

乌日汉, 张立果, 郑重, 等. 戴瑞羊、小尾寒羊及其杂交后代乳成分比较分析 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(3): 240-245. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040027

Urhan, ZHANG Ligu, ZHENG Zhong, et al. Comparative Analysis of Milk Components in Dairy Meade, Small-Tailed Han and Crossbred Offspring[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(3): 240-245. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040027

· 分析检测 ·

戴瑞羊、小尾寒羊及其杂交后代乳成分比较分析

乌日汉¹, 张立果^{2,*}, 郑重^{1,*}, 刘 信³, 李光鹏¹, 苏小虎^{1,*}, 张 立^{1,*}

(1. 内蒙古大学省部共建草原家畜生殖调控与繁育国家重点实验室, 内蒙古呼和浩特 010020;

2. 乌兰察布市畜牧工作站, 内蒙古乌兰察布 012000;

3. 蒙天然牧业科技发展有限公司, 内蒙古乌兰察布 012200)

摘 要: 为培育我国自主知识产权的新品种奶绵羊, 本研究对戴瑞羊 (DM)、小尾寒羊 (STH)、戴寒杂交 F_1 (F_1) 和戴寒杂交 F_2 (F_2) 乳中常规成分、脂肪酸、氨基酸、矿物质和维生素进行了比较分析。结果表明, F_1 乳的脂肪含量最高, 其蛋白质、酪蛋白、固形物和非乳脂固形物以及必需氨基酸含量仅次于 STH 乳, 显著高于 DM 和 F_2 乳 ($P < 0.05$), 而以上指标在 DM 与 F_2 乳之间无显著差异 ($P > 0.05$)。DM 乳中亚油酸、花生四烯酸、MUFA、PUFA 脂肪酸等功能性脂肪酸的相对含量均高于其它组。 F_1 乳中维生素 B_{12} 、叶酸以及短链脂肪酸、 α -亚麻酸和 ω -3 脂肪酸含量高于其它组。本研究结果表明, 新品种奶绵羊培育群体的乳中均含有丰富的营养物质, 本研究为新品种奶绵羊的选育和本土化绵羊乳制品的开发提供了理论依据, 可根据具体需求选择合适的乳生产群体。

关键词: 绵羊乳, 乳成分, 戴瑞羊, 小尾寒羊, 杂交后代

中图分类号: TS252.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)03-0240-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040027

本文网刊:



Comparative Analysis of Milk Components in Dairy Meade, Small-Tailed Han and Crossbred Offspring

Urhan¹, ZHANG Ligu^{2,*}, ZHENG Zhong^{1,*}, LIU Xin³, LI Guangpeng¹, SU Xiaohu^{1,*}, ZHANG Li^{1,*}

(1. The State Key Laboratory of Reproductive Regulation and Breeding of Grassl and Livestock, Inner Mongolia University, Hohhot 010020, China;

2. Ulanqab Livestock Husbandry Workstation, Ulanqab 012000, China;

3. Mengtianran Animal Husbandry Technical Development Co., Ltd., Ulanqab 012200, China)

Abstract: This study aimed to cultivate intellectual property rights of dairy sheep breeds in China, the conventional components, fatty acids, amino acids, minerals and vitamins in the milk of Dairy sheep (DM), Small-Tailed Han sheep (STH), Dairy-Han crossbred first generation F_1 (F_1) and Dairy-Han crossbred F_2 (F_2) were compared and analyzed. The results showed that the fat content of F_1 milk was the highest in four groups. Its protein, casein, solids and non-milk fat solids and essential amino acids content were lower than STH milk, but significantly higher than DM and F_2 milk ($P < 0.05$). Those indicators were no significant difference between DM and F_2 milk ($P > 0.05$). The relative contents of functional fatty acids such as linoleic acid, arachidonic acid, MUFA and PUFA fatty acids in DM milk were higher than the other. The

收稿日期: 2021-04-06 +并列第一作者

基金项目: 内蒙古自治区科技重大专项 (30900-5173910); 内蒙古大学省部共建草原家畜生殖调控与繁育国家重点实验室自主课题 (SKL-IT-201811)。

作者简介: 乌日汉 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 动物繁殖与生物技术研究, E-mail: 13074789040@163.com。

张立果 (1967-), 男, 本科, 研究方向: 动物繁殖与生物技术研究, E-mail: 87939599@qq.com。

郑重 (1982-), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向: 动物生殖生物学和生物技术, E-mail: zheng086@gmail.com。

* 通信作者: 张立 (1961-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 动物繁殖与生物技术研究, E-mail: zhanglinmg@aliyun.com。

苏小虎 (1986-), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向: 动物繁殖与生物技术研究, E-mail: 13947144670@139.com。

vitamin B₁₂, folic acid, short-chain fatty acids, α -linolenic acid and ω -3 fatty acids in F₁ milk were higher than those in other groups. The results showed that the milk of new dairy sheep breeding group was rich in nutrients. This study provides a theoretical basis for the breeding of new breeds of dairy sheep and the development of localized ovine dairy products. Appropriate lactation groups could be selected based on the specific needs.

