

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0508

蔡小芳, 张成新, 李勇, 刘鹏, 李彩联, 郭艳丽. 口感化及颗粒化开食料对早期断奶羔羊生长和胃肠道发育的影响. 草业科学, 2021, 38(8): 1596-1604.

CAI X F, ZHANG C X, LI Y, LIU P, LI C L, GUO Y L. Effect of texturized and pelleted starter on growth and gastrointestinal development of early weaning lambs. Pratacultural Science, 2021, 38(8): 1596-1604.



口感化及颗粒化开食料对早期断奶羔羊 生长和胃肠道发育的影响

蔡小芳, 张成新, 李 勇, 刘 鹏, 李彩联, 郭艳丽

(甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 分析探讨口感化及颗粒化开食料对早期断奶羔羊生长和胃肠道发育的影响。选取新生健康的双羔湖羊公羔 42 只, 随机分为两组, 分别饲喂颗粒化和口感化开食料, 试验期 42 d。两组羔羊 21 日龄之前的采食量、体重和绝对生长的变化趋势相似。21 日龄以后, 口感化开食料组羔羊的采食量、体重、绝对生长和相对生长均明显高于颗粒化开食料组, 42 日龄体重、后两周的采食量及 15~21 日龄的相对增长率在两组间有显著差异 ($P < 0.05$)。口感化开食料还显著提高 ($P < 0.05$) 了羔羊 42 日龄时的育肥指数、体长指数、胸围指数、管围指数和断奶前的瘤胃质量和瘤胃/胴体。以上结果表明, 与颗粒化开食料相比, 口感化开食料更有利于羔羊早期断奶前后的瘤胃发育、采食量提高、体重和体尺的发育, 但对其他胃室及肠道发育没有影响。

关键词: 口感化开食料; 颗粒化开食料; 生长性能; 体尺发育; 瘤胃发育; 肠道发育; 羔羊

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2021)08-1596-09

Effect of texturized and pelleted starter on growth and gastrointestinal development of early weaning lambs

CAI Xiaofang, ZHANG Chengxin, LI Yong, LIU Peng, LI Cailian, GUO Yanli

(College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the effect of texturized and pelleted starter on the growth and gastrointestinal development of early weaning lambs. Forty-two newborn, healthy male lambs were selected and randomly assigned to two groups; lambs were fed pelleted, and texturized starter feed, respectively. The experiment lasted for 42 days. The changes in feed intake, body weight, and absolute growth of lambs in two groups were similar before 21 days old. After 21 days of age, the starter feed intake, body weight, absolute growth, and relative growth of lambs fed texturized starter feed were higher than those fed with pelleted starter feed. There were differences ($P < 0.05$) in the body weight at 42 days of age, the starter feed intake in the last two weeks, and the relative growth rate at 15~21 days of age. The fattening index, body length index, chest circumference index, and tube circumference index at 42 days, and rumen weight and rumen weight / pre-weaning carcass weight were also improved ($P < 0.05$) in the texturized group. Compared with the pelleted starter, the texturized starter was more beneficial to rumen development, an increase of feed intake, and body weight and body size of lambs pre- and post- weaning, but there was no effect on the development of other stomach chambers and intestines.

收稿日期: 2020-09-23 接受日期: 2020-12-14

基金项目: 国家自然科学基金 (31860654)

第一作者: 蔡小芳 (1995-), 女, 甘肃陇南人, 在读硕士生, 研究方向为反刍动物营养。E-mail: 2986397810@qq.com

通信作者: 郭艳丽 (1970-), 女, 山西汾阳人, 教授, 博导, 博士, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: guoyl@gsau.edu.cn

Keywords: texturized starter; pelleted starter; growth performance; body size development; rumen development; intestinal development; lambs

Corresponding author: GUO Yanli E-mail: guoyl@gsau.edu.cn

羔羊早期断奶是加快母羊周转、提高舍饲养羊效益的重要技术措施。但早期断奶常常会由于母子分离和由母乳转为固体饲料而使羔羊产生应激^[1]。为了减少这种应激和实现早期断奶,最好的方法是采取一定的措施促进瘤胃尽早发育。研究表明,及早采食开食料是实现羔羊早期断奶、促进瘤胃早期发育和保证羔羊健康生长的重要因素^[2]。固体开食料对瘤胃发育的影响包括物理机械刺激和饲料发酵产物(各种挥发性脂肪酸等)的化学刺激等^[3]。

