

张圳, 罗欣然, 张芬, 等. 西农萨能奶山羊不同泌乳时期乳成分变化规律及其相关性分析 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (10): 15-20.

ZHANG Z, LUO X R, ZHANG F, et al. Variation regularity and correlation analysis of milk composition during different lactation periods in Xinong Saanen dairy goats [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (10): 15-20.

西农萨能奶山羊不同泌乳时期乳成分变化规律及其相关性分析

张圳, 罗欣然, 张芬, 岳子婷, 宋美文, 熊焯焯, 史怀平, 李聪*

(西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了探究西农萨能奶山羊不同泌乳时期各乳成分间的相关性及其变化规律, 选取 150 只健康状况良好的西农萨能奶山羊, 分别收集泌乳 (15±5)、(60±5)、(160±5) 和 (230±5) d, 即泌乳初期、盛期、中期和末期 4 个不同泌乳阶段的奶样, 分析其乳成分含量, 揭示其动态变化规律以及不同泌乳时期各乳成分间的相关性。结果: 不同泌乳时期的乳成分均有显著差异 ($P<0.05$), 奶山羊乳成分含量总体呈现泌乳早期波动较大, 泌乳后期较为稳定的变化规律; 泌乳初期乳中总固形物率、乳糖率、乳蛋白率、乳脂率均显著高于其他泌乳时期; 乳脂率与总固形物率在不同泌乳阶段均呈极显著正相关 ($P<0.01$)。综上, 西农萨能奶山羊乳成分随泌乳期的变化符合奶畜泌乳一般规律, 不同泌乳阶段显著影响乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、总固形物率、尿素氮和体细胞评分等关键乳成分的含量。

关键词: 奶山羊; 乳成分; 泌乳时期; 变化规律; 相关性分析

中图分类号: S827 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)10-0015-06

Variation regularity and correlation analysis of milk composition during different lactation periods in Xinong Saanen dairy goats

ZHANG Zhen, LUO Xinran, ZHANG Fen, YUE Ziting, SONG Meiwen,

XIONG Tiantian, SHI Huaiping, LI Cong*

(College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: In order to investigate the correlation between milk components in different lactation periods and its variation regularity, 150 dairy goats in good health condition were selected as research objects, and milk samples were collected from the goats in four different lactation stages, namely, the early lactation stage (15±5) d, the peak lactation stage (60±5) d, the middle lactation stage (160±5) d and the late lactation stage (230±5) d. The contents of milk components were analyzed to reveal the dynamic regularity and the correlation between milk components in different lactation periods. The results showed that different lactation periods had significant effects on milk composition ($P<0.05$). The content of milk components of dairy goats showed a large fluctuation in the early stage of lactation, and a more stable pattern of change in the late stage of lactation. The total solids percentage, lactose percentage, milk protein percentage and milk fat percentage of the milk components were significantly higher in the early stage of lactation than those in other stages of lactation. The positively highly significant correlation between milk fat percentage and total solids percentage in different lactation stages was observed ($P<0.01$). The results of this study indicated that the changes in milk components of Xinong Saanen dairy goats in lactation were in accordance with the general law of lactation of the dairy animals; the contents of their key milk components such as milk fat percentage, milk protein percentage, lactose percentage, total solids percentage, milk urea nitrogen and somatic cell sore varied significantly at different lactation stages.

Keywords: dairy goat; milk composition; lactation period; variation regularity; correlation analysis

奶山羊作为重要的奶畜之一, 推动了我国奶业发展, 为我国奶肉供应提供了重要保障。据报道, 我国

奶山羊数量居世界首位, 目前存栏约 1 300 万只, 产奶羊约 790 万只; 以陕西、山东、河南、河北等省饲养较多, 陕西、山东两省奶山羊存栏量占全国奶山羊总存栏量的 57.41%, 羊乳产量占全国总量的 57.1%^[1]。然而, 我国奶山羊产奶量仅位居世界第 4 位, 2023 年, 我国羊奶总产量约 1.6×10^6 t, 占全国鲜奶总产量的 4.5%, 因此发展潜力巨大^[2-3]。山羊奶致敏性低, 营养成分丰富, 含有 200 多种营养物质, 包括丰富的蛋白质、脂肪和维生素等, 其成分最

