

饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊屠宰性能、器官生长发育及肉品质的影响

刘树林 王雪 李胤豪 郭晓宇 赵艳丽 史彬林 闫素梅*

(内蒙古农业大学动物科学学院,内蒙古自治区高校动物营养与饲料科学重点实验室,呼和浩特 010018)

摘要: 本试验旨在研究舍饲条件下饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊屠宰性能、器官生长发育及肉品质的影响。试验采用单因素完全随机试验设计,选择体重为(18.60±0.10) kg的60只4月龄阿尔巴斯断奶羯羔,随机分为对照组(CON组)、亚麻油组(LSO组)和亚麻籽组(HLS组)3个组,每组4个重复,每个重复5只羊。在育肥前期(1~30 d)、中期(31~60 d)和后期(61~90 d),CON组饲喂基础饲料,LSO组分别饲喂添加2.0%、2.0%和2.5%亚麻油的试验饲料,HLS组分别饲喂添加5.5%、5.5%和7.0%热处理亚麻籽(120℃翻炒10 min)的试验饲料。预试期14 d,正试期90 d。结果表明:1)LSO组羔羊的胴体重、屠宰率、肾脂重、尾脂重和脂肪组织重显著高于HLS组($P<0.05$)。2)与CON组相比,LSO组羔羊的蹄、毛皮和头+蹄+毛皮+血液重显著增加($P<0.05$),而HLS组显著降低($P<0.05$)。与CON组和HLS组相比,LSO组羔羊的心脏、肾脏和内脏器官重显著增加($P<0.05$),肺脏和胰脏指数显著降低($P<0.05$)。与CON组相比,LSO组和HLS组羔羊的网胃重显著降低($P<0.05$),HLS组羔羊的瓣胃重显著降低($P<0.05$)。3)HLS组羔羊背最长肌的蒸煮损失和红度值显著高于LSO组($P<0.05$),亮度值显著低于LSO组($P<0.05$)。与CON组相比,LSO组羔羊背最长肌的黄度值显著增加($P<0.05$),而HLS组显著降低($P<0.05$)。与CON组相比,LSO组和HLS组羔羊的臀三头肌干物质、背最长肌粗蛋白质含量显著增加($P<0.05$)。由此可见,饲料添加亚麻油降低了绒山羊羔羊外部组织器官、内脏器官和消化道占体重的比例,屠宰性能较好,脂肪沉积也有所增加;饲料添加亚麻籽的羔羊肉色和肌肉营养价值优于饲料添加亚麻油的羔羊。

关键词: 亚麻油;亚麻籽;绒山羊羔羊;屠宰性能;器官指数;肉品质

中图分类号:S826

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)02-0877-11

阿尔巴斯白绒山羊是世界著名的绒肉兼用型品种,一直以自然放牧为主,其所产山羊绒以细、长、柔、软闻名世界,是养殖户的主要经济来源。然而,随着近年来羊绒价格的急剧下跌,羊肉需求量的不断增加,同时伴随着草原生态环境的恶化、草场载畜量的限制等因素,使得绒山羊由绒用向肉用、由放牧向舍饲转变,舍饲育肥成为了新的经济增长点。天然放牧的绒山羊肉味道鲜美、无膻味,富含蛋白质和n-3多不饱和脂肪酸(PUFA),

但研究也发现绒山羊由天然放牧转变成舍饲育肥后,其肉中饱和脂肪酸(SFA)含量显著增加,而有利于人体健康的n-3PUFA含量显著降低^[1]。因此,通过饲料营养干预调控舍饲羊肉的脂肪酸组成是畜牧研究工作者的焦点之一。研究表明,摄入富含n-3PUFA的饲料可改善反刍动物机体脂肪酸的组成,降低人类患心脑血管疾病的风险^[2]。亚麻油富含n-3PUFA,研究表明饲料中添加亚麻油不仅可以促进羔羊的生长速度和饲料转化效

收稿日期:2020-07-06

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0500504)

作者简介:刘树林(1991—),女,内蒙古呼和浩特人,博士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail: 1160628962@qq.com

*通信作者:闫素梅,教授,博士生导师,E-mail: yansimiau@163.com

率^[3],还可以增加山羊肉中 n-3PUFA 含量^[4]。亚麻籽不仅富含 n-3PUFA,且具有良好的过瘤胃效果。Nudda 等^[5]研究指出,母羊补饲亚麻籽后可显著增加母羊肌内脂肪 n-3PUFA 含量,但减慢了其子代的生长并降低了胴体重。然而,目前的研究主要集中于饲料添加亚麻油或亚麻籽对羊生长、育肥性能和机体组织脂肪酸组成的影响,鲜见饲料添加亚麻油或亚麻籽对绒山羊羔羊生长和屠宰性能系统的比较研究。本课题组前期的研究结果显示,饲喂添加亚麻油饲料的绒山羊羔羊的生长性能要优于饲喂添加亚麻籽饲料,亚麻籽对绒山羊羔羊肌肉中 n-3PUFA 含量的促进作用及 n-6 PUFA/n-3PUFA 的降低作用优于亚麻油^[6]。然而,饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊屠宰性能、器官生长发育及肉品质究竟产生什么样的影响,尚不清楚。因此,本试验主要研究了舍饲条件下饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊屠宰性能、器官生长发育和肉品质的影响,为合理制定绒山羊羔羊舍饲育肥方案、提高其肉品质提供数据支持。