在众多影响动物生长发育的开食料因素中,物理形态(粒度、均匀度和硬度等)是重要因素之一^[4]。目前见到的有关反刍动物的研究所涉及到的物理形态主要包括颗粒化开食料(pelleted starter)、粉末状开食料(meal starter)、多颗粒开食料(multiparticle starter)、粉碎开食料(ground starter)、压碎开食料(mashed starter)、粗压碎开食料(coarse mash starter)和口感化开食料(textured starter)等。大量研究表明,开食料的物理形态会影响饲料的适口性^[5]、瘤胃的发育^[6]、反刍开始时间^[7]、肠道发育^[8]、幼龄动物的腹泻率^[9-10]以及生长性能等^[11-12]。且相对于其他物理形态,口感化开食料更有利于反刍动物的瘤胃发育和生产性能的发挥等。口感化开食料是指将配方中的玉米(*Zea mays*)等能量饲料单独进行蒸汽压片等处理、其他原料制作成颗粒饲料,然后二者混合。但以上这些研究多以犊牛为研究对象,有关羔羊的研究较少。尤其缺乏开食料物理形态对羔羊早期断奶前后阶段生长和胃肠道发育变化的影响研究。因此,本研究以湖羊公羔为对象,研究两种物理形态(颗粒化和口感化)的开食料对羔羊早期断奶前后阶段生长和胃肠道发育的影响,为肉羊生产中开食料的研发提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采用随机对照试验设计,分别为两种物理形态的开食料,颗粒化开食料(将各种饲料原料粉碎后环模制粒)和口感化开食料(蒸汽压片玉米做破碎

处理,4~5 mm小片;其他原料粉碎、环模制粒:温度84~86℃,4.5 mm,压缩比1:5;二者单独存放,喂料时按配方比例分别称量饲喂)。参照NRC(2007)^[13]标准设计开食料配方,其组成及营养水平如表1所列。

1.2 试验动物与饲养管理

动物饲养试验于2019年4月至6月在甘肃省白银康瑞种羊养殖有限公司进行。选取42只初生重相近(3.81 ± 0.55 kg)的湖羊公羔(来自产双羔母羊),母乳喂养至7日龄,于8日龄和母羊分离,单笼饲养,随机分配到两个处理组中,每个处理21只羔羊,开始饲喂代乳粉和开食料。开食料由甘肃傲农饲料科技有限公司(武威)生产加工。代乳粉按8日龄体重的2%进行饲喂,分早(08:00)、中(14:00)、晚(20:00)3次等量饲喂,直至35日龄断奶(断代乳粉),整个试验期间自由采食开食料,自由饮水。其他按照肉羊饲养管理常规程序进行,直至42日龄。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长发育指标

体重及体尺:分别于8、14、21、28、35和42日龄晨饲前空腹称羔羊个体重,同时测量体尺(包括体长、体斜长、体高、胸围、腹围、管围)^[14]。

管围:指前掌骨上1/3最细处的水平周径长度,以卷尺量之。

绝对生长量和相对生长率按照以下公式计算^[15]:

$$\text{绝对生长量} = (BW_2 - BW_1) / (t_2 - t_1);$$

$$\text{相对生长率} = (BW_2 - BW_1) / (BW_2 + BW_1) / 2 \times 100\%。$$

式中: BW_1 和 BW_2 分别为计算期羔羊的初始体重和末重; t_1 和 t_2 分别为计算期的起始时间和结束时间。

采食量:从8日龄开始,每天记录开食料的添加量及剩余量,计算羔羊的采食量。

育肥指数和体尺指数按如下公式计算^[16]:

$$\text{育肥指数} = \text{体重} / \text{体高} \times 100\%;$$

$$\text{体长指数} = \text{体长} / \text{体高} \times 100\%;$$

$$\text{体躯指数} = \text{胸围} / \text{体斜长} \times 100\%;$$

$$\text{胸围指数} = \text{胸围} / \text{体高} \times 100\%;$$

$$\text{管围指数} = \text{管前管围} / \text{体高} \times 100\%。$$

表 1 开食料组成及营养水平 (风干基础)
Table 1 Composition and nutritive levels of starter feed (air-dry basis)

原料 Ingredient	开食料 Starter feed		营养指标 Chemical composition	开食料 Starter feed	
	颗粒化 Pelleted	口感化 Textured		颗粒化 Pelleted	口感化 Textured
玉米 Corn/%	65.00	0.00	干物质 DM	89.24	88.50
蒸汽压片玉米 Steam-flaked corn/%	0.00	65.00	粗蛋白质/干物质 CP/DM	20.01	20.23
麦麸 Wheat bran/%	5.00	5.00	粗脂肪/干物质 EE/DM	2.72	2.79
膨化大豆 Extruded soybean/%	6.00	6.00	²⁾ 消化能/干物质 DE/DM (MJ·kg ⁻¹)	13.75	13.82
豆粕 Soybean meal/%	16.50	16.50	中性洗涤纤维/干物质 NDF/DM	12.80	12.88
苜蓿 Alfalfa hay/%	5.00	5.00	钙/干物质 Ca/DM	0.75	0.71
食盐 NaCl/%	0.30	0.30	磷/干物质 P/DM	0.45	0.45
石粉 Limestone/%	1.18	1.18			
甜味剂 Sweetening agent/%	0.02	0.02			
¹⁾ 预混料 Premix/%	1.00	1.00			
合计 Total/%	100.00	100.00			