收稿日期: 2024-09-20; 修回日期: 2025-07-18

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFD1300203); 陕西省畜禽育种“两链”融合重点专项 (2022GD-TSLD-46-0203); 奶山羊全产业链技术规范研制及产业化项目 (2208-610528-04-02-755608)

第一作者: 张圳, 男, 硕士研究生

* 通信作者: 李聪, 副教授, 研究方向: 动物分子数量遗传学,

E-mail: congl@nwfufu.edu.cn。

接近于人体母乳^[4]；山羊奶中含有丰富的酪蛋白、氨基酸、矿物质等，其乳糖含量低于牛奶；山羊奶具有抗氧化、调节改善肠道等功能，更容易被消化吸收^[5-7]。山羊奶因其营养价值高、易于被人体吸收和独特的品质而备受消费者关注，是我国奶业的重要补充。

当前，消费者对奶制品的需求已逐步实现了由量到质的转变，这敦促奶山羊产业亟须高质量发展。乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、非脂乳固体和尿素氮等乳成分衡量乳品质的重要指标^[8]，明晰其在奶山羊不同泌乳阶段的变化规律，并解析这些性状指标间的相关性，对改善乳品质具有重要意义。研究表明，奶畜的泌乳性能受品种、日粮营养水平、泌乳阶段、胎次等多个因素的影响^[9-13]。奶山羊整个泌乳期分为泌乳初期、盛期、中期和末期4个阶段，随着泌乳时期的延长，日产奶量表现为先上升后下降的特点^[14]。不同泌乳时期的各乳成分含量呈现出显著变化，在泌乳初期，乳汁中乳脂、乳蛋白等成分含量较高，各乳成分含量整体呈先减少后增多的变化趋势。目前，有关奶山羊不同泌乳阶段等非遗传因素对乳成分合成的影响报道不多。本研究分析不同泌乳时期奶山羊的乳成分含量，探究在不同泌乳阶段下，西农萨能奶山羊各乳成分变化规律，分析各乳成分间的相关关系，为奶山羊遗传调控、营养供给、饲养管理、生产实践等提供实际指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

选取西北农林科技大学原种场150只健康无异常的萨能奶山羊，分别在泌乳（15±5）、（60±5）、（160±5）和（230±5）d，即泌乳初期、盛期、中期和末期采集乳样，4个泌乳阶段样本数如下：泌乳初期20份，盛期141份，中期99份，末期17份。所有奶山羊在试验期间严格按照原种场饲养管理标准进行管理饲喂，具体饲料组成及其营养成分见表1。

1.2 样品采集与乳成分测定

在每个泌乳阶段当天06:00和18:00重复采集乳样，为排除污染，每次采集弃去前10 mL乳液，收集中间50 mL乳样。将早、晚两次重复采集的乳样混合后加入防腐剂（重铬酸钾），24 h内冷链运输到检测中心。利用乳成分体细胞联机测定仪（Combi 500 Bently, 美国）对收集的新鲜乳样进行乳脂、乳蛋白、总固形物、尿素氮、体细胞数（SCC）等指标的

测定。由于体细胞数呈偏态分布，故依据文献[15]将其转换为体细胞评分（SCS）进行后续分析，公式为： $SCS = \log_2 [SCC/10^5] + 3$ 。试验期间，获得表型测定值后，按照“ $x \pm 3SD$ ”剔除异常值用于后续分析。

表1 配方饲料组成及营养水平（干物质基础）

原料	含量/%	营养成分 ²⁾	营养水平
玉米	19.97	净能/ (MJ · kg ⁻¹)	3.29
麸皮	3.99	有机物/%	95.30
豆粕	6.66	粗蛋白质/%	11.08
菜粕	1.00	粗脂肪/%	1.47
食盐	0.55	中性洗涤纤维/%	18.12
磷酸氢钙	0.57	酸性洗涤纤维/%	11.36
预混料 ¹⁾	0.76	粗纤维/%	14.59
苜蓿干草	23.30		
玉米青贮	43.20		