1 材料与amp;方法

1.1 试验动物与amp;试验设计

从内蒙古白绒山羊种羊场选择体重为 (18.60±0.10) kg 的 60 只 4 月龄断奶羯羔,采用单因素完全随机试验设计,随机分为对照组 (CON 组)、亚麻油组 (LSO 组) 和亚麻籽组 (HLS 组) 3 个组,每组 4 个重复,每个重复 5 只羊。试验分育肥前期 (1~30 d)、中期 (31~60 d) 和后期 (61~90 d)。在育肥前期、中期和后期,CON 组饲喂基础饲料,LSO 组分别饲喂添加 2.0%、2.0% 和 2.5% 亚麻油的试验饲料,HLS 组分别饲喂添加 5.5%、5.5% 和 7.0% 亚麻籽的试验饲料。各组饲料的精粗比均为 5:5。亚麻籽经过热处理 (120 °C 翻炒 10 min),含油量为 36%。HLS 组中亚麻油含量与 LSO 组相似。试验期进行舍饲育肥,每天饲喂 2 次,自由采食、饮水。预试期 14 d,正试期 90 d。试验饲料参照《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[7] 配制,其组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲料组成及营养水平 (风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

g/kg

项目 Items	育肥前期 Early fattening stage			育肥中期 Middle fattening stage			育肥后期 Late fattening stage		
	对照组 CON group	亚麻 油组 LSO group	亚麻 籽组 HLS group	对照组 CON group	亚麻 油组 LSO group	亚麻 籽组 HLS group	对照组 CON group	亚麻 油组 LSO group	亚麻 籽组 HLS group
原料 Ingredients									
苜蓿草颗粒 Alfalfa hay particles	250.00	250.00	250.00	150.00	150.00	150.00	125.00	125.00	125.00
玉米秸秆草颗粒 Maize straw particles	50.00	50.00	50.00	200.00	200.00	200.00	250.00	250.00	250.00
燕麦草颗粒 Oat grass particles	200.00	200.00	200.00	150.00	150.00	150.00	125.00	125.00	125.00
玉米 Corn	284.10	233.70	231.70	308.00	304.00	299.00	313.00	299.00	294.00
大豆粕 Soybean meal	117.00	105.00	115.00	95.00	114.00	119.00	80.00	104.00	109.00
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	30.00	72.40	77.40	40.00	5.00	5.00	40.00	5.00	5.00
亚麻饼 Linseed cake	48.00	48.00		35.00	35.00		45.00	45.00	
亚麻籽 Linseed			55.00			55.00			70.00
亚麻油 Linseed oil		20.00			20.00			25.00	
预混料 Premix ¹⁾	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
碳酸钙 CaCO ₃	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
磷酸氢钙 CaHPO ₄	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
氧化钠 Na ₂ O	5.40	5.40	5.40	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
碳酸氢钠 NaHCO ₃	3.50	3.50	3.50	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
氧化镁 MgO	3.00	3.00	3.00						

续表 1

项目 Items	育肥前期 Early fattening stage			育肥中期 Middle fattening stage			育肥后期 Late fattening stage		
	对照组 CON group	亚麻 油组 LSO group	亚麻 籽组 HLS group	对照组 CON group	亚麻 油组 LSO group	亚麻 籽组 HLS group	对照组 CON group	亚麻 油组 LSO group	亚麻 籽组 HLS group
合计 Total	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾									
消化能 DE/(MJ/kg)	112.90	115.70	115.20	114.70	116.20	115.80	111.00	113.90	113.60
粗蛋白质 CP	166.10	166.20	166.10	145.20	141.80	142.60	133.70	131.70	132.20
粗脂肪 EE	25.60	47.70	47.60	25.80	41.00	41.20	23.40	42.60	43.40
中性洗涤纤维 NDF	374.40	381.00	389.70	399.90	381.90	392.20	398.40	379.50	392.20
酸性洗涤纤维 ADF	204.40	210.00	214.70	216.20	210.20	221.90	215.70	209.10	223.60
钙 Ca	9.90	9.80	9.70	9.30	9.70	9.60	8.90	9.30	9.20
磷 P	4.10	4.10	4.20	4.00	4.00	4.10	3.80	3.70	3.80

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: Fe 8 g, Cu 1.6 g, Zn 10 g, Mn 6 g, I 60 mg, Se 60 mg, Co 50 mg, VA 1 200 000 IU, VD₃ 500 000 IU, VE 2 500 IU, VK₃ 360 mg, VB₁ 70 mg, VB₂ 1 700 mg, VB₆ 180 mg, 烟酸 nicotinic acid 4 400 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 3 400 mg, VB₁₂ 6 mg, 生物素 biotin 28 mg, 叶酸 folic acid 300 mg。

2) 消化能为计算值, 其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.2 测定指标及方法

1.2.1 屠宰性能与脂肪沉积

试验结束时, 分别从每个重复中随机挑选 2 只羔羊, 每组共 8 只(禁食 12 h、禁水 2 h) 进行屠宰, 测定宰前活重(live weight before slaughter, LWBS)、胴体重、屠宰率、眼肌面积和背膘厚度(GR 值)。胴体重是屠宰放血后, 去除毛皮、头、内脏及前肢膝关节和后肢趾关节以下的部分后, 整个躯体静置 30 min 后的重量; 眼肌面积是测量左侧胴体倒数第 1 与第 2 肋骨之间背最长肌的横切面积; GR 值是用游标卡尺测量左侧胴体倒数第 1 与第 2 肋骨之间, 距离背脊中线 11 cm 处的组织厚度。屠宰率和眼肌面积计算公式如下:

$$\text{屠宰率}(\%) = 100 \times (\text{胴体重} / \text{LWBS});$$

$$\text{眼肌面积}(\text{cm}^2) = \text{眼肌高度} \times \text{眼肌宽度} \times 0.7。$$

屠宰后剥离大网膜脂、肠系膜脂、肾脂和尾脂并称重, 计算各脂肪组织重占 LWBS 的比例, 测定方法参照赵有璋^[8]。

1.2.2 组织器官指数和消化道指数

试验羊屠宰后, 分离头、蹄、毛皮、接血并称重, 计算其占 LWBS 的比例; 分离心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、胰腺, 计算各器官重占 LWBS 的比