¹⁾ 每千克预混料组成: 铁1 mg, 锌3 mg, 铜1 mg, 锰1.2 mg, 碘25 mg, 硒50 mg, 钴10 mg, 维生素A 200 000 IU, 维生素D3 27 500 IU, 维生素E 1 900 IU;
²⁾ DM, DE, CP, EE, NDF, Ca, P均为实测值, 其中DE = GE - FE。
¹⁾ Composition of premix: Fe 1 mg, Zn 3 mg, Cu 1 mg, Mn 1.2 mg, I 25 mg, Se 50 mg, Co 10 mg, VA 200 000 IU, VD3 27 500 IU, VE 1 900 IU;
²⁾ DM, DE, CP, EE, NDF, Ca, and P are measured values, and DE = GE - FE. Chemical components: DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extract; DE, digestible energy; NDF, Neutral detergent fiber; CA, calcium; P, phosphorus.

1.3.2 胃肠道发育指标

于 8 日、21 日和 42 日龄每组随机选取 6 只羔羊屠宰。屠宰后, 迅速分离消化道, 将各胃室结扎、分离, 倾出各部内容物, 用 PBS 缓冲液冲洗内壁, 称各部分空质量, 并计算其相对质量。随后将小肠自然平放在磁盘中, 将各肠段结扎并分离, 除去肠系膜与肠道外部脂肪, 用软尺测量各肠段长度, 倾出各部内容物后, 用 PBS 缓冲液冲洗内壁, 再称其空质量。

1.4 数据统计

采用 Excel 2016 进行初步整理, 采用 SPSS 17.0 进行独立样本的 *t* 检验分析, 以 *P* < 0.05 作为差异显著的标准。

2 结果

2.1 开食料物理形态对羔羊体重变化的影响

两种开食料对羔羊 21 日龄之前体重的影响基本相同 (图 1), 但从 21 日龄开始, 口感化开食料组羔羊的体重开始大于颗粒化开食料组, 42 日龄时两者间差异显著 (*P* = 0.039), 此时口感化组的体重比

颗粒化组高 25.19%。

两种开食料组羔羊 8~21 日龄的绝对生长基本相同 (图 1)。从 22 日龄起, 口感化料组羔羊的绝对生长量明显大于颗粒化料组, 尤其 22~35 日龄阶段增长迅速, 这两周口感化料组比颗粒化料组羔羊绝对生长量分别高 81.30% 和 63.10%。

两种开食料组羔羊 8~14 日龄的相对生长率无明显变化 (图 1), 15 日龄后口感化组明显大于颗粒化组, 且在 15~21 日龄差异显著 (*P* = 0.001), 口感化组比颗粒化组高 94.74%。

另外, 两个处理组分别有 2 只羔羊因发生腹泻在 21 日龄后被淘汰。

2.2 开食料物理形态对羔羊开食料采食量变化的影响

随着日龄的增加, 两组羔羊的开食料采食量不断升高 (图 1), 且口感化组始终高于颗粒化组, 后两周达到显著差异 (*P* < 0.05), 分别比颗粒化组高 25.83% 和 12.85%。