注：¹⁾每千克饲料提供VA 100 kIU/kg，VD₃ 40 kIU/kg，VE 300 IU/kg，铁 765 mg/kg，锌 596 mg/kg，锰 350 mg/kg，铜 200 mg/kg，水 ≤ 10.0%；²⁾净能和有机物为计算值，其余均为理论值。

1.3 数据统计和分析

数据处理阶段，通过Excel软件对初步的乳成分数据进行整理，剔除异常值，数据以“平均值±标准差”表示。借助SPSS 22.0对各乳成分指标受不同泌乳阶段的影响进行了单因素方差分析，并基于分析结果进行关键乳成分间相关性的探讨。此外，为了直观展示乳成分间的相互关系，利用R语言中ggplot2软件包绘制相关性热图，以 $P < 0.05$ 表示差异显著或显著相关，以 $P < 0.01$ 表示差异极显著或极显著相关。

2 结果与分析

2.1 不同泌乳时期乳成分的描述性统计分析

不同泌乳时期乳成分含量的描述性统计分析结果如表2所示。泌乳初期乳脂率、乳蛋白率、总固形物率和尿素氮含量的最小值均大于其他泌乳时期各乳成分最小值；乳蛋白率、乳糖率、总固形物率的最大值均大于其他泌乳阶段各乳成分最大值；体细胞评分均值最高；尿素氮含量最大值为43.80 mmol/L，小于其他泌乳阶段的最大值。泌乳初期乳脂率、乳蛋白率、乳糖率的方差值大于其他泌乳阶段。结果表明，泌乳初期乳成分普遍高于其他泌乳阶段，且波动较大。

表2 不同泌乳时期乳成分含量描述性统计分析

泌乳时期	测定指标	最小值	最大值	均值	标准差	方差
初期 (n=20)	乳脂率/%	3.85	10.95	6.50	1.93	3.71
	乳蛋白率/%	2.89	5.23	4.11	0.60	0.36
	乳糖率/%	4.19	5.57	5.12	0.37	0.14
	总固形物率/%	13.23	19.97	15.55	1.70	2.88
	尿素氮/(mmol·L ⁻¹)	10.10	43.80	20.54	9.06	82.09
盛期 (n=141)	体细胞评分	1.36	7.35	4.73	1.81	3.29
	乳脂率/%	1.68	12.52	3.98	1.72	2.97
	乳蛋白率/%	2.24	4.93	2.73	0.34	0.11
	乳糖率/%	3.92	5.50	4.92	0.25	0.06
	总固形物率/%	9.47	19.68	11.84	1.70	2.91
中期 (n=99)	尿素氮/(mmol·L ⁻¹)	1.50	51.90	25.52	8.24	67.90
	体细胞评分	-1.06	9.41	4.26	2.03	4.13
	乳脂率/%	1.11	5.89	3.61	0.84	0.70
	乳蛋白率/%	2.15	4.87	2.99	0.45	0.20
	乳糖率/%	2.25	5.41	4.77	0.36	0.13
末期 (n=17)	总固形物率/%	9.84	15.37	11.71	1.07	1.15
	尿素氮/(mmol·L ⁻¹)	1.50	45.00	22.23	11.77	138.48
	体细胞评分	2.06	9.06	3.61	2.25	5.04
	乳脂率/%	1.81	5.63	4.16	0.98	0.96
	乳蛋白率/%	2.63	4.36	3.22	0.46	0.21
末期 (n=17)	乳糖率/%	4.49	5.11	4.80	0.17	0.03
	总固形物率/%	9.42	14.89	12.53	1.31	1.71
	尿素氮/(mmol·L ⁻¹)	1.50	48.30	19.88	18.66	348.35
末期 (n=17)	体细胞评分	-0.18	7.34	3.20	2.56	6.58