例(器官指数); 分离瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、小肠及大肠, 弃掉内容物并称重, 计算各消化道重占 LWBS 的比例(消化道指数)。

1.2.3 肉品质

屠宰后, 立即采集左侧背最长肌测定 pH_{45 min}、pH_{2 h}、大理石纹、蒸煮损失、滴水损失、失水率和肉色。pH 参照 GB 5009.237—2016^[9] 进行测定, 蒸煮损失、滴水损失、失水率、肉色和大理石纹评分参照 NY/T 1180—2006^[10] 和 NY/T 1333—2007^[11] 进行测定。

采集右侧背最长肌、股二头肌、臂三头肌和臀肌样品, 测定肌肉中干物质(DM)、粗蛋白质(CP)和粗脂肪(EE)含量, 肌肉中水分含量参照 GB/T 5009.3—2010^[12] 进行测定, CP 含量参照 GB 5009.5—2010^[13] 进行测定, EE 含量参照 GB/T 9695.7—2008^[14] 进行测定。

1.3 数据处理

试验数据采用 SAS 9.0 软件的统计程序进行单因素方差分析, 差异显著者采用 Duncan 氏法进行多重比较。P < 0.05 表示差异显著, 0.05 ≤ P < 0.10 表示差异趋于显著, P > 0.10 表示无显著差异。

2 结果

2.1 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊屠宰性能和脂肪沉积的影响

由表2可以看出,LSO组羔羊的胴体重、屠宰率、肾脂重、尾脂重和脂肪组织重显著高于HLS组($P < 0.05$),且胴体重和屠宰率分别提高了14.99%、9.02%,而CON组与LSO组和HLS组无

显著差异($P > 0.05$)。LSO组羔羊的大网膜脂重、大网膜脂占LWBS的比例和脂肪组织占LWBS的比例显著高于CON组和HLS组($P < 0.05$),而HLS组与CON组之间无显著差异($P > 0.05$)。各组之间羔羊的眼肌面积、GR值、肠系膜脂重及肾脂、肠系膜脂与尾脂占LWBS的比例均无显著差异($P > 0.05$)。

表2 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊屠宰性能和脂肪沉积的影响

Table 2 Effects of linseed oil and linseed on slaughter performance and fat deposition of cashmere goat lambs

项目 Items	组别 Groups			均值标准误 SEM	P值 P-value
	CON	LSO	HLS		
胴体重 Carcass weight/kg	11.95 ^{ab}	13.61 ^a	11.57 ^b	0.570	0.045
屠宰率 Dressing percentage/%	44.82 ^{ab}	48.55 ^a	44.17 ^b	1.040	0.046
眼肌面积 Loin eye area/cm ²	8.39	8.86	8.33	0.440	0.674
GR值 GR value/mm	10.38	11.84	10.39	0.760	0.319
重量 Weight/g					
肾脂 Kidney fat	129.93 ^{ab}	153.91 ^a	120.63 ^b	8.501	0.032
大网膜脂 Omental fat	729.31 ^b	1 053.55 ^a	696.62 ^b	12.409	<0.001
肠系膜脂 Mesenteric fat	487.49	547.97	417.84	47.495	0.178
尾脂 Tail fat	12.39 ^{ab}	14.70 ^a	11.16 ^b	0.928	0.041
脂肪组织 Fat tissue	1 473.59 ^{ab}	1 843.90 ^a	1 249.60 ^b	101.130	0.030
占宰前活重的比例 Percentage of LWBS/%					
肾脂 Kidney fat	0.50	0.54	0.47	0.039	0.477
大网膜脂 Omental fat	2.77 ^b	4.10 ^a	2.83 ^b	0.098	<0.001
肠系膜脂 Mesenteric fat	1.88	1.94	1.79	0.137	0.753
尾脂 Tail fat	0.05	0.05	0.04	0.004	0.801
脂肪组织 Fat tissue	5.19 ^b	6.45 ^a	5.07 ^b	0.146	<0.001

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同或无字母表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

2.2 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊器官生长发育的影响

由表3可以看出,与CON组相比,LSO组羔羊的蹄、毛皮和头+蹄+毛皮+血液重显著增加($P < 0.05$),而HLS组显著降低($P < 0.05$)。与CON组和LSO组相比,HLS组羔羊的头和血液重显著降低($P < 0.05$),而毛皮和头+蹄+毛皮+血液占LWBS的比例显著增加($P < 0.05$),且LSO组与CON组之间无显著差异($P > 0.05$)。

由表4可以看出,与CON组和HLS组相比,LSO组羔羊的心脏、肾脏和内脏器官重显著增加($P < 0.05$),肺脏和胰脏指数显著降低($P < 0.05$),而HLS组与CON组之间无显著差异($P > 0.05$)。与CON组和LSO组相比,HLS组羔羊的肝脏、肾

脏和内脏器官指数显著增加($P < 0.05$),而LSO组与CON组之间无显著差异($P > 0.05$)。

由表5可以看出,与CON组相比,LSO组和HLS组羔羊的网胃重显著降低($P < 0.05$),而LSO组与HLS组之间无显著差异($P > 0.05$)。与CON组相比,HLS组羔羊的瓣胃重显著降低($P < 0.05$),而LSO组与CON组和HLS组无显著差异($P > 0.05$)。LSO组羔羊的复胃重有高于HLS组的趋势($P = 0.082$)。HLS组羔羊的皱胃指数有高于CON组和LSO组的趋势($P = 0.058$)。与CON组和HLS组相比,LSO组羔羊的小肠、肠道和胃肠道指数显著降低($P < 0.05$),而HLS组与CON组之间无显著差异($P > 0.05$)。