2.3 开食料物理形态对羔羊体尺发育的影响

开食料的物理形态会显著影响羔羊的育肥及

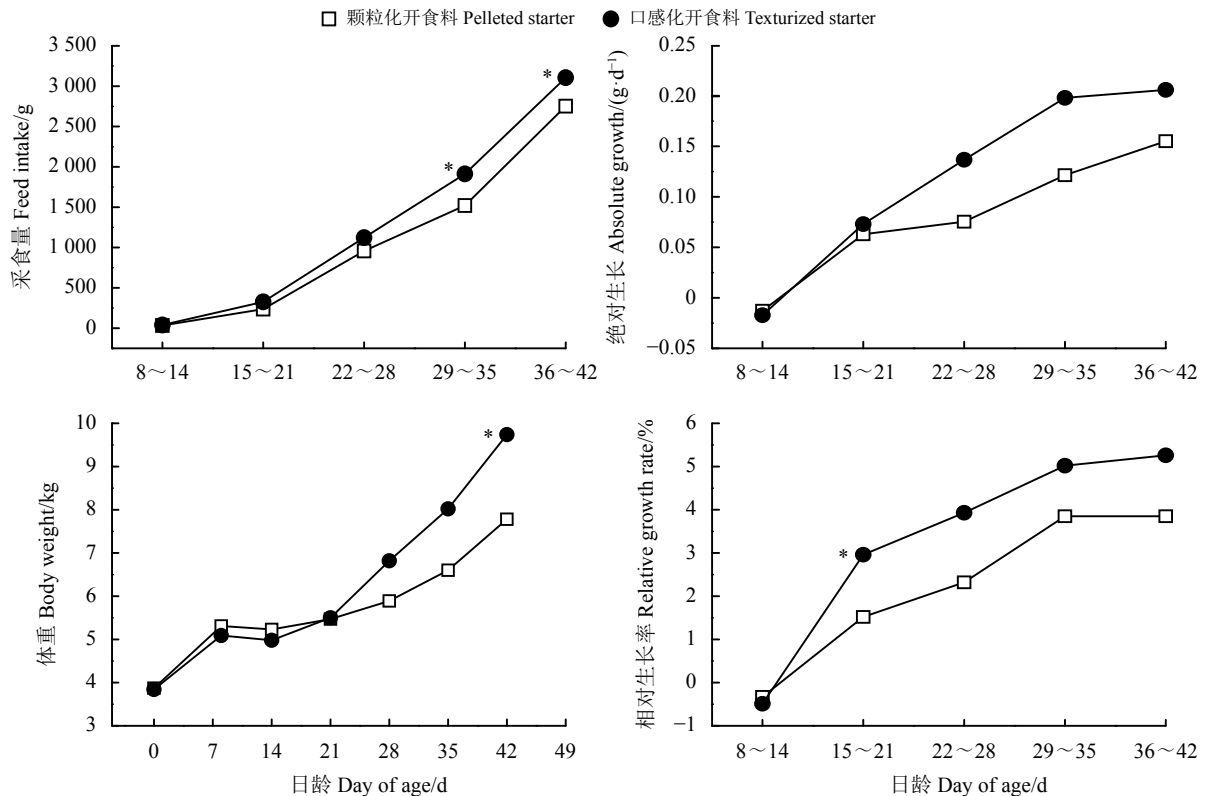


图 1 羔羊采食量、绝对生长、体重及相对增长率变化曲线

Figure 1 Change curve of lamb feed intake, absolute growth, body weight and relative growth rate

各时间段的样本数分别为 0~7 日龄 ($n=21$)、8~21 日龄 ($n=15$)、22~42 日龄 ($n=7$); * 表示不同开食料间差异显著 ($P<0.05$)。

The number of samples in each time period in figures are 0~7 days old ($n=21$), 8~21 days old ($n=15$), 22~42 days old ($n=7$). * indicates a significant difference between different starters at the 0.05 level.

体尺发育 (表 2)。42 日龄时的育肥指数、体长指数、胸围指数和管围指数均在口感化组显著 ($P<0.05$) 高于颗粒化组, 分别提高了 23.20%、5.91%、6.41% 和 7.14%。其他指标在两组间差异不显著 ($P>0.05$)。

2.4 开食料物理形态对羔羊胃肠道发育的影响

与颗粒化开食料相比, 口感化开食料显著提高了羔羊早期断奶前的瘤胃质量 (表 3, $P=0.039$) 和瘤胃/胴体 ($P=0.026$), 分别比颗粒化组提高了 59.34% 和 62.93%。其他胃室质量和比例在两组间无显著差异 ($P>0.05$)。

两种物理形态开食料对羔羊早期断奶前后的各肠段质量和长度均无显著影响 (表 4, $P>0.05$)。

3 讨论

3.1 开食料物理形态对羔羊早期断奶前后生长变化的影响

本研究中, 由于羔羊在 21 日龄之前对开食料的

摄入较少, 瘤胃发育不完全, 对固体饲料的消化能力较弱, 从而使两组羔羊 21 日龄之前的采食量、体重和绝对生长都比较相似。21 日龄以后, 两组羔羊开食料的采食量均比 21 日龄前明显增加, 开食料的效果显现, 口感化组羔羊的采食量、体重、绝对生长和相对生长均大于颗粒化组, 说明开食料的物理形态对羔羊早期断奶前后阶段的生长性能有显著的影响。口感化组羔羊明显优于颗粒化组的原因可能是口感化开食料的硬度比颗粒化开食料的高、颗粒多, 刺激了瘤胃的早期发育。另外, 口感化组的玉米经过了蒸汽压片处理, 其胚芽中淀粉颗粒周围的胚层和蛋白基质遭到破坏, 导致淀粉颗粒中半结晶结构也随之破坏, 从而提高了其淀粉的糊化度和消化率, 增加了适口性^[17-20], 促进了采食量的增加。采食量增加后, 体重、绝对生长和相对生长也得到提高。有研究表明, 口感化开食料组犊牛断奶前的采食量和平均日增重 (ADG) 都比颗粒化组高^[21]; 口感化开食料组犊牛的采食量和体重都显著高于颗粒化组^[22];