Key words: ovine milk; milk composition; Dairy Meade sheep; Small-Tailed Han sheep; crossbred offspring

绵羊乳口感绵柔, 风味独特, 具有细腻的奶油质地^[1]。一系列研究结果表明, 绵羊乳营养价值高, 其蛋白质、脂肪、矿物质和维生素含量均高于山羊乳和牛乳。绵羊乳具有抗氧化、降低胆固醇、提高免疫力等多种生物活性, 具有巨大的市场价值^[2-3]。

世界上的奶绵羊品种包括西班牙的阿萨夫、以色列的阿瓦西、法国的拉克纳、德国的东弗里生、新西兰的戴瑞等。戴瑞(Dairy Meade, DM)奶绵羊是来自新西兰的奶绵羊品种, 其具有体型高大、产奶量高、生长速度快、繁殖能力强等特点^[4]。截止到 2020 年, 我国还没有专门化的乳用绵羊品种。小尾寒羊(Small-Tailed Han, STH)是我国内蒙古高原优势品种, 其繁殖能力、抗病能力和适应能力强且产乳品质高, 是培育为新型奶绵羊品种的理想母本^[5-6]。本课题组于 2016 年引入了戴瑞奶绵羊, 以其为父本对本地小尾寒羊进行了乳用化改良, 获得了一定规模的新型奶绵羊培育群体。

研究表明, 品种、采样时间、胎次、地域、泌乳期、年龄均显著影响乳畜乳中干物质、非脂乳固体、脂肪、蛋白、乳糖及酪蛋白等的含量^[7]。乳成分的好坏直接关系到乳制品的质量及销售, 进而影响奶绵羊养殖场和乳品厂的经济效益。因此本试验对统一管理的戴瑞奶绵羊(DM)、小尾寒羊(STH)、戴寒杂交 F₁(DM ♂ × STH ♀)(F₁)和戴寒杂交 F₂(DM ♂ × F₁ ♀)(F₂)绵羊乳中的常规成分及矿物质、维生素、游离氨基酸和游离脂肪酸等组分进行了检测和分析, 以期新型奶绵羊培育群体选种选育提供依据, 为本土化绵羊乳制品开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

本试验所用的试验动物 均在内蒙古乌兰察布市蒙天然牧业科技发展有限公司统一饲养管理, 本课题组选取 1~2 周岁体态相近, 健康无疾病, 初产的 DM、STH、F₁ 和 F₂ 绵羊各 6 只; 盐酸 AR 级, 天津三厂; 乙酰氯 AR 级, Sigma; 甲醇 AR 级, 西陇化工; 无水碳酸钠、正己烷 AR 级, 麦克林。

LactoScope FTIR Advanced 多功能乳品成分分析仪 Delta; GCMS-QP2010 气相色谱-质谱联用仪 SHIMADZU; L8900 氨基酸自动分析仪 日立; Centrifuge 5810R 高速冷冻离心机 Eppendorf; Acquity UPLC 超高效液相色谱仪 Waters。

1.2 实验方法

1.2.1 取样及处理 本研究以 DM、STH、F₁ 和 F₂ 绵羊乳为研究对象, 对其乳中常规成分、维生素、矿

物质、氨基酸和脂肪酸进行分析。在泌乳第 90 d 早上饲喂之前开始无菌手工挤乳, 挤乳时先弃去前一小部分乳样, 再开始采集试验样本。将每只羊的试验样本分为 2 部分: 一部分低温带回实验室用于乳成分检测; 另一部分于液氮速冻, 用于游离氨基酸和脂肪酸检测。

1.2.2 乳中常规成分的检测 新鲜试验样本使用乳成分分析仪进行乳常规成分检测。

1.2.3 矿物质和维生素的检测 将试验样本 4 ℃ 条件下送到内蒙古华测质检技术服务有限公司用于检测乳中矿物质和维生素, 以上指标均按相应的国家安全标准法处理和检测样品。

1.2.4 游离氨基酸的提取和检测 参照国家标准 GB 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》规定的方法处理样品。最终干燥后残留物用 0.02 mol/L 盐酸溶液溶解作为待测液。色谱条件: 分离柱填料为 4.6 mm ID' 60 mm L 磺酸型阳离子交换树脂, 泵 1 流速为 0.40 mL/min, 泵 2 流速为 0.35 mL/min, 缓冲液为柠檬酸钠缓冲液(c(Na⁺)=0.2 mol/L), 样品进样量为 20 μ L, 每个循环的分析时间为 53 min。