表 3 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊头、蹄、毛皮和血液重及占宰前活重的比例的影响

Table 3 Effects of linseed oil and linseed on weight of head, feet, wool and skin and blood and percentage of LWBS of cashmere goat lambs

项目 Items	组别 Groups			均值标准误 SEM	P 值 P-value
	CON	LSO	HLS		
重量 Weight/kg					
头 Head	1.69 ^a	1.74 ^a	1.61 ^b	0.020	0.001
蹄 Feet	0.64 ^b	0.67 ^a	0.62 ^c	0.008	<0.001
毛皮 Wool and skin	2.39 ^b	2.52 ^a	2.30 ^c	0.023	<0.001
血液 Blood	0.93 ^a	0.97 ^a	0.86 ^b	0.020	0.003
头+蹄+毛皮+血液 Head+feet+wool and skin+blood	5.67 ^b	5.91 ^a	5.40 ^c	0.037	<0.001
占宰前活重的比例 Percentage of LWBS/%					
头 Head	6.49	6.36	6.33	0.055	0.120
蹄 Feet	2.36	2.35	2.36	0.047	0.988
毛皮 Wool and skin	8.70 ^b	8.71 ^b	8.88 ^a	0.041	0.009
血液 Blood	3.39	3.45	3.56	0.170	0.775
头+蹄+毛皮+血液 Head+feet+wool and skin+blood	20.70 ^b	20.32 ^b	21.18 ^a	0.158	0.004

表 4 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊内脏器官重量和指数的影响

Table 4 Effects of linseed oil and linseed on weight and indexes of internal organs of cashmere goat lambs

项目 Items	组别 Groups			均值标准误 SEM	P 值 P-value
	CON	LSO	HLS		
器官重量 Organ weight/g					
心脏 Heart	108.30 ^b	117.73 ^a	103.57 ^b	1.641	<0.001
肝脏 Liver	615.42	634.87	604.53	17.300	0.468
脾脏 Spleen	35.72	37.08	34.30	1.853	0.578
肺脏 Lung	193.42	194.70	190.23	3.653	0.677
肾脏 Kidney	91.77 ^b	97.28 ^a	90.92 ^b	1.783	0.041
胰脏 Pancreas	36.53 ^a	37.20 ^a	29.34 ^b	1.836	0.011
内脏器官 Internal organ	1 061.31 ^b	1 121.96 ^a	1 029.24 ^b	18.714	0.007
器官指数 Organ index/%					
心脏 Heart	0.42	0.43	0.42	0.014	0.681
肝脏 Liver	2.24 ^b	2.24 ^b	2.51 ^a	0.051	0.001
脾脏 Spleen	0.13	0.13	0.15	0.008	0.180
肺脏 Lung	0.76 ^a	0.70 ^b	0.77 ^a	0.017	0.021
肾脏 Kidney	0.35 ^b	0.34 ^b	0.38 ^a	0.010	0.015
胰脏 Pancreas	0.14 ^a	0.11 ^b	0.14 ^a	0.005	0.001
内脏器官 Internal organ	4.00 ^b	3.96 ^b	4.38 ^a	0.063	<0.001

表 5 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊消化道发育的影响

Table 5 Effects of linseed oil and linseed on digestive tract development of cashmere goat lambs

项目 Items	组别 Groups			均值标准误 SEM	P 值 P-value
	CON	LSO	HLS		
消化道重量 Digestive tract weight/kg					
瘤胃 Rumen	0.54	0.55	0.52	0.012	0.135
网胃 Reticulum	0.10 ^a	0.08 ^b	0.08 ^b	0.002	0.001

续表 5

项目 Items	组别 Groups			均值标准误 SEM	P 值 P-value
	CON	LSO	HLS		
瓣胃 Omasum	0.11 ^a	0.10 ^{ab}	0.09 ^b	0.006	0.040
皱胃 Abomasum	0.12	0.13	0.13	0.003	0.106
复胃 Complex stomach	0.91	0.92	0.83	0.029	0.082
小肠 Small intestine	0.74	0.72	0.71	0.023	0.650
大肠 Large intestine	0.26	0.26	0.25	0.008	0.831
肠道 Intestine tract	1.03	0.98	0.97	0.031	0.363
消化道 Digestive tract	1.86	1.85	1.80	0.043	0.624
消化道指数 Digestive tract index/%					
瘤胃 Rumen	2.06	2.05	2.05	0.067	0.993
网胃 Reticulum	0.32	0.30	0.31	0.018	0.682
瓣胃 Omasum	0.43	0.35	0.41	0.028	0.101
皱胃 Abomasum	0.47	0.47	0.53	0.018	0.058
复胃 Complex stomach	4.96	4.84	4.90	0.081	0.605
小肠 Small intestine	2.90 ^a	2.33 ^b	2.97 ^a	0.085	<0.001
大肠 Large intestine	0.90	1.01	1.03	0.043	0.100
肠道 Intestine tract	3.94 ^a	3.18 ^b	3.90 ^a	0.133	0.001
消化道 Digestive tract	8.94 ^a	8.27 ^b	8.85 ^a	0.180	0.031

2.3 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊肉品质的影响

由表 6 可以看出, HLS 组羔羊背最长肌的蒸煮损失和红色值显著高于 LSO 组 ($P < 0.05$), 亮度

值显著低于 LSO 组 ($P < 0.05$), 而 LSO 组和 HLS 组与 CON 组无显著差异 ($P > 0.05$)。与 CON 组相比, LSO 组羔羊背最长肌的黄色值显著增加 ($P < 0.05$), 而 HLS 组显著降低 ($P < 0.05$)。