表 2 羔羊育肥指数及体尺指数
Table 2 Fattening index and body size indices of lambs

指标 Parameter	日龄 Day of age/d	颗粒化开食料 Pelleted starter	口感化开食料 Texturized starter	P
育肥指数 Fattening index	8	12.89 ± 1.40a	12.42 ± 1.31a	0.427
	14	12.00 ± 1.09a	11.80 ± 1.21a	0.632
	21	12.27 ± 0.98a	12.54 ± 1.38a	0.548
	28	13.20 ± 1.55a	15.05 ± 1.47a	0.088
	35	14.29 ± 2.67a	17.29 ± 2.96a	0.111
	42	16.12 ± 2.57b	19.86 ± 2.58a	0.040
体长指数 Body length index	8	90.45 ± 6.81a	90.58 ± 7.09a	0.950
	14	90.84 ± 2.74a	91.66 ± 5.89a	0.613
	21	91.48 ± 4.46a	93.27 ± 5.25a	0.341
	28	95.63 ± 4.53a	94.41 ± 4.37a	0.604
	35	96.31 ± 3.67a	96.61 ± 2.75a	0.861
	42	96.09 ± 6.31b	101.77 ± 2.41a	0.034
体躯指数 Body index	8	107.19 ± 7.26a	105.47 ± 7.28a	0.518
	14	99.36 ± 5.79a	101.09 ± 4.89a	0.377
	21	100.43 ± 7.32a	99.53 ± 4.77a	0.703
	28	101.42 ± 7.61a	103.19 ± 4.34a	0.583
	35	98.78 ± 6.49a	100.74 ± 6.49a	0.571
	42	99.76 ± 6.21a	100.00 ± 3.20a	0.925
胸围指数 Chest circumference index	8	96.71 ± 7.06a	95.12 ± 3.82a	0.455
	14	90.17 ± 4.14a	92.49 ± 4.41a	0.144
	21	91.79 ± 6.80a	92.70 ± 4.59a	0.681
	28	96.77 ± 5.08a	97.36 ± 5.01a	0.823
	35	95.04 ± 5.65a	97.32 ± 6.81a	0.497
	42	95.65 ± 5.33b	101.78 ± 4.19a	0.027
管围指数 Tube circumference index	8	14.28 ± 0.96a	14.39 ± 0.67a	0.328
	14	13.50 ± 0.64a	13.86 ± 0.91a	0.216
	21	13.40 ± 1.25a	13.21 ± 1.00a	0.673
	28	13.10 ± 1.10a	13.04 ± 0.88a	0.911
	35	12.50 ± 1.14a	12.76 ± 0.81a	0.611
	42	11.90 ± 0.88b	12.75 ± 0.63a	0.047

口感化比颗粒化开食料更能促进犊牛断奶后的采食量和 ADG 的提高^[23]。但也有研究发现,颗粒化和口感化开食料对犊牛的采食量、ADG 等的影响均没有差异^[24]。造成这些不同研究结果差异的原因可能是各研究所采用的动物、动物年龄、开食料的原料组成和营养水平等不同所致。

育肥指数及体尺指数是衡量动物生长发育的重要指标。本研究中口感化开食料组羔羊 42 日龄时的育肥指数、体长指数、胸围指数和管围指数均显

著高于颗粒化开食料组的结果说明,口感化开食料更有利于羔羊早期断奶前后的育肥及体尺发育。这与羔羊采食量、体重的变化结果相一致。原因是两种开食料的营养水平相同,采食量高的情况下采食进入体内的养分也高,从而促进了体尺的发育和体重的提高。其他用犊牛所做的研究得出了不同的结果,如 Nejad 等^[25]、Pazoki 等^[26] 均得出口感化和颗粒化开食料对犊牛的体尺发育无差异影响的结果。产生这种差异的原因可能是试验动物、开食料配方及

表 3 各胃室空重及相对质量 ($n = 6$)
Table 3 Weight and relative weight of each stomach chamber ($n = 6$)

项目 Item	日龄 Day of age/d	颗粒化开食料 Pelleted starter	口感化开食料 Texturized starter	P
瘤胃 Rumen/g	21	32.29 ± 10.69	51.45 ± 16.65	0.039
	42	160.10 ± 38.97	178.79 ± 60.46	0.539
网胃 Reticulum/g	21	8.29 ± 2.10	10.13 ± 4.03	0.347
	42	25.34 ± 6.88	27.49 ± 6.27	0.584
瓣胃 Omasum/g	21	4.59 ± 1.28	4.59 ± 1.10	0.998
	42	14.43 ± 5.80	13.89 ± 3.95	0.853
皱胃 Abomasum/g	21	33.92 ± 6.02	35.54 ± 6.67	0.668
	42	45.44 ± 10.45	50.68 ± 13.12	0.462
瘤胃/胴体 Rumen/carcass	21	1.16 ± 0.33	1.89 ± 0.61	0.026
	42	4.95 ± 0.62	4.63 ± 0.68	0.416
网胃/胴体 Reticulum/carcass	21	0.30 ± 0.07	0.36 ± 0.11	0.272
	42	0.79 ± 0.18	0.73 ± 0.08	0.507
瓣胃/胴体 Omasum/carcass	21	0.17 ± 0.07	0.17 ± 0.02	0.843
	42	0.45 ± 0.16	0.38 ± 0.10	0.428
皱胃/胴体 Abomasum/carcass	21	1.25 ± 0.32	1.29 ± 0.15	0.768
	42	1.43 ± 0.33	1.35 ± 0.20	0.627