2.2 不同泌乳时期奶山羊乳成分变化规律分析

由表3可知,奶山羊中乳脂率、乳蛋白率、乳糖率和总固形物率等关键指标在不同泌乳阶段存在极显著差异 ($P<0.01$),尿素氮和体细胞评分存在显著差异 ($P<0.05$)。泌乳初期至泌乳盛期,母羊处于高产奶状态,乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、总固形物率、体细胞评分均显著下降 ($P<0.05$)。从泌乳盛期到中

期,随着产奶量的稳定,乳脂率、乳糖率和总固形物率的下降速度放缓,差异不显著,而乳蛋白率则显示出增长趋势。泌乳中期至泌乳末期,产奶量减少,各乳成分逐渐回升。而乳中尿素氮含量呈现先升高后下降的变化趋势,在泌乳盛期最高,极显著高于泌乳末期 ($P<0.01$);体细胞评分在泌乳初期最高,随泌乳阶段延长而逐渐降低。

表3 不同泌乳时期奶山羊乳成分分析

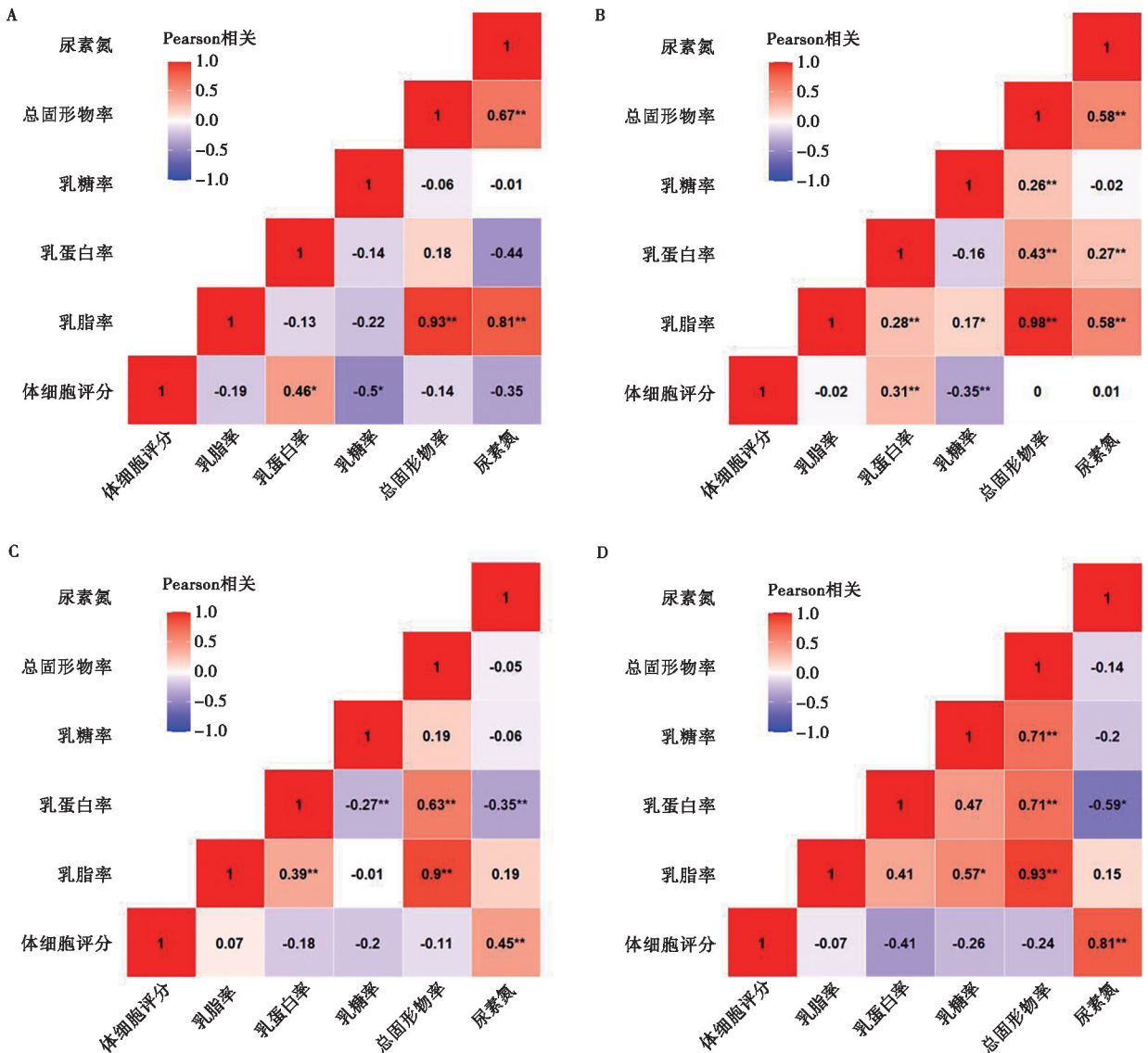
指标	泌乳初期	泌乳盛期	泌乳中期	泌乳末期
乳脂率/%	6.50±1.93 ^{Aa}	3.98±1.72 ^{Bb}	3.61±0.84 ^{Bb}	4.16±0.98 ^{Bb}
乳蛋白率/%	4.11±0.60 ^{Aa}	2.73±0.34 ^{Cc}	2.99±0.45 ^{BCbc}	3.22±0.46 ^{Bb}
乳糖率/%	5.12±0.37 ^{Aa}	4.92±0.25 ^{Bb}	4.77±0.36 ^{Bb}	4.80±0.17 ^{Bb}
总固形物率/%	15.55±1.70 ^{Aa}	11.84±1.70 ^{Bb}	11.71±1.08 ^{Bb}	12.53±1.31 ^{Bb}
尿素氮/(mmol·L ⁻¹)	20.54±9.06 ^{ABbc}	25.52±8.24 ^{Aa}	22.23±11.77 ^{ABb}	19.88±18.66 ^{Bc}
体细胞评分	4.73±1.81 ^a	4.26±2.03 ^{ab}	3.61±2.25 ^{ab}	3.23±2.56 ^b