表 6 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊背最长肌肉品质的影响

Table 6 Effects of linseed oil and linseed on meat quality of *longissimus dorsi* of cashmere goat lambs

项目 Items	组别 Groups			均值标准误 SEM	P 值 P-value
	CON	LSO	HLS		
pH _{45 min}	6.39	6.45	6.32	0.093	0.629
pH _{24 h}	5.35	5.34	5.35	0.023	0.981
肉色评分 Meat color grading/分	3.00	3.00	3.00		
大理石纹评分 Marbling score	少量脂	少量脂	微量脂		
失水率 Water loss ratio/%	4.87	4.93	4.78	0.177	0.836
蒸煮损失 Cooking loss/%	38.87 ^{ab}	36.82 ^b	41.37 ^a	0.853	0.004
滴水损失 Drip loss/%	2.19	1.99	2.03	0.132	0.519
肉色 Meat color					
亮度 L*	37.40 ^{ab}	38.72 ^a	36.49 ^b	0.600	0.049
红色 a*	23.72 ^{ab}	25.55 ^b	27.71 ^a	0.744	0.004
黄色 b*	7.59 ^b	9.91 ^a	6.02 ^c	0.248	<0.001

由表 7 可以看出, 与 CON 组相比, LSO 组和 HLS 组羔羊的臂三头肌 DM、背最长肌 CP 含量显著增加 ($P < 0.05$), 而 LSO 组与 HLS 组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。LSO 组羔羊的臂三头肌 EE 含

量显著高于 HLS 组 ($P < 0.05$), 而 LSO 组和 HLS 组与 CON 组无显著差异 ($P > 0.05$)。LSO 组羔羊的股二头肌 EE 含量有高于 HLS 组的趋势 ($P = 0.088$)。

表 7 饲粮添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊肌肉常规营养成分含量的影响(风干基础)

Table 7 Effects of linseed oil and linseed on muscle routine nutrient contents of cashmere goat lambs (air-dry basis) %

项目 Items	组别 Groups			均值标准误 SEM	P 值 P-value
	CON	LSO	HLS		
干物质 DM					
背最长肌 <i>Longissimus dorsi</i>	24.60	24.36	23.56	0.375	0.150
股二头肌 <i>Biceps femoris</i>	24.37	24.40	24.48	0.359	0.971
臂三头肌 <i>Triceps brachii</i>	23.59 ^b	24.49 ^a	24.60 ^a	0.234	0.011
臀肌 <i>Gluteus</i>	25.00	25.13	24.83	0.288	0.759
粗蛋白质 CP					
背最长肌 <i>Longissimus dorsi</i>	72.95 ^b	76.97 ^a	77.64 ^a	0.797	0.001
股二头肌 <i>Biceps femoris</i>	76.05	76.73	77.13	0.666	0.523
臂三头肌 <i>Triceps brachii</i>	75.88	75.74	76.46	0.402	0.420
臀肌 <i>Gluteus</i>	75.57	75.63	75.52	0.377	0.979
粗脂肪 EE					
背最长肌 <i>Longissimus dorsi</i>	12.50	13.34	12.61	0.800	0.728
股二头肌 <i>Biceps femoris</i>	10.82	11.29	9.85	0.445	0.088
臂三头肌 <i>Triceps brachii</i>	12.58 ^{ab}	13.65 ^a	11.04 ^b	0.572	0.014
臀肌 <i>Gluteus</i>	12.06	11.80	11.04	0.493	0.335

3 讨论

3.1 饲粮添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羔羊屠宰性能、脂肪沉积和器官生长发育的影响

胴体重和屠宰率直接反映动物的产肉性能^[15]。本试验结果显示, LSO 组羔羊的屠宰率、胴体重和脂肪沉积高于 HLS 组, 饲粮添加亚麻油增加了产肉性能, 与课题组前期关于生长育肥性能的研究结果^[16]相似。Brandt 等^[17]研究显示, 饲粮中添加油脂会增加脂肪组织重量, 这与本试验研究结果相似。非胴体组成部分的质量和指数是衡量动物发育优劣的重要指标, 在一定范围内增加表示器官机能增强^[18]。心脏、肝脏、脾脏、肺脏和肾脏作为主导机体新陈代谢的器官, 必须发育到与机体相适应的比例才能承载机体生长所产生的负荷^[19]。反刍动物消化系统发育的健全程度可影响其对营养物质的消化能力, 幼龄时复胃发育的程度直接影响成年后的消化能力^[20]。肠道是羔羊营养物质吸收和利用的主要器官, 其重量的改变会影响营养物质的消化吸收, 进而影响动物的生长性能^[21]。头、蹄、毛皮、血、内脏器官和消化道是动物的非胴体组成部分。本研究结果显示, 与饲粮添加亚麻籽相比, 添加亚麻油可以增加羔羊的头、蹄、毛皮和血液重, 增加内脏器官的重量, 即