1.2.5 游离脂肪酸的提取和检测 基于国家标准 GB 5009.168-2016《食品中脂肪酸的测定》规定的方法处理样品。脂肪酸的提取步骤如下: 称取试样 0.005 g 于 15 mL 干燥螺口玻璃管中, 加入 5.0 mL 甲苯和 10% 乙酰氯甲醇溶液 6.0 mL, 充氮气后旋紧螺旋盖, 振荡混匀, 于 80 ℃ 水浴中放置 2 h, 期间每隔 20 min 取出振摇一次, 水浴后取出冷却至室温。将反应后的样液转移至 50 mL 离心管中, 于 5000 r/min 离心 5 min。上清液经 0.22 μ m 的滤膜过滤, 滤液用气相色谱仪测定。

色谱条件: 用分流比 20:1 比例分流进样, 设置升温模式开始测定。设定具体参数为: 初温 60 ℃, 保持 1 min, 40 ℃/min 升温至 140 ℃, 保持 10 min, 4 ℃/min 升温至 240 ℃, 保持 15 min。质谱条件: 离子源温度 200 ℃, 接口温度 240 ℃, 溶剂延迟时间为 9.7 min, 扫描范围 50~500 m/z。脂肪酸的定性定量分析采用外标法。进样口温度为 220 ℃, 进样体积为 1 μ L, 载气为氮气, 柱流量 1 mL/min。

1.3 数理处理

乳成分试验数据先用 Excel2016 进行初步整理分析, 利用 SPSS(23.IBM)软件进行单因素方差分析(ANOVA), 检验水准 $P=0.05$, 以 $P<0.05$ 为差异显著, 结果以平均值 $\pm$ 标准差(MEAN $\pm$ SEM)表示。

2 结果与分析

2.1 戴瑞奶绵羊、小尾寒羊及其杂交后代乳中常规指标的差异分析

如表 1 所示, 四种绵羊乳的总体组成相似, 与牛乳和山羊乳相比, 其基本营养成分指标普遍较高, 尤其富含脂肪、蛋白和固形物。乳脂方面, F_1 乳显著高于 DM 乳和 F_2 乳 ($P<0.05$)。乳脂是婴儿正常生长和发育的基础, F_1 乳可为婴儿提供更多的能量^[2, 8]。乳蛋白和酪蛋白方面, STH 乳中含量最高, 其次为 F_1 乳, DM 乳与 F_2 乳之间无显著差异 ($P>0.05$)。乳蛋白是生物活性肽的重要来源, 有助于治疗多种慢性疾病^[9]。此外, 也有研究表明, 酪蛋白高度磷酸化, 在消化过程中形成磷酸化肽, 增强钙和锌的利用率^[10]。说明 STH 和 F_1 乳均属于优质蛋白质资源。乳糖方面, F_2 乳含量最高, 显著高于 STH 乳 ($P<0.05$), 高于 DM 乳和 F_1 乳, 但无显著差异 ($P>0.05$)。固形物方面, STH 乳显著高于 DM 乳和 F_2 乳 ($P<0.05$), 与 F_1 乳无显著差异 ($P>0.05$)。非乳脂固形物方面, STH 乳显著高于其余三种乳 ($P<0.05$)。由此可知, F_1 和 STH 的奶酪生产率高于 DM 和 F_2 , 可用于制备高端奶酪。

表 1 DM 和 STH 以及杂交后代乳中常规指标的差异分析
Table 1 Analysis on the difference of routine indexes in DM, STH and crossbred offspring milk

分组	DM乳	F_1 乳	F_2 乳	STH乳
脂肪(%)	6.69±1.76 ^b	7.36±1.70 ^a	5.38±0.74 ^b	7.15±1.41 ^{ab}
蛋白质(%)	4.77±0.42 ^c	6.23±0.47 ^b	5.05±0.52 ^c	7.59±0.53 ^a
酪蛋白(%)	4.12±0.36 ^c	5.28±0.44 ^b	4.34±0.40 ^c	6.43±0.44 ^a
乳糖(%)	4.62±0.34 ^{ab}	4.52±0.30 ^{ab}	4.86±0.27 ^a	4.35±0.63 ^b
固形物(%)	16.29±1.70 ^b	18.32±1.71 ^a	15.51±0.73 ^b	19.30±1.60 ^a
非乳脂固形物(%)	9.59±0.51 ^c	10.95±0.70 ^b	10.11±0.44 ^c	12.15±0.25 ^a