表 4 肠道质量及长度 ($n = 6$)
Table 4 Weight and length of gut ($n = 6$)

部位 Portion	项目 Item	日龄 Day of age/d	颗粒化开食料 Pelleted starter	口感化开食料 Texturized starter	P
十二指肠 Duodenum	质量 Weight/g	21	5.29 ± 0.81	5.22 ± 0.39	0.859
		42	7.93 ± 2.62	8.27 ± 1.77	0.797
	长度 Length/cm	21	31.00 ± 4.79	30.87 ± 4.77	0.962
		42	35.17 ± 4.54	33.95 ± 8.21	0.757
空肠 Jejunum	质量 Weight/g	21	165.67 ± 41.32	170.47 ± 20.97	0.805
		42	238.58 ± 72.91	230.97 ± 46.71	0.834
	长度 Length/cm	21	1 339.95 ± 93.87	1 262.62 ± 135.90	0.278
		42	1 556.92 ± 156.82	1 453.33 ± 142.19	0.258
回肠 Ileum	质量 Weight/g	21	4.78 ± 1.66	6.04 ± 1.10	0.153
		42	11.11 ± 4.32	12.42 ± 2.98	0.555
	长度 Length/cm	21	13.02 ± 2.34	14.62 ± 1.89	0.222
		42	19.67 ± 4.36	19.42 ± 3.54	0.915
盲肠 Cecum	质量 Weight/g	21	8.82 ± 1.48	9.04 ± 1.55	0.809
		42	14.42 ± 2.49	15.36 ± 2.54	0.534
	长度 Length/cm	21	10.48 ± 1.27	11.02 ± 0.82	0.408
		42	13.55 ± 2.42	14.22 ± 3.47	0.707
结肠 Colon	质量 Weight/g	21	30.35 ± 4.96	27.71 ± 3.54	0.312
		42	52.38 ± 15.63	55.41 ± 11.56	0.710
	长度 Length/cm	21	125.98 ± 102.73	114.65 ± 13.80	0.143
		42	156.68 ± 29.88	181.16 ± 17.03	0.140
直肠 Rectum	质量 Weight/g	21	35.28 ± 4.04	35.17 ± 4.65	0.965
		42	49.80 ± 17.48	49.73 ± 11.89	0.994
	长度 Length/cm	21	107.43 ± 22.68	107.42 ± 16.09	0.999
		42	131.13 ± 23.55	126.03 ± 24.76	0.722

饲养管理等不同所致。

3.2 开食料物理形态对羔羊早期断奶前后胃肠道发育变化的影响

反刍动物复胃的发育对成年后营养物质的消化吸收有重要的影响,尤其是瘤胃的发育。而胃的发育主要表现在质量增加、容积增大、功能完善和胃壁组织学变化及其内部营养物质消化、吸收和代谢特点等方面^[27-28]。研究表明,瘤胃的生长与开食料的物理刺激和发酵产物的化学刺激作用密切相关。其中,物理刺激主要是固体饲料的颗粒大小和硬度等,化学刺激则主要是饲料在瘤胃降解产生的各种挥发性脂肪酸^[29]。固体饲料的物理形态能影响犊牛瘤胃的细胞增殖^[30]。粗糙颗粒能增加瘤胃壁的物理性刺激作用,促进瘤胃的运动和肌肉生长,进而增加瘤胃容积和质量^[31]。本研究中口感化料组羔羊 21 日龄的瘤胃质量和瘤胃/胴体显著高于颗粒化组,说明口感化开食料更有利于羔羊瘤胃的早期发育。造成此结果的原因可能是口感化开食料的物理刺激作用强于颗粒化开食料,同时,口感化开食料组的羔羊有较高的采食量,其能提供的化学刺激作

用也强,从而促进了瘤胃的发育^[6, 8, 10]。

肠道特别是小肠是营养物质消化吸收的主要部位,出生时发育已经较为完善,与皱胃共同承担消化作用,其质量的改变影响营养物质的消化吸收^[32]。本研究表明,开食料的物理形态对羔羊各肠段的质量和长度均没有影响。原因可能是反刍动物对固体饲料的消化主要在瘤胃,随着开食料在瘤胃大部分被消化,其对各肠段的物理刺激作用变弱,而由于两种开食料的营养成分相同,化学刺激作用也相似。口感化开食料和颗粒化开食料对犊牛小肠质量和长度的影响无显著差异^[10]。