注:同行肩标相同小写字母表示差异不显著 ($P>0.05$),不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

2.3 不同泌乳时期奶山羊乳成分间的相关性分析

不同泌乳时期各乳成分间相关性如图 1 所示。在泌乳初期和盛期，乳脂率、总固形物率和尿素氮含量 3 个成分两两之间都呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$)。泌乳盛期时，乳蛋白率与乳脂率、总固形物率、尿素氮含量、体细胞评分间表现出了极显著正相关 ($P < 0.01$)；此外，乳糖率和总固形物率间也表现出极显著正相关关系 ($P < 0.01$)，体细胞评分与乳糖

率间呈极显著负相关 ($P < 0.01$)。到了泌乳中期，除了乳蛋白率、乳脂率、总固形物率三者两两间保持极显著正相关外 ($P < 0.01$)，体细胞评分与尿素氮含量呈极显著正相关 ($P < 0.01$)，乳蛋白率与乳糖率、尿素氮含量间却表现出了极显著的负相关关系 ($P < 0.01$)。泌乳末期，总固形物率与乳脂率、乳蛋白率、乳糖率间的正相关关系也极显著 ($P < 0.01$)，体细胞评分与尿素氮含量呈极显著正相关 ($P < 0.01$)。



注：* 表示差异显著 ($P < 0.05$)；** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

图 1 泌乳初期 (A)、盛期 (B)、中期 (C) 和末期 (D) 乳成分间相关性热图

3 讨论

3.1 不同泌乳时期奶山羊奶的成分特征

有学者将泌乳盛期、中期和末期后 3 个阶段的羊乳统称为常乳^[16]，初乳与常乳的乳成分差异显著，本研究结果进一步印证了山羊奶乳成分在不同泌乳时

期的显著性差异。付宇阳等^[17]研究发现，波尔杂交母羊乳中蛋白质、糖类、脂肪、氨基酸等含量随泌乳期的延长呈下降趋势。王云等^[18]对山羊初乳营养物质的变化做了分析，发现随着产后时间的增加，初乳中干物质、乳脂、乳蛋白含量增多，乳糖含量降低。康佳欣等^[19]探究萨能奶山羊初乳与常乳的成分区别，