注: 同行不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$); 表 2~表 5 同。

2.2 维生素的差异分析

维生素检测结果如表 2 所示, 四种绵羊乳中维生素种类较多, 与牛乳和山羊乳相比, 大部分处于较高水平。在维生素 C 方面, STH 乳中含量最高, 显著高于 DM 乳和 F_2 乳 ($P<0.05$)。在维生素 B_2 方面, STH 乳显著高于其余组 ($P<0.05$), DM 乳、 F_1 乳和 F_2 乳之间无显著差异 ($P>0.05$)。维生素 B_{12} 方面, F_1 乳显著高于其余组 ($P<0.05$), F_2 乳中含量最低, 各组间差异显著 ($P<0.05$)。在叶酸方面, F_1 乳显著高于其余组 ($P<0.05$), STH 乳中含量最低, 各组间差异显著 ($P<0.05$)。有研究表明, 维生素 B_{12} 具有促进骨髓红细胞生长, 预防恶性贫血症、维持神经系统生长发育和正常生理功能的作用^[11]。叶酸可参与新生儿神经系统的发育以及肿瘤的治疗^[12]。李佳媚等^[13]的研究得出叶酸在孕妇和婴儿体内细胞分裂和增殖方面发挥着重要作用。由此可知, F_1 乳可以成为孕妇和婴幼儿食补叶酸和维生素 B_{12} 的重要来源。

表 2 DM 和 STH 以及杂交后代乳中维生素的差异分析

Table 2 Analysis on the difference of vitamin content in DM, STH and crossbred offspring milk

维生素	DM乳	F_1 乳	F_2 乳	STH乳
维生素C(mg/100 g)	4.10±0.02 ^b	4.30±0.14 ^a	4.03±0.08 ^b	4.34±0.06 ^a
维生素 B_2 (mg/100 g)	0.095±0.001 ^b	0.096±0.001 ^b	0.097±0.001 ^b	0.167±0.001 ^a
维生素 B_{12} (μg/100 g)	0.74±0.01 ^c	0.94±0.01 ^a	0.67±0.04 ^d	0.84±0.06 ^b
叶酸(μg/100 g)	8.36±0.07 ^c	9.98±0.10 ^a	8.75±0.05 ^b	8.18±0.08 ^d
泛酸(mg/100 g)	0.15±0.03 ^d	0.22±0.01 ^b	0.16±0.01 ^c	0.28±0.01 ^a

2.3 矿物质的差异分析

DM 和 STH 以及杂交后代乳中矿物质检测结果 (如表 3) 显示, 四种绵羊乳矿物质含量丰富, 尤其是钙、磷和镁。钙和磷方面, STH 乳显著高于其余组 ($P<0.05$), F_1 乳仅次于 STH 乳, 显著高于 DM 乳与 F_2 乳 ($P<0.05$)。锌方面, STH 乳显著高于其余三组 ($P<0.05$), DM 乳最低。硒方面, STH 乳最高, 与 DM 乳和 F_1 乳无显著差异 ($P>0.05$), 显著高于 F_2 乳 ($P<0.05$)。由结果可知, STH 和 F_1 乳可作为青少年和中老年人补钙和锌的食品。镁在四种绵羊乳中含量无显著差异 ($P>0.05$)。铜方面, DM 乳显著高于其余三组 ($P<0.05$), F_2 乳中含量最低。钾方面, DM 乳最高, 其次为 F_2 乳, STH 乳最低, 各组间差异显著 ($P<0.05$)。由此可知, 不同品种绵羊乳间矿物质含量存在差异。

表 3 DM 和 STH 以及杂交后代乳中矿物质的差异分析 (mg/100 g)

Table 3 Analysis on the difference of mineral content in DM, STH and crossbred offspring milk(mg/100 g)

矿物质	DM乳	F_1 乳	F_2 乳	STH乳
铜	0.018±0.001 ^a	0.012±0.001 ^b	0.007±0.001 ^c	0.011±0.001 ^b
钙	168±2 ^c	208±6 ^b	175±5 ^c	222±2 ^a
磷	135±3 ^c	149±4 ^b	140±4 ^c	164±5 ^a
锌	0.53±0.03 ^d	0.79±0.02 ^b	0.62±0.02 ^c	0.87±0.01 ^a
硒	0.0017±0.0001 ^a	0.0017±0.0002 ^a	0.0015±0.0001 ^b	0.0018±0.0001 ^a
钠	45.10±3.05 ^b	44.40±2.74 ^b	38.90±1.82 ^c	51.30±2.74 ^a
镁	18±2	17.8±1.7	17.2±1.1	18±2
钾	81.10±1.90 ^a	67.40±1.90 ^c	76.20±0.10 ^b	63.60±2.65 ^d

