</sup>。本试验研究了不同泌乳期山羊乳中矿物质元素含量的变化规律,结果表明,钙、磷、铁、铜、锰、锌的含量与泌乳期的变化呈明显相关,基本上随泌乳时间的延长呈逐渐下降的趋势。初乳中的各矿物质元素含量普遍高于常乳,因为初乳基本是新生羔羊唯一的食物来源,初乳中高含量的矿物质可使羔羊充分获取所需的矿物元素。从整个泌乳期看,钙、磷的含量较丰富,且含量在泌乳 30~50 d 后出现缓慢上升的现象,这可能与羔羊营养需要有关,为保证羔羊的正常生长,母体通过自身调节各矿物质元素在羊乳中的含量<sup>[28]</sup>。常乳中微量元素的含量排序为锌(0.38 mg/100 g) > 铁(0.24 mg/100 g) > 铜(0.19 mg/100 g) > 锰(0.033 mg/100 g),与王逸斌等研究的山羊乳中锌(0.34 mg/100 g) > 铁(0.06 mg/100 g) > 铜

(0.03 mg/100 g) > 锰(0.008 mg/100 g) 的趋势一致,但铁、铜、锰的含量均显著高于王逸斌等的研究结果<sup>[29]</sup>,与陆东林等研究的山羊乳中锌(0.56 mg/100 g) > 铁(0.07 mg/100 g) > 铜(0.05 mg/100 g)<sup>[30]</sup>相比,本研究锌的含量偏低,而铁、铜的含量偏高。由此可得,不同品种不同泌乳期的羊乳中矿物质含量存在明显差异,应视具体情况对羔羊补饲,采用适宜的矿物质添加水平。

#### 4 结论

山羊乳中的蛋白质、干物质、灰分、脂肪随泌乳期的延长基本呈现下降趋势,且产后第1周营养物质含量(除乳糖)显著高于第2~10周,乳糖含量在2周后出现明显下降的趋势。山羊乳中的17种氨基酸含量随泌乳期的增加呈下降的变化趋势,谷氨酸的含量最高,其次是脯氨酸和亮氨酸。山羊乳中钙、磷、铁、铜、锰、锌的含量均随产后泌乳期的延长呈下降的趋势,常乳中钙、磷的含量分别为133.39、105.10 mg/100 g。

#### 参考文献:

- [1] 朱胜智. 规模养殖场初生羔羊死亡的原因及对策[J]. 中兽医杂志, 2014(12): 32-33.
- [2] 韩战强, 刘长春, 李鹏伟, 等. 河南省规模化羊场羔羊发病及死亡情况调查分析[J]. 畜牧与兽医, 2014, 46(5): 126-127.
- [3] 张霞, 张华, 罗卫星, 等. 贵州省羔羊死亡原因调查分析[J]. 动物医学进展, 2015, 36(10): 130-134.
- [4] 李龙柱, 张富新, 贾润芳, 等. 不同哺乳动物乳中主要营养成分比较的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(19): 396-400.
- [5] 买买提伊明·巴拉提, 柳广斌, 卡地尔·肉孜, 等. 多浪羊羊奶营养成分研究[J]. 中国草食动物, 2009, 29(2): 62-63.
- [6] 马友记, 董琪利. 舍饲绵羊产后56 d内乳成分变化规律研究[J]. 畜牧兽医杂志, 2013, 32(6): 19-22, 25.
- [7] Menéndez - Buxadera A, Molina A, Arrebola F, et al. Random regression analysis of milk yield and milk composition in the first and second lactations of Murciano - Granadina goats[J]. Journal of Dairy Science, 2010, 93(6): 2718-2726.
- [8] 赵伯阳, 徐刚毅, 冯朝辉, 等. 四川部分山羊品种(系)产奶量及乳营养分析[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 330-333.
- [9] 马友记, 董琪利, 李发弟, 等. 舍饲绵羊产后30天产奶量及乳成分变化规律[J]. 草业学报, 2013, 22(5): 287-293.
- [10] 黄磊, 徐刚毅, 韦宏伟, 等. 天府肉羊哺乳产奶量及乳中营养成分变化[J]. 中国草食动物, 2010, 30(1): 15-18.
- [11] 陈树兴, 赵玉娟, 石宝霞, 等. 山羊初乳成分及其免疫球蛋白构成变化的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(1): 41-44.
- [12] 杨晓宇, 陈锦屏, 张富新, 等. 莎能奶山羊初乳营养成分的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(4): 654-656.
- [13] Aganga A A, Nkile J A. Effect of stage of lactation on nutrient