发现初乳与常乳共有 118 种差异代谢物, 相较于常乳, 初乳中富含 α -乳糖、甘氨酸、牛磺酸、L-酪氨酸等代谢物。本研究发现, 整个泌乳阶段中, 泌乳初期的总固形物、乳糖率、乳蛋白率以及乳脂率均显著高于其他泌乳阶段, 这与前人研究结果一致。本研究中, 西农萨能奶山羊各泌乳阶段体细胞评分均小于 5, 证明研究群体处于健康状态^[20], 泌乳盛期的各关键乳成分含量与耿亚楠等^[21]、曾鑫等^[22]、周宇桥等^[23]报道较为一致, 且相较于崂山奶山羊^[24]、河西绒山羊^[25]、贵州黑山羊^[26]、天府肉羊^[27]等羊乳, 萨能奶山羊乳成分含量也处于较高水平, 说明西农萨能奶山羊泌乳性能稳定, 乳品质较好。

3.2 不同泌乳时期奶山羊乳成分的变化规律

不同泌乳时期的奶畜不仅在泌乳能力上存在显著差异, 能量摄入转化和代谢等方面也有所区别^[28]。本研究发现, 在泌乳盛期, 除尿素氮水平外, 羊奶中乳脂率、乳蛋白率、乳糖率和总固形物率较泌乳初期均有所下降, 直至进入泌乳末期, 乳脂率、乳蛋白率、乳糖率和总固形物率等乳成分逐渐回升, 该结果与之前的研究结果相吻合^[29-31]。而体细胞评分在泌乳初期最高, 可能是由于泌乳初期处于冬季低温潮湿所致^[32]。乳成分含量总体呈现先降低而后升高的变化趋势, 这与产奶量的变化趋势截然不同, 证实了乳脂率、乳蛋白率、乳糖率和总固形物率等性状与产奶量呈负相关关系^[33-34]。

3.3 不同泌乳时期奶山羊乳成分间的相关性

乳中尿素氮水平可以反映日粮中蛋白质水平和利用率, 研究表明, 奶畜在泌乳盛期会大量消耗自身蛋白质和脂质, 可能与尿素氮含量升高相关^[35]。本研究发现, 奶山羊泌乳中期和泌乳末期乳中尿素氮含量与乳蛋白率呈负相关, 与体细胞数呈显著正相关, 这可能是奶山羊体细胞升高, 需要更多能量应对感染, 机体分解体内蛋白质, 从而增加尿素氮水平。刘琴等^[36]发现, 奶山羊尿素氮水平与乳脂率和总固形物率呈正相关, 这与尿素氮引起的脂肪、蛋白、乳糖等变化有关, 这也在本研究中得到进一步证实。此外, 本研究发现, 乳脂率、乳蛋白率和总固形物率之间呈显著正相关, 这与在绵羊^[13]及奶牛^[28,37-38]上的研究结果一致。李戎诺等^[39]的研究发现, 驼鹿、骆驼和奶牛等乳中乳糖与乳蛋白含量呈显著负相关, 与本研究结果类似。上述研究结果表明, 奶畜产奶性状中各关键乳成分间存在相关关系, 在群体遗传改良工作中选择某一产奶性状, 同时会对另一产奶性状也进行了正向或负向选择, 这为奶畜育种中重要经济性状的选择提供了重要理论基础与参考价值。

4 结论

西农萨能奶山羊乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、总固形物率和尿素氮含量在泌乳前期波动较大, 后期相对稳定, 符合奶畜泌乳一般规律; 不同泌乳阶段对羊乳成分含量有显著影响, 且在不同泌乳阶段, 乳脂率与总固形物率总呈极显著的正相关关系。