2.4 游离氨基酸的差异分析

不同品种绵羊乳氨基酸检测结果如表 4 所示, 共检测到 17 种氨基酸, 其中包括甲硫氨酸、缬氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸和苏氨酸 7 种必需氨基酸, 未检测到色氨酸。该结果与李文斐等^[2]的研究结果一致。必需氨基酸含量方面: STH 乳 $> F_1$ 乳 $> DM$ 乳 $> F_2$ 乳, F_1 乳与 STH 乳之间无显著差异 ($P>0.05$) (除缬氨酸和苏氨酸外), 均显著高于 DM 乳和 F_2 乳 ($P<0.05$), F_2 乳中的 7 种必需氨基酸含量与 DM 乳无显著差异 ($P>0.05$)。STH 和 F_1 乳中必需氨基酸占比较高, 并显著高于 F_2 乳 ($P<0.05$)。 F_2 乳中非必需氨基酸占比最高, 并显著高于其余组 ($P<0.05$)。其中的必需氨基酸和特殊生理活性氨基

表 4 DM 和 STH 以及杂交后代乳中游离氨基酸的差异分析(ng/μL)

Table 4 Analysis on the difference of amino acid content in DM, STH and crossbred offspring milk(ng/μL)				
名称	DM乳	F ₁ 乳	F ₂ 乳	STH乳
异亮氨酸(Ile)	53.22±8.17 ^b	73.28±9.09 ^{ab}	42.00±19.17 ^b	83.07±2.93 ^a
亮氨酸(Leu)	122.07±18.95 ^b	171.90±12.79 ^a	108.14±3.89 ^b	186.16±3.84 ^a
赖氨酸(Lys)	98.51±15.62 ^b	145.15±12.74 ^a	87.26±4.32 ^b	155.25±5.25 ^a
甲硫氨酸(Met)	23.57±12.17 ^b	44.09±1.38 ^a	19.94±7.84 ^b	46.31±0.31 ^a
苯丙氨酸(Phe)	53.14±8.33 ^b	76.70±5.26 ^a	50.29±1.94 ^b	82.93±2.93 ^a
缬氨酸(Val)	78.58±9.61 ^c	106.11±8.72 ^b	71.88±3.11 ^c	119.91±0.39 ^a
苏氨酸(Thr)	51.77±6.25 ^c	70.76±6.33 ^b	45.73±2.18 ^c	79.22±3.78 ^a
必需氨基酸含量	480.84±57.93 ^b	687.99±54.11 ^a	425.25±21.68 ^c	752.84±19.30 ^a
组氨酸(His)	31.29±4.12 ^b	44.43±3.37 ^a	27.86±1.13 ^b	48.19±0.81 ^a
天冬氨酸(Asp)	94.03±11.08 ^b	130.86±9.82 ^a	83.06±4.29 ^c	135.75±0.75 ^a
丝氨酸(Ser)	61.91±7.94 ^b	86.81±6.43 ^a	57.36±2.72 ^b	94.02±2.00 ^a
谷氨酸(Glu)	270.58±37.78 ^b	386.25±30.49 ^a	254.36±11.27 ^c	423.43±2.56 ^a
甘氨酸(Gly)	21.74±2.61 ^b	27.92±1.70 ^a	19.12±1.24 ^c	29.97±0.97 ^a
丙氨酸(Ala)	46.35±5.34 ^b	62.62±4.81 ^a	40.03±2.04 ^c	66.61±1.39 ^a
半胱氨酸(Cys)	10.98±3.58 ^b	17.11±4.82 ^a	5.95±0.28 ^c	20.39±0.39 ^a
酪氨酸(Tyr)	51.81±4.97 ^b	72.25±7.39 ^a	53.61±2.40 ^b	79.54±0.54 ^a
精氨酸(Arg)	40.61±1.98 ^b	59.37±4.87 ^a	35.45±2.17 ^c	63.82±1.17 ^a
脯氨酸(Pro)	111.04±18.02 ^c	156.78±13.88 ^b	108.62±6.77 ^c	182.55±6.45 ^a
非必需氨基酸含量	709.08±92.16 ^b	999.97±79.66 ^a	657.55±30.61 ^b	1096.09±11.69 ^a
必需氨基酸占比	0.39±0.05 ^{ab}	0.40±0.03 ^a	0.38±0.11 ^b	0.40±0.04 ^a
非必需氨基酸占比	0.61±0.05 ^b	0.60±0.02 ^b	0.62±0.11 ^a	0.60±0.01 ^b

酸具有补充营养、参与机体发育、治疗疾病、提升免疫力、促进肠道屏障修复、解毒、抗衰老、抗氧化、缓解机体疲劳等重要功能。因此,STH 乳和 F₁ 乳可作为补必需氨基酸的食品^[14-15]。研究表明,Glu 和 Asp 是主要鲜味类氨基酸,Glu 和 Phe 是芳香族氨基酸^[16-17]。STH 和 F₁ 乳中以上氨基酸含量丰富。由此可知,STH 和 F₁ 乳的口感相对更佳。