4 结论

本研究表明,与颗粒化开食料相比,口感化开食料更有利于羔羊早期断奶前后的瘤胃质量、瘤胃质量/胴体质量、采食量、育肥指数、体长指数、胸围指数、管围指数、相对生长和体重的提高,但对其他胃室及肠道的发育没有显著影响。可以认为,口感化开食料更有利于早期断奶前后湖羊羔羊的瘤胃发育和生长。

参考文献 References:

- [1] ENRIQUEZ O, HOETZEL M J and UNGERFEID R. Minimising the stress of weaning of beef calves: Review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2011, 53(28): 28.
- [2] DRACKLEY J K. Calf nutrition from birth to breeding. *The Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 2008, 24(1): 55-86.
- [3] 马俊南, 屠焰. 固液饲料饲喂水平对犊牛生长及胃肠道发育影响的研究进展. *家畜生态学报*, 2017, 38(5): 7-12.
MA J N, TU Y. Research progress on the effects of solid-liquid feed on growth and gastrointestinal development of calves. *Journal of Livestock Ecology*, 2017, 38(5): 7-12.
- [4] MIRZAEI M, KHORVASH M, GHORBANI G R, KAZEMI-BONCHENARI M, RIASI A, SOLTANI A, MOSHIRI B, GHAFFARI M H. Interactions between the physical form of starter (mashed versus textured) and corn silage provision on performance, rumen fermentation, and structural growth of Holstein calves. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(2): 678-686.
- [5] TERRE M, CASTELLS L, KHAN M A, BACH A. Interaction between the physical form of the starter feed and straw provision on growth performance of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98(2): 1101-1109.
- [6] MOEINI H, MAHDAVI A H, RIASI A, GHORBANI G R, OSKOEIAN E, KHAN M A, GHAFFARI M H. Effects of physical form of starter and forage provision to young calves on blood metabolites, liver composition and intestinal morphology. *Journal of Animal Physiology & Animal Nutrition*, 2017, 101(4): 755-766.
- [7] NEDELKOV K G, YAVUZ, TODOROV N A, GANCHEV E. Effects of physical form of starter feed on intake, growth rate, behavior and health status of female dairy calves. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2015, 21(4): 893-900.

- [8] 阿米娜木·司马仪. 口感化和颗粒化开食料对荷斯坦公犊牛生长性能及胃肠道发育的影响. 乌鲁木齐: 新疆农业大学硕士学位论文, 2014.
- Aminamu·simayi. Effects of taste and granulated starter on growth performance and gastrointestinal development of Holstein bull calves. Master Thesis. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2014.
- [9] 杜超, 甄玉国, FRANCIS K A, 沈旂帆, 卜登攀. 不同物理形态开食料对犊牛生长发育、瘤胃发酵及血液指标的影响. 动物营养学报, 2017, 29(6): 2153-2161.
- DU C, ZHEN Y G, FRANCIS K A, SHEN Y F, BU D P. Effects of different physical forms of starter on growth and development, rumen fermentation and blood indicators of calves. *Journal of Animal Nutrition*, 2017, 29(6): 2153-2161.
- [10] 付瑶, 郭江鹏, 李胜利. 口感化开食料对蒙贝利亚×荷斯坦杂交犊牛生长性能、胃肠道指标及瘤胃发酵参数的影响. 动物营养学报, 2020, 32(2): 715-725.
- FU Y, GUO J P, LI S L. Effects of taste-based starter on growth performance, gastrointestinal indexes and rumen fermentation parameters of Mongolian Beria×Holstein hybrid calves. *Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(2): 715-725.
- [11] OMIDI-MIRZAEI H A, AZARFAR A, KIANI M, MIRZAEI M, GHAFARI M H. Interaction between the physical forms of starter and forage source on growth performance and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(7): 6074-6084.
- [12] QUIGLEY J D, HILL T M, DENNIS T S, SUAREZ-MENA F X, SCHLOTTERBECK R L. Effects of feeding milk replacer at 2 rates with pelleted, low-starch or texturized, high-starch starters on calf performance and digestion. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(7): 5937-5948.
- [13] National Research Council; Division on Earth and Life Studies, Board on Agriculture and Natural Resourc. National Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goat, Cervids, and New World Camelids. Washington D C: National Academy of Sciences, 2007.
- [14] 郝艳霜. 玉米粒度对不同年龄奶山羊生产性能的影响. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2005.
- HAO Y S. The effect of corn particle size on the performance of dairy goats of different ages. Master Thesis. Yangling: Northwest A & F University, 2005.
- [15] 张高振, 姜俊芳, 宋雪梅, 周卫东, 黄新, 郑会超, 石放雄, 蒋永清. 湖羊早期生长曲线的拟合. 畜牧与兽医, 2009, 41(12): 31-34.
- ZHANG G Z, JIANG J F, SONG X M, ZHOU W D, HUANG X, ZHENG H C, SHI F X, JIANG Y Q. The fitting of early growth curve of Hu sheep. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2009, 41(12): 31-34.
- [16] 谢云怡, 司敬方, 武轩宇, 奚雨萌, 韩兆玉. 不同剩余采食量水平的奶牛采食行为及体尺指标差异分析. 畜牧与兽医, 2016, 48(8): 58-61.
- XIE Y Y, SI J F, WU X Y, XI Y M, HAN Z Y. Diversity analysis of dairy cows' feeding behavior and body measurements with different levels of residual feed intake. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2016, 48(8): 58-61.
- [17] KOKIC B M, LEVI J D, CHRENKOVAM, FORMELOVÁ Z, JOVANOVI R D. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. *Food and Feed Research*, 2013, 40(2): 93-99.
- [18] QIAO F Q, WANG F, REN L P, ZHOU Z M, MENG Q X, BAO Y H. Effect of steam-flaking on chemical compositions, starch gelatinization, in vitro fermentability, and energetic values of maize, wheat and rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14(5): 949-955.
- [19] 汪树生, 苏玉春, 王强. 不同湿热处理方法对玉米淀粉性质的影响. 粮油加工, 2009(4): 110-112.
- WANG S S, SU Y C, WANG Q. The effect of different heat treatment methods on the properties of corn starch. *Cereals and Oils Processing*, 2009(4): 110-112.
- [20] 王桂瑛, 毛华明, 文际坤. 玉米的加工处理对饲料营养物质消化率的影响. 饲料与畜牧, 2009(8): 32-35.