参考文献:

- [1] 罗军, 史怀平, 王建民, 等. 中国奶山羊产业发展综述: 各省发展水平及建议 [J]. 中国奶牛, 2019 (10): 6-13.
- [2] 张芳, 张莉, 尚明玉, 等. 我国奶山羊产业发展现状与措施建议 [J]. 中国乳业, 2020 (5): 22-24.
- [3] 郭利亚, 李松励, 赵广英, 等. 现代农业背景下我国奶山羊产业发展对策建议 [J]. 中国奶牛, 2023 (8): 48-51.
- [4] 夏佳钰, 郭嘉诚, 王倩, 等. 中国羊奶产业发展现状与未来展望 [J]. 农业展望, 2022, 18 (10): 33-37.
- [5] 潘琪浩, 仁青措姆, 高腾云, 等. 羊奶的营养价值、生物学功能及应用 [J]. 动物营养学报, 2023, 35 (12): 7584-7594.
- [6] DOLATOWSKA-ŻEBROWSKA K, OSTROWSKA - LIGEZA E, WIRKOWSKA-WOJDYŁA M, et al. Characterization of thermal properties of goat milk fat and goat milk chocolate by using DSC, PDSC and TGA methods [J]. J Therm Anal Calorim, 2019, 138 (4): 2769-2779.
- [7] SHARMA H, SINGH A K, RAO P S, et al. A study on incorporation of giloy (*Tinosporacordifolia*) for the development of shelf-stable goat milk based functional beverage [J]. J Food Sci Technol, 2024, 61 (3): 503-515.
- [8] LUIGI-SIERRA M G, MARTÍNEZ A, MACRI M, et al. Single and longitudinal genome-wide association studies for dairy traits available in goats with three recorded lactations [J]. Anim Genet, 2024, 55 (2): 257-264.
- [9] 乔莉蓉, 郝志云, 王建清, 等. 不同泌乳时期甘肃高山细毛羊与小尾寒羊的泌乳量、乳成分和脂肪酸含量比较 [J]. 西北农业学报, 2023, 32 (4): 510-518.
- [10] 陈泽明, 冯登侦, 王秀艳, 等. 阿拉善双峰驼不同季节乳成分变化的研究 [J]. 现代畜牧兽医, 2023 (5): 10-14.
- [11] 张桂芳, 石蕊, 姜发彬, 等. 不同精粗比日粮对泌乳奶山羊肝脏氨基酸代谢和产奶性能的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2013, 36 (6): 73-79.
- [12] 夏海斌, 王健, 翟云飞, 等. 秋季不同牛舍环境参数及其对荷斯坦牛泌乳性能、生理和血液生化指标的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2023, 46 (6): 1134-1141.
- [13] 王丽, 宋红卫, 张瑞, 等. 东湖杂交绵羊奶不同月份常规营养成分及相关性分析 [J]. 家畜生态学报, 2023, 44 (12): 35-41.
- [14] 田敏, 韩程名, 刘坤, 等. 不同泌乳时期奶山羊血液生化指标变化规律及其相关性分析 [J]. 家畜生态学报, 2024, 45 (10): 36-42.
- [15] SHOOK G E. Genetic improvement of mastitis through selection on somatic cell count [J]. Vet Clin N Am Food Anim Pract, 1993, 9 (3): 563-577.