2.5 游离脂肪酸的差异分析

不同绵羊乳中脂肪酸相对含量和组成分析结果(见表 5)显示,四种绵羊乳均含有饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA),其中饱和脂肪酸含量最高。饱和脂肪酸方面,DM 乳显著高于 F₂ 乳($P<0.05$),并高于 F₁ 乳和 STH 乳,无显著差异($P>0.05$)。MUFA 方面,DM 乳显著高于 F₂ 乳($P<0.05$),与 F₁ 和 STH 乳无显著差异($P>0.05$)。PUFA 方面,DM 乳中含量显著高于其余组($P<0.05$)。 ω -3 脂肪酸方面,F₁ 乳显著高于 F₂ 乳和 STH 乳($P<0.05$),与 DM 乳无显著差异($P>0.05$)。必需脂肪酸亚油酸和 α -亚麻酸方面,DM 乳与 F₁ 乳无显著差异($P>0.05$),二者均高于 F₂ 乳和 STH 乳。花生四烯酸方面,DM 乳与 F₁ 乳无显著差异($P>0.05$),并显著高于 F₂ 乳和 STH 乳($P<0.05$)。研究表明, α -亚麻酸是 ω -3 系列多不饱和脂肪酸的母体,具有抗动脉粥样硬化、预防心脑血管疾病及减肥、降血脂、抗氧化和抗炎等生理功能^[18-20]。已有大量研究报道,亚油酸作为一种功能性多不饱和脂肪酸,能降低血清胆固醇水平并具有防癌抗癌作用,参

表 5 DM 和 STH 以及杂交后代乳中游离脂肪酸相对含量的差异分析(mg/mL)

Table 5 Analysis on the difference between free fatty acids relative content of DM, STH and crossbred offspring milk (mg/mL)				
中文名	DM乳	F ₁ 乳	F ₂ 乳	STH乳
亚油酸(C18:2n6c)	0.68±0.13 ^a	0.58±0.10 ^{ab}	0.40±0.07 ^b	0.43±0.04 ^b
α -亚麻酸(C18:3n3)	0.13±0.01 ^a	0.14±0.02 ^a	0.10±0.01 ^b	0.09±0.01 ^b
花生四烯酸(C20:4n6)	0.12±0.02 ^a	0.11±0.02 ^{ab}	0.09±0.01 ^b	0.09±0.01 ^b
短链脂肪酸(SCFA)	2.57±0.64 ^{ab}	3.51±0.89 ^a	1.49±0.34 ^b	1.87±0.34 ^{ab}
中链脂肪酸(MCFA)	2.43±0.25	2.47±0.88	1.95±0.35	2.11±0.34
长链脂肪酸(LCFA)	1.68±0.27 ^a	1.20±0.31 ^b	1.13±0.06 ^b	1.48±0.10 ^{ab}
饱和脂肪酸(SFA)	12.15±1.49 ^a	9.59±3.21 ^{ab}	7.41±1.12 ^b	9.18±1.30 ^{ab}
单不饱和脂肪酸(MUFA)	2.84±0.99 ^a	2.26±0.66 ^{ab}	1.90±0.40 ^b	2.38±0.35 ^{ab}
多不饱和脂肪酸(PUFA)	1.21±0.19 ^a	0.85±0.17 ^b	0.82±0.07 ^b	0.96±0.06 ^b
ω -3 脂肪酸	0.23±0.02 ^{ab}	0.25±0.06 ^a	0.19±0.01 ^b	0.18±0.01 ^b

注:脂肪酸按碳链长度分为:SCFA(C4~C10),MCFA(C11~C15)和LCFA(C $\geq$ 16)。

与人体心血管疾病的控制、机体免疫调节、细胞生长与凋亡等^[21-24]。由此可见,DM 乳和 F₁ 乳富含功能性脂肪酸,可作为需要人群的保健食品。短链脂肪酸方面,F₁ 乳高于 DM 乳和 STH 乳,不存在显著差异($P>0.05$),但是显著高于 F₂ 乳($P<0.05$)。中链脂肪酸方面,各组间无显著差异($P>0.05$)。长链脂肪酸方面,DM 乳显著高于 F₁ 乳和 F₂ 乳($P<0.05$),与 STH 乳无显著差异($P>0.05$)。有研究表明,长链脂肪酸与中短链脂肪酸相比不易被人体消化吸收,且短链脂肪酸具有一定的保健功效^[16, 25-26]。由此可见,F₁ 乳更易被人体消化吸收。

乳成分受多种因素影响,包括品种、胎次、泌乳阶段、年龄、健康状态、日粮组成、饲养管理和季节等,其中品种是决定乳成分的主要因素^[7,27]。PRASAD等^[28-29]研究了比特拉、巴尔巴里等山羊,发现不同品种山羊的乳成分含量之间存在明显差异。刘欣欣等^[30]在综述中对比了不同品种绵羊的乳成分,得出滩羊、小尾寒羊、萨福克和特克萨尔绵羊的乳成分含量存在差异。在本研究中,各品种乳成分含量之间也存在明显差异。