- composition of Tswana sheep and goat's milk[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2002, 15(5): 533-543.
- [14] 邵尊亚, 雷赵民, 宫旭胤, 等. '河西绒山羊'乳营养成分及理化性质研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(2): 25-28.
- [15] 刘畅. 崂山奶山羊不同泌乳期乳的理化性质及热稳定性的研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2014: 1-63.
- [16] Chauhan A K, Chandra P, Rathaur A K. Effect of ions on heat stability of goat and cow milk[J]. Journal of Dairying Foods and Home Sciences, 2000, 19(3/4): 227-230.
- [17] 常大伟, 焦维娜, 赵丹. 关中山羊乳感官品质及营养成分监测[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2013, 31(1): 82-85, 114.
- [18] Mahmood A, Usman S. A comparative study on the physicochemical parameters of milk samples collected from Buffalo, cow, goat and sheep of gujrat Pakistan[J]. Pakistan Journal of Nutrition, 2010, 9(12): 1192-1197.
- [19] López - Aliaga I, Alférez M J, Nestares M T, et al. Goat milk feeding causes an increase in biliary secretion of cholesterol and a decrease in plasma cholesterol levels in rats[J]. Journal of Dairy Science, 2005, 88(3): 1024-1030.
- [20] 曹斌云, 罗军, 姚军虎, 等. 山羊乳的营养价值与特点[J]. 畜牧兽医杂志, 2007, 26(1): 49-50.
- [21] Schwendel B H, Wester T J, Morel P C, et al. Invited review: organic and conventionally produced milk - an evaluation of factors influencing milk composition[J]. Journal of Dairy Science, 2015, 98(2): 721-746.
- [22] 郭志, 徐刚毅. 营山黑山羊哺乳产奶量测定及乳中营养成分的动态分析[J]. 中国草食动物科学, 2012(增刊1): 379-381.
- [23] 杨琴, 蔡雷江, 孙宗奇, 等. 萨能奶山羊乳的营养特性及酸羊奶产品开发[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(1): 116-119.
- [24] 彭婕, 魏占虎, 李冲, 等. 舍饲绵羊产后0~8周乳成分变化规律研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(3): 1-7, 21.
- [25] 郭春华, 黄艳玲, 李世丹, 等. 简阳大耳羊不同泌乳期乳成分含量动态变化[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010(21): 58-60.
- [26] 马嵬, 郑玉才, 王永, 等. 草地型藏羊和金堂黑山羊乳中游离氨基酸含量的分析[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2006, 36(4): 5-7.
- [27] 崔素萍, 孙美玲, 崔丽琴, 等. 黑龙江省安达地区牛乳中主要营养成分分析[J]. 中国乳品工业, 2015, 43(8): 26-30.
- [28] 刘益丽, 江明锋, 江伟华, 等. 麦洼牦牛全泌乳期乳中矿物质元素变化规律研究[J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(6): 112-116.
- [29] 王逸斌, 徐莎, 侯艳梅, 等. 山羊乳的营养成分研究进展[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(10): 67-71.
- [30] 陆东林, 李景芳. 山羊乳的营养价值及风味改善技术[J]. 新疆畜牧业, 2013(6): 16-20.