饲喂添加亚麻油较饲喂添加亚麻籽的羔羊增加了外部组织器官和内脏器官的重量, 增强了机体代谢, 促进了机体营养物质的吸收, 进而增加了绒山羊羔羊的胴体重和脂肪沉积, 但上述非胴体组成部分头、蹄、毛皮和血液重占体重的比例、内脏器官指数、肠道与消化道指数均降低, 因此屠宰率增加。其原因可能是饲喂添加亚麻籽饲粮的羔羊机体各组织器官尚未发育完善, 导致吸收的营养物质一部分用于弥补组织脏器的发育, 并未完全转化成肌肉与脂肪的形式沉积在体内^[22]。此外, 可能是由于富含 α -亚麻酸的亚麻油能显著抑制瘤胃甲烷产生菌, 并抑制甲烷生成, 改善瘤胃发酵环境, 减少肉羊以甲烷形式损失的饲粮能量, 提高饲粮 DM 表观消化率^[23], 促进消化道发育, 进而提高了绒山羊羔羊的屠宰性能。课题组前期研究得出, 亚麻籽组羔羊瘤胃中含有较多的 n-3PUFA^[16], 多不饱和脂肪酸对瘤胃微生物有一定的毒害作用, 抑制了瘤胃中的主要微生物, 降低了微生物对中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的降解率^[24], 抑制了其营养物质的消化、吸收和利用, 从而降低了绒山羊羔羊的屠宰性能。本文尚未对各组羔羊的营养物质消化率进行研究, 后续需对其进行分析, 以进一步明确其影响原因。

3.2 饲料添加亚麻油和亚麻籽对绒山羊羊肉品质的影响

肉品感官指标(肉色、大理石纹评分、失水率等)和营养指标(CP、EE等)是肉品质评定的常用指标。蒸煮损失是测定肌肉在烹煮过程中保水情况的主要指标,蒸煮损失越低,肌肉在烹煮过程中的系水力就越高^[25]。本研究结果显示,饲喂添加亚麻籽的羔羊背最长肌的蒸煮损失高于饲喂添加亚麻油的羔羊,这说明饲料中添加亚麻油可以提高羔羊肌肉的保水能力,这可能是由于饲料中添加亚麻油促进了羔羊肌肉中的脂肪沉积,因而提高了肌肉的系水力。肉色是消费者最初观察、判断和选择肉类的一个主要感官指标^[26],肉色的变化主要决定于肌肉中亚铁肌红蛋白(鲜红)、肌红蛋白(暗红色)和正铁肌红蛋白(灰色、褐色)的比例^[27],一般认为鲜肉的颜色应该是鲜红色或者亮粉色。大理石花纹评分是衡量肌肉脂肪含量和多汁性的重要指标^[28]。脂肪细胞是白色的,肌肉脂肪含量越高,肌肉就越亮,即亮度值越大^[29]。肉色越红则红度值越大,脂质氧化可改变血红素的化学性质而引起肌红蛋白氧化,导致肉色损失呈现棕色^[30],红度值变小。肉色的黄度值可以反映肌肉中的脂质沉积^[31]。本研究结果显示,HLS组羔羊背最长肌的大理石纹是微量脂,红度值高于CON组和LSO组,而亮度和黄度值都低于CON组和LSO组,这说明HLS组羔羊肌肉的感官评分要优于CON组和LSO组。一方面可能是由于亚麻籽中含有生育酚、维生素E等抗氧化剂,抗氧化剂可以抑制羊肉中的肌红蛋白向正铁肌红转化,保护羊肉避免褪色^[32];另一方面可能是由于CON组和LSO组羔羊肌肉中脂肪含量较高,脂肪中含有较多的黄色素,因此HLS组羔羊的肉色较好。肌肉CP和EE含量是反映其营养价值的主要指标,水分含量同肉的多汁性有着密切联系。本研究结果显示,LSO组和HLS组各肌肉组织中DM和CP含量均高于CON组,EE含量是LSO组>CON组>HLS组。这说明饲料中添加亚麻油和亚麻籽可以提高绒山羊羔羊肌肉DM、CP含量,且HLS组羔羊肌肉组织中EE含量低于LSO组,即饲料添加亚麻油和亚麻籽都可以改善羔羊肌肉的营养价值,但亚麻籽优于亚麻油。这可能是由于亚麻籽对羔羊肌肉组织中 α -亚麻酸(α -linolenic acid, ALA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic

acid, DHA)含量的促进效果优于亚麻油^[6]。有研究表明,ALA能显著减少细胞内甘油三酯的合成,抑制3T3-L1前脂肪细胞分化^[33],DHA可抑制3T3-L1脂肪细胞分化,促进脂肪细胞水解,并诱导细胞凋亡^[34]。因此,饲料添加亚麻籽显著降低了肌肉组织中EE含量,从而增加了DM和CP含量。

4 结论

① 饲料添加亚麻油降低了绒山羊羔羊外部组织器官、内脏器官和消化道占体重的比例,其屠宰性能优于饲料添加亚麻籽,脂肪沉积也有所增加。

② 饲料添加亚麻籽的羔羊肉色和肌肉营养价值优于饲料添加亚麻油的羔羊。

参考文献:

- [1] WANG X, YAN S M, SHI B L, et al. Effects of concentrate supplementation on fatty acid composition and expression of lipogenic genes of meat and adipose tissues in grazing lambs [J]. *Italian Journal of Animal Science*, 2019, 18(1): 554-563.
- [2] BESSA R J B, ALVES S P, JERÓNIMO E, et al. Effect of lipid supplements on ruminal biohydrogenation intermediates and muscle fatty acids in lambs [J]. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2007, 109(8): 868-878.
- [3] MALAU-ADULI A E O, NGUYEN D V, LE H V, et al. Correlations between growth and wool quality traits of genetically divergent Australian lambs in response to canola or flaxseed oil supplementation [J]. *PLoS One*, 2019, 14(1): e0208229.
- [4] EBRAHIMI M, RAJION M A, GOH Y M. Effects of oils rich in linoleic and α -linolenic acids on fatty acid profile and gene expression in goat meat [J]. *Nutrients*, 2014, 6(9): 3913-3928.
- [5] NUDDA A, BATTACONE G, BEE G, et al. Effect of linseed supplementation of the gestation and lactation diets of dairy ewes on the growth performance and the intramuscular fatty acid composition of their lambs [J]. *Animal*, 2015, 9(5): 800-809.
- [6] WANG X, MARTIN G B, LIU S L, et al. The mechanism through which dietary supplementation with heated linseed grain increases n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid concentration in subcutaneous adipose tissue of cashmere kids [J]. *Journal of Animal Science*, 2019, 97(1): 385-397.
- [7] 中华人民共和国农业部. NY/T 816—2004 肉羊饲养