3 结论

本研究通过对戴瑞羊、小尾寒羊与杂交后代乳中的营养成分进行了全面而详细的检测,得出四种绵羊乳均含有丰富的各类营养物质。乳成分质量最好的是小尾寒羊乳,其次是戴寒杂交 F_1 乳。小尾寒羊乳和戴寒杂交 F_1 乳更适用于生产高端奶酪,并可作为婴幼儿和孕妇的优质营养来源。戴瑞绵羊乳和戴寒杂交 F_2 乳富含功能性不饱和脂肪酸,可作为部分人群的保健食品。

参考文献

- [1] PARK Y W, JUÁREZ M, RAMOS M, et al. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk[J]. *Small Ruminant Research*, 2007, 68(68): 88-113.
- [2] 李文斐, 张磊, 宋宇轩, 等. 绵羊、山羊和牛乳的营养成分比较分析[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(24): 286-291. [LI Wenfei, ZHANG Lei, SONG Yuxuan, et al. Comparative analysis of nutrients in sheep, goat and cow milk[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(24): 286-291.]
- [3] 郑重, 张功, 任志强, 等. 我国奶绵羊产业现状与发展方向[J]. *中国乳业*, 2019(8): 27-31. [ZHENG Zhong, ZHANG Gong, REN Zhiqiang, et al. Current situation and development direction of dairy and sheep industry in China[J]. *China Dairy*, 2019(8): 27-31.]
- [4] 吴鹏. 代瑞奶绵羊及其杂交后代的生产性能研究初报[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2018. [WU Peng. Preliminary study of the production performance of dairymeade sheep and its hybrid offspring[D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2018.]
- [5] 胡斐. 小尾寒羊产后发情的行为、生理及其分子机制的研究[D]. 延吉: 延边大学, 2019. [HU Fei. Study on behavior, physiology and molecular mechanism of postpartum oestrus in small tail Han sheep[D]. Yanji: Yanbian University, 2019.]
- [6] 王杰. 小尾寒羊、滩羊生长性能及其主要消化生理参数的比较[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2008. [WANG Jie. Comparison of growth performance and main digestive physiological parameters of small-tailed Han sheep and Tan sheep[D]. Xianyang: Northwest A & F University, 2008.]
- [7] 曾令湖, 莫乃国, 李辉, 等. 不同品种河流型水牛乳成分分析及季节对乳成分的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2021(10): 135-138. [ZENG Linghu, MO Naiguo, LI Hui, et al. Analysis of milk composition of different breeds of river buffalo and the influence of season on milk composition[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2021(10): 135-138.]
- [8] MOATSOU G, SAKKAS L. Sheep milk components: Focus on nutritional advantages and biofunctional potential[J]. *Small Ruminant Research*, 2019: 180-241.
- [9] MOHANTY DP, MOHAPATRA S, MISRA S, et al. Milk derived bioactive peptides and their impact on human health – a review[J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2016, 23(5): 577-583.
- [10] HANS D, CHRISTINE P, NIKLAS T, et al. Benefits of lactoferrin, osteopontin and milk fat globule membranes for infants[J]. *Nutrients*, 2017, 9(8): 817.
- [11] 党晓鹏. 维生素 B_{12} 对神经系统发育和生理功能的作用[J]. *江西饲料*, 2017(3): 30-31. [DANG Xiaopeng. The effect of vitamin B_{12} on nervous system development and physiological function[J]. *Jiangxi Feed*, 2017(3): 30-31.]
- [12] 袁秋环. 叶酸对胎鼠神经干细胞的影响及机制研究[D]. 济南: 山东大学, 2013. [YUAN Qiuhuan. Effects of folic acid on neural stem cells of mouse embryos and the underlying mechanisms[D]. Jinan: Shandong University, 2013.]
- [13] 李佳媚, 屈鹏飞, 党少农, 等. 陕西省育龄妇女围孕期增补叶酸对新生儿出生体重的影响[J]. *中华流行病学杂志*, 2016, 37(7): 1017-1020. [LI Jiamei, QU Pengfei, DANG Shaonong, et al. Effect of folic acid supplementation in childbearing aged women during pregnancy on neonate birth weight in Shaanxi Province[J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2016, 37(7): 1017-1020.]
- [14] 李宇, 赵兵, 蒋慧, 等. 驴奶和牛奶游离氨基酸成分分析研究[J]. *中国乳业*, 2017(10): 68-71. [LI Yu, ZHAO Bing, JIANG Hui, et al. Analysis of amino acids in milk of donkey[J]. *China Dairy*, 2017(10): 68-71.]
- [15] 盛勤芳. 人体内八种必需氨基酸的初步探究及其意义[J]. *科技视界*, 2014(28): 239. [SHENG Qinfang. Preliminary study on eight essential amino acids in human body and their significance[J]. *Science & Technology Vision*, 2014(28): 239.]
- [16] 范丽霞, 李腾, 赵善仓, 等. 四种生鲜乳营养成分的比较分析[J]. *中国食物与营养*, 2018, 24(9): 57-61. [FAN Lixia, LI Teng, ZHAO Shangcang, et al. Comparative analysis on nutritional components in four kinds of raw milk[J]. *Food and Nutrition in China*, 2018, 24(9): 57-61.]
- [17] 赵琼玲, 金杰, 沙毓沧, 等. 不同来源地的余甘子果实氨基酸组成及含量分析[J]. *中国农学通报*, 2017, 33(36): 78-84. [ZHAO Qionglin, JIN Jie, SHA Yucang, et al. Analysis of amino acid composition and content in the emblic leafflower fruit from different sources[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33(36): 78-84.]
- [18] 郑杨剑, 王文娜. Omega-3 多价不饱和脂肪酸与冠心病[J]. *心脑血管病防治*, 2016, 16(3): 224-231. [ZHENG Yangjian, WANG Wenna. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease[J]. *Prevention and Treatment of Cardio-Cerebral-Vascular Disease*, 2016, 16(3): 224-231.]
- [19] 南瑛, 赵美娜, 张薇. α -亚麻酸抑制高脂诱导的脂肪细胞氧化应激和促炎因子的释放[J]. *免疫学杂志*, 2018, 34(11): 921-927. [NAN Ying, ZHAO Meina, ZHANG Wei. α -Linolenic acid inhibits oxidative stress in adipocytes and the release of proinflammatory factors induced by high fat[J]. *Immunological Journal*, 2018, 34(11): 921-927.]