- [16] 史怀平, 罗军, 党立峰, 等. 山羊奶的营养成分及营养价值的提高途径 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017 (9): 118-122.
- [17] 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.
- [18] 王云, 牛星月, 蔡坤, 等. 山羊初乳营养成分动态变化研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58 (12): 215-219.
- [19] 康佳欣, 李萌, 廖敏和, 等. 萨能奶山羊初乳和常乳的代谢组学分析 [J]. 食品科学, 2023, 44 (24): 245-252.
- [20] 关文怡, 孙健, 曹授俊. 奶牛乳房炎的发生与乳汁中体细胞数及乳成分的相关性探索 [J]. 饲料研究, 2019, 42 (12): 7-9.
- [21] 耿亚楠, 翁玉楠, 罗军, 等. 西农萨能奶山羊泌乳期产奶量、乳成分及血液生理生化指标变化规律研究 [J]. 畜牧兽医学报, 2021, 52 (1): 28-41.
- [22] 曾鑫, 王琬婷, 藏赛鸽, 等. 影响西农萨能奶山羊产奶性状的非遗传因素分析 [J]. 中国畜牧兽医, 2021, 48 (2): 554-562.
- [23] 周宇桥, 龚新宇, 雍丛燕, 等. 不同乳体细胞数奶山羊泌乳性能、血液指标的分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60 (2): 362-366.
- [24] 褚永康, 孙国强, 朱风华, 等. 过瘤胃氨基酸-脂肪复合物添加水平对崂山奶山羊产奶量及乳成分的影响 [J]. 粮食与饲料工业, 2013 (2): 51-54.
- [25] 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.
- [26] 张林鑫, 黄波, 陈浩林, 等. 贵州黑山羊不同泌乳阶段乳成分及其相关性分析 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021 (8): 42-44.
- [27] 黄磊, 徐刚毅, 韦宏伟, 等. 天府肉羊哺乳期产奶量及乳中营养成分变化 [J]. 中国草食动物, 2010, 30 (1): 15-18.
- [28] 余诗强, 李留学, 赵小博, 等. 不同泌乳阶段和体细胞水平的中国荷斯坦奶牛泌乳性能差异和相关性研究 [J]. 畜牧兽医学报, 2023, 54 (3): 1003-1014.
- [29] 张慢, 王湘阳, 易建明, 等. 荷斯坦奶牛产奶量与乳成分的相关性研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2018, 54 (1): 55-59.
- [30] 朱江江, 罗军, 孙雨婷, 等. 陕西不同地区不同泌乳时期奶山羊乳成分分析 [J]. 家畜生态学报, 2018, 39 (5): 52-55.
- [31] 张益宁, 金硕, 李志君, 等. 2013—2019年陕西省某奶牛场奶牛不同季节和不同泌乳时期日产奶量及乳成分分析 [J]. 中国兽医学报, 2022, 42 (5): 1047-1052.
- [32] 赵国艺, 张梦华, 贾晓轩, 等. 新疆地区不同规模牛场体细胞数的分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52 (4): 67-71.
- [33] 藏赛鸽, 逢国梁, 刘颖, 等. 西农萨能奶山羊乳中体细胞数与乳成分的变化规律及相关性研究 [J]. 家畜生态学报, 2022, 43 (11): 12-18.
- [34] 牛慧, 童津津, 张华, 等. 高产与低产奶牛的乳成分差异及其对乳能量预测模型的影响 [J]. 动物营养学报, 2020, 32 (7): 3214-3223.
- [35] 黄文明, 李胜利, 王之盛, 等. 影响牛奶尿素氮含量的因素及其与乳常规成分的关系 [J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45 (18): 32-36.
- [36] 刘琴, 成玉梅, 曾广厅, 等. 山羊乳中尿素氮与乳成分、体细胞数的相关性分析 [J]. 中国奶牛, 2014 (13): 14-16.
- [37] 魏琳琳, 杨继业, 秦雪, 等. 季节、胎次、泌乳时期与奶生产奶量及乳成分的相关分析 [J]. 中国奶牛, 2015 (S3): 10-14.
- [38] 陈坤琳, 夏淑雯, 沈阳阳, 等. 不同胎次、泌乳阶段及体细胞水平的蒙荷杂交牛泌乳性能变化规律研究 [J]. 南京农业大学学报, 2025, 48 (1): 197-205.
- [39] 李戎诺, 夏超, 邓露. 乳糖合成与分泌的机制及其与奶畜泌乳性能的相关性分析 [J]. 动物营养学报, 2023, 35 (5): 2786-2796.