- 标准[S].北京:中国农业出版社,2004.
Ministry of Health of the People's Republic of China. NY/T 816—2004 Standard for raising mutton sheep [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2004. (in Chinese)
- [8] 赵有璋. 羊生产学[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2011: 83—86.
ZHAO Y Z. Sheep production [M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2011: 83—86. (in Chinese)
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.237—2016 食品安全国家标准 食品 pH 值的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 5009.237—2016 National food safety standard determination of pH in food [S]. Beijing: China Standard Press, 2016. (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国农业部. NY/T 1180—2006 肉嫩度的测定 剪切力测定法[S].北京:中国农业出版社, 2006.
Ministry of Health of the People's Republic of China. NY/T 1180—2006 Method for determination of meat tenderness [S]. Beijing: China Standard Press, 2006. (in Chinese)
- [11] 中华人民共和国农业部. NY/T 1333—2007 畜禽肉质的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
Ministry of Health of the People's Republic of China. NY/T 1333—2007 Standard for the determination of meat quality of livestock and poultry [S]. Beijing: China Standard Press, 2007. (in Chinese)
- [12] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3—2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T 5009.3—2010 National food safety standard determination of water in food [S]. Beijing: China Standard Press, 2010. (in Chinese)
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.5—2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T 5009.5—2010 National food safety standard determination of protein in food [S]. Beijing: China Standard Press, 2010. (in Chinese)
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9695.7—2008 肉与肉制品 总脂肪含量测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 9695.7—2008 Meat and meat products, determination of total fat content [S]. Beijing: China Standard Press, 2008. (in Chinese)
- [15] 曹忻, 张丽, 张文涛, 等. 不同尾型绵羊生产性能、屠宰性能、肉品质和脂肪酸组成的比较[J]. 西北农业学报, 2020, 29(1): 1—10.
CAO X, ZHANG L, ZHANG W T, et al. Growth and slaughter performance, meat quality, and fatty acids of sheep with distinct tail types [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2020, 29(1): 1—10. (in Chinese)
- [16] WANG X, MARTIN G B, WEN Q, et al. Linseed oil and heated linseed grain supplements have different effects on rumen bacterial community structures and fatty acid profiles in cashmere kids [J]. Journal of Animal Science, 2019, 97(5): 2099—2113.
- [17] BRANDT R T, Jr, ANDERSON S J. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value [J]. Journal of Animal Science, 1990, 68(3): 2208—2216.
- [18] 张佩, ABEDIN A, 孙泽威. 通脉颗粒药渣对杜寒杂交母羊屠宰性能、器官指数及瘤胃发酵参数的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2019, 34(4): 610—616.
ZHANG P, ABDALLAH A, SUN Z W. Effects of *Tongmai* granule residue on slaughter performance, organ index and rumen fermentation parameters of Dorper × Short-tail *Han* ewes [J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2019, 34(4): 610—616. (in Chinese)
- [19] 宋晓雯, 朱风华, 王利华, 等. 日粮能量水平对育成期崂山奶山羊屠宰性能的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(7): 55—60.
SONG X W, ZHU F H, WANG L H, et al. Effects of dietary energy level on growth performance and serum biochemical indices of growing *Laoshan* dairy goats [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 52(7): 55—60. (in Chinese)
- [20] 王学琼. 采食量水平对两个年龄段杜湖杂交 F₁ 代母羊育肥效果与肉品质的影响[D]. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学, 2013.
WANG X Q. Effect of feed intake on the fattening effect and meat quality of two ages dorper sheep and