- [20] 吴俏瑾,杜冰,蔡允林,等. α -亚麻酸的生理功能及开发研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(10): 386-390. [WU Qiaojin, DU Bing, CAI Youlin, et al. Research development of alpha-linolenic acid[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(10): 386-390.]
- [21] HOFMANOVÁ J, CIGANEK M, SLAVÍK J, et al. Lipid alterations in human colon epithelial cells induced to differentiation and/or apoptosis by butyrate and polyunsaturated fatty acids [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2012, 23(6): 539-548.
- [22] 张春娥,张惠,刘楚怡,等. 亚油酸的研究进展[J]. 粮油加工, 2010(5): 18-21. [ZHANG Chune, ZHANG Hui, LIU Chuyi, et al. Research progress of linoleic acid[J]. Grain and Oil Processing, 2010(5): 18-21.]
- [23] BHATTACHARYA A, BANU J, RAHMAN M, et al. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease[J]. J Nutr Biochem, 2006, 17(12): 789-810.
- [24] 赵敏. 亚油酸及亚油酸甲酯的抗炎作用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2012. [ZHAO Min. The research on anti-inflammation of linoleic acid and methyl linoleate[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2012.]
- [25] 葛武鹏,李元瑞,陈瑛,等. 牛、羊乳及其制品的脂肪酸组成分析[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2008, 36(7): 173-178. [GE Wupeng, LI Yuanrui, CHEN Ying, et al. Fatty acid composition analysis of cow and sheep milk and their products[J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science, 2008, 36(7): 173-178.]
- [26] 毕宇霖. 脂质营养的应用及进展[J]. 北方牧业, 2017(18): 15. [BI Yulin. Application and progress of lipid nutrition[J]. Northern Animal Husbandry, 2017(18): 15.]
- [27] ULUTA Z F R, AHIN A U, YLDRM A, et al. The effect of some environmental factors on milk composition of Anatolian Buffaloes[J]. Animal Science, 2016: 57-64.
- [28] PRASAD H, SENGAR O. Milk yield and composition of the Barbari goat breed and its crosses with Jamunapari, Beetal and Black Bengal[J]. [Small Ruminant Research](#), 2002, 45(1): 79-83.
- [29] PRASAD H, TEWARI HA, SENGAR O. Milk yield and composition of the beetal breed and their crosses with Jamunapari, Barbari and Black Bengal breeds of goat[J]. [Small Ruminant Research](#), 2005, 58(2): 195-199.
- [30] 刘欣欣,李发弟,乐祥鹏. 羊奶成分和奶中主要蛋白的研究进展[J]. [中国畜牧杂志](#), 2016(9): 87-91. [LI Xinxin, LI Fadi, LE Xiangpeng. Research progress on of milk composition and analysis of main proteins in goat and sheep milk[J]. [Chinese Journal of Animal Science](#), 2016(9): 87-91.]