- WANG G Y, MAO H M, WEN J K. The effect of corn processing on the digestibility of feed nutrients. *Feed and Livestock*, 2009(8): 32-35.
- [21] FRANKLIN S T, AMARAL-PHILLIPS D M, JACKSON J A, CAMPBELL A A. Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86(6): 2145-2153.
- [22] 王秋玲, 莫建光, 阳春苗. 不同类型开食料对犊牛生长发育和瘤胃发酵的影响. *中国饲料*, 2019(8): 22-26.
- WANG Q L, MO J G, YANG C M. Effects of different types of starters on growth and development and rumen fermentation of calves. *China Feed*, 2019(8): 22-26.
- [23] BACH A, GIMENEZ A, JUARISTI J L, AHEDO J. Effects of physical form of a starter for dairy replacement calves on feed intake and performance. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90(6): 3028-3033.
- [24] BATEMAN H G II, HILL T M, ALDRICH J M, SCHLOTTERBECK R L. Effects of corn processing, particle size, and diet form on performance of calves in bedded pens. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(2): 782-789.
- [25] NEJAD J G, TORBATINEJAD N, NASERIAN A A, KUMAR S, KIM J D, SONG Y H, RA C S, SUNG K I. Effects of processing of starter diets on performance, nutrient digestibility, rumen biochemical parameters and body measurements of brown swiss dairy calves. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 2012, 25(7): 980-987.
- [26] PAZOKI A, GHORBANI G R, KARGAR S, SADEGHI-SEFIDMAZGI A, DRACKLEY J K, GHAFARI M H. Growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen development of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of physical form of starter feed and forage provision. *Animal Feed Science and Technology*, 2017, 234: 173-185.
- [27] BEIRANVAND H, GHORBANI G R, KHORVASH M, NABIPOUR A, DEHGHAN-BANADAKY M, HOMAYOUNI A, KARGAR S. Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(4): 2270-2280.
- [28] SUREZ B J, REENEN C G V, STOCKHOFF N, DIJKSTRA J, GERRITS W J J. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90(5): 2390-2403.
- [29] TAMATE H, MCGILLIARD A D, JACOBSON N L, GETTY R. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *Journal of Dairy Science*, 1962, 45(3): 408-420.
- [30] KHAN M A, BACH A, WEARY D M, VON KEYSERLINGK M A G. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(2): 885-902.
- [31] ZITNAN R J, VOIGT U, SCHONHUSEN J, WEGNER J, KOKARDOVA M, HAGEMEISTER H, LEVKUT M, KUHLA S, SOMMER A. Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Archives of Animal Nutrition*, 1998, 51(4): 279-291.
- [32] 张高娜, 张建梅, 谷巍. 影响断奶仔猪肠道发育的因素及营养调控措施. *饲料广角*, 2012(17): 20-25.
- ZHANG G N, ZHANG J M, GU W. Factors affecting intestinal development of weaned piglets and nutritional control measures. *Feed Wide Angle*, 2012(17): 20-25.

(责任编辑 张瑾)