- Hu* sheep crossbred ewes in F₁ generation [D]. Master's Thesis. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2013. (in Chinese)
- [21] 王定发,周璐丽,李茂,等.不同营养水平日粮对海南黑山羊肥育羔羊生长性能和器官指数的影响[J].中国畜牧兽医,2013,40(2):62-66.
WANG D F,ZHOU L L,LI M, et al.Effects of different nutritional levels of diet on the growth performance and organ indexes in fattening *Hainan* black goats[J].China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2013,40(2):62-66. (in Chinese)
- [22] 何冰,吴建平,赵生国,等.不同饲喂水平对‘杜泊羊’和‘小尾寒羊’杂交公羔生长、屠宰性能及器官指数的影响[J].甘肃农业大学学报,2018,53(1):8-14.
HE B,WU J P,ZHAO S G, et al.Effects of feeding levels on growth,slaughter performance and organ indexes of Dorper×Small Tail *Han* sheep crossbred male lambs[J].Journal of Gansu Agricultural University, 2018,53(1):8-14. (in Chinese)
- [23] ZINN R A, SHEN Y. Interaction of dietary calcium and supplemental fat on digestive function and growth performance in feedlot steers [J].Journal of Animal Science, 1996,74(10):2303-2309.
- [24] FIORENTINI G, CARVALHO I P C, MESSANA J D, et al.Effect of lipid sources with different fatty acid profiles on intake, nutrient digestion and ruminal fermentation of feedlot Nellore steers[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2015, 28(11):1583-1591.
- [25] ADAM A A G, ATTA M, ISMAIL S H A. Quality and sensory evaluation of meat from Nilotic male kids fed on two different diets[J].Journal of Animal and Veterinary Advances, 2010,9(15):2008-2012.
- [26] PRIOLO A, MICOL D, AGABRIEL J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavor. A review[J].Animal Research, 2001,50(3):185-200.
- [27] CARLEZ A, VECIANA-NOGUES T, CHEFTEL J C. Changes in colour and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing [J].LWT-Food Science and Technology, 1995,28(5):528-538.
- [28] 张艳梅,周玉香,李雨蔚.复合化学处理稻草饲料中添加过瘤胃蛋氨酸对舍饲滩羊生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2019,31(2):962-969.
ZHANG Y M,ZHOU Y X,LI Y W, et al.Effects of rumen-protected methionine on growth performance, slaughter performance and meat quality of house-feeding tan sheep fed complex chemical treatment straw diets[J].Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(2):962-969. (in Chinese)
- [29] 郑浩,季久秀,周李生,等.猪肉肉色评分与色度值、大理石花纹评分及肌内脂肪含量回归模型的建立[J].江西农业大学学报,2019,41(1):124-131.
ZHENG H,JI Y X,ZHOU L S, et al.Establishment of regression models of meat color score on colorimetric value, marbling score and intramuscular fat content in pigs[J].Journal of Jiangxi Agricultural University, 2019,41(1):124-131. (in Chinese)
- [30] UTRERA M, PARRA V, ESTÉVEZ M. Protein oxidation during frozen storage and subsequent processing of different beef muscles [J].Meat Science, 2014, 96(2):812-820.
- [31] DE ABREU K S F, VÉRAS A S C, DE ANDRADE FERREIRA M, et al. Quality of meat from sheep fed diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) [J].Meat Science, 2018, 148:229-235.
- [32] BELLÉS M, DEL MAR CAMPO M, RONCALÉS P, et al. Supranutritional doses of vitamin E to improve lamb meat quality[J].Meat Science, 2019, 149:14-23.
- [33] 陈蓉,郭莉霞,殷钟意,等.多不饱和脂肪酸对小鼠 3T3-L1 前脂肪细胞增殖和分化的影响[J].现代食品科技,2014,30(7):16-22,109.
CHEN R, GUO L X, YIN Z Y, et al. Effect of n-3/n-6 polyunsaturated fatty acid on the proliferation and differentiation of 3T3-L1 preadipocytes[J].Modern Food Science & Technology, 2014,30(7):16-22,109. (in Chinese)
- [34] KIM H K, DELLA-FERA M, LIN J, et al. Docosahexaenoic acid inhibits adipocyte differentiation and induces apoptosis in 3T3-L1 preadipocytes [J].The Journal of Nutrition, 2006,136(12):2965-2969.

Effects of Dietary Linseed Oil and Linseed on Slaughter Performance, Organ Growth and Development and Meat Quality of Cashmere Goat Lambs

LIU Shulin WANG Xue LI Yin hao GUO Xiaoyu ZHAO Yanli SHI Binlin YAN Sumei*

(Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in Inner Mongolia Autonomous Region, College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary linseed oil and linseed on slaughter performance, organ growth and development and meat quality of cashmere goat lambs under stall-feeding condition. The experiment adopted a single-factor randomized block design, sixty 4-month-old Albas weaning lambs with body weight of (18.60 ± 0.10) kg were randomly divided into 3 groups [control group (CON group), linseed oil group (LSO group) and linseed group (HLS group)] with 4 replicates per group and 5 lambs per replicate. During early fattening stage (1 to 30 d), middle fattening stage (31 to 60 d) and late fattening stage (61 to 90 d), lambs in the CON group were fed basal diets (concentrate-to-forage ratio was 5:5), lambs in the LSO group were fed basal diets supplemented with 2.0%, 2.0% and 2.5% linseed oil, and lambs in the HLS group were fed basal diets supplemented with 5.5%, 5.5% and 7.0% heated linseed (stir-fried at 120 °C for 10 min). The pre-experimental period lasted for 14 days, and the experimental period lasted for 90 days. The results showed as follows: 1) the carcass weight, dressing percentage, kidney fat weight, tail fat weight and fat tissue weight of lambs of LSO group were significantly higher than those of HLS group ($P < 0.05$). 2) Compared with the CON group, the weights of feet+wool and skin and head+feet+wool and skin+blood of lambs of LSO group were significantly increased ($P < 0.05$), while the HLS group was significantly decreased ($P < 0.05$). Compared with the CON group and HLS group, the weights of heart, kidney and internal organ of lambs of LSO group were significantly increased ($P < 0.05$), while the indexes of lung and pancreas were significantly decreased ($P < 0.05$). Compared with the CON group, the reticulum weight of lambs of LSO group and HLS group was significantly increased ($P < 0.05$), and the omasum weight of lambs of HLS group was significantly increased ($P < 0.05$). 3) The cooking loss and redness value of *longissimus dorsi* of lambs of HLS group were significantly higher than those of LSO group ($P < 0.05$), and the brightness value was significantly lower than that of LSO group ($P < 0.05$). Compared with the CON group, the contents of dry matter in *triceps brachii* and crude protein in *longissimus dorsi* of lambs of LSO group and HLS group were significantly increased ($P < 0.05$). In conclusion, dietary linseed oil increases the percentage to body weight of external tissue organs, internal organs and digestive tract of cashmere goat lambs, the slaughter performance is better, and the fat deposition is increased; the meat color and muscle nutritional value of lambs fed linseed diet are better than lambs fed linseed oi diet. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(2):877-887]

Key words: linseed oil; linseed; cashmere goat lambs; slaughter performance; organ index; meat quality