

饲料添加不同水平酵母培养物对育肥湖羊生长性能、屠宰性能、内脏器官发育及肉品质的影响

赵国宏^{1,2} 王世国² 王 芬³ 王 宏³ 刁其玉¹ 王世琴¹ 张乃锋^{1*}

(1.中国农业科学院饲料研究所,农业农村部饲料生物技术重点实验室,北京 100081;2.江苏省东辛农场有限公司,连云港 222000;3.北京英惠尔生物技术有限公司,北京 100083)

摘要: 本试验旨在研究饲料添加不同水平酵母培养物对育肥湖羊生长性能、屠宰性能、内脏器官发育及肉品质的影响。选取3~4月龄平均体重38 kg的育肥湖羊公羊120只,随机分为4组,每组5个重复,每重复6只羊。试验分为育肥前期(1~60 d)和育肥后期(61~90 d)2个阶段,育肥前期和育肥后期基础饲料精粗比分别为60:40和75:25。育肥全期(1~90 d)对照组均饲喂基础饲料;育肥前期,试验组在基础饲料中分别添加5(A组)、10(B组)、20 g/d(C组)的YC;育肥后期,试验组在基础饲料中分别添加10(A组)、20(B组)、40 g/d(C组)的YC。预试期7 d,正试期90 d。结果表明:1)在育肥前期,各组之间平均日增重无显著影响($P>0.05$);但在育肥后期和育肥全期,A组平均日增重显著高于对照组($P<0.05$),料重比显著低于对照组($P<0.05$)。2)各组之间宰前活重、胴体重、屠宰率、眼肌面积和GR值差异均不显著($P>0.05$)。3)A组肾脏重量显著高于对照组($P<0.05$),各组之间心脏、肝脏、肺脏、脾脏重量及其占宰前活重比例差异均不显著($P>0.05$)。4)各组之间瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃重量及其占宰前活重比例差异均不显著($P>0.05$)。5)各组之间肌肉pH、滴水损失率、肉色差异均不显著($P>0.05$)。由此可见,本试验条件下,饲料中添加YC对育肥湖羊屠宰性能及肉品质无改善作用,饲料中添加10 g/d的YC提高了湖羊育肥后期的生长性能。

关键词: 育肥羊;酵母培养物;高精料饲料;生长性能;屠宰性能;肉品质

中图分类号: S826

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)05-2273-09

近年来,随着人们对食品安全问题的关注及抗生素禁用范围的扩大,酵母培养物(yeast culture, YC)作为一种安全环保的饲料添加剂,越来越受到生产者和学者的重视,已在反刍动物养殖中得到了广泛应用和研究^[1-2]。其中, YC在奶牛上的研究较为广泛,具有提高奶牛生长性能、改善饲料消化率、调节瘤胃内环境和提高免疫功能等作用^[2],但在肉牛和肉羊中的研究相对比较少,并且研究结果差异较大。研究表明, YC在提高育肥牛生长性能方面作用有限^[3-6],对屠宰性能没有显

著影响,但在改善肉品质方面具有一定的作用^[6-7]。如Swyers等^[6]研究指出,饲料中添加56 g/d YC在改善肉品质方面具有一定的积极作用,可以使牛肉分级指数得到提高。Geng等^[7]研究得出,饲料中添加50 g/d YC对育肥牛采食量、增重及屠宰性能没有显著影响,但可以改善牛肉的嫩度,提升牛肉的风味。

目前,关于YC在肉羊上的研究应用效果报道不一。寇慧娟等^[8]在羔羊饲料中添加2%的YC,发现YC能够提高羔羊的干物质采食量(DMI)和

收稿日期:2019-11-05

基金项目:国家重点研发计划课题(2017YFD0502001);国家肉羊产业技术体系(CARS-38);北京英惠尔生物技术有限公司横向课题(RS201805)

作者简介:赵国宏(1987—),男,江苏南京人,硕士,从事动物营养与饲料科学的研究。E-mail: 459696251@qq.com

*通信作者:张乃锋,研究员,博士生导师, E-mail: zhangnaifeng@caas.cn

平均日增重(ADG),并且在高精料饲粮中效果更为显著。Malekkhahi等^[9]发现,饲粮中添加4 g/d YC对育肥羊的干物质采食量和生长性能没有显著影响。闫佰鹏等^[10]以育肥湖羊为研究对象,在高淀粉饲粮中添加1%的YC,发现试验各组的末重、平均日增重、干物质采食量和料重比(F/G)均差异不显著,YC对屠宰率和GR值没有显著影响,但增加了眼肌面积。关于YC的适宜添加水平,在奶牛^[11-12]和肉牛^[3]中的研究表明,高添加水平的YC没有表现出剂量的效应;但Özsoy等^[13]在育肥期山羊饲粮中分别添加0、1.0%、3.0%和4.5%的YC,结果表明,添加水平为4.5%时山羊生长性能较好。以上研究表明,YC在育肥羊上的研究差异较大,关于YC的作用效果和适宜添加水平尚不明确。此外,关于不同添加水平YC对育肥湖羊肉用性能的研究鲜有报道。因此,本试验旨在研究相同营养水平条件下,饲粮添加不同水平YC对育肥湖羊生长性能、屠宰性能、内脏器官发育及肉品质的影响,确定其适宜的添加水平,为YC在肉羊生产中的应用提供理论研究和生产实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间和地点

试验于2018年4—8月在泰州西来原生态农业有限公司进行。

1.2 试验材料

YC由北京某生物技术有限公司提供,产品成分含量:粗蛋白质 $\geq 15\%$,粗灰分 $\leq 8\%$,甘露聚

糖 $\geq 1\%$,水分 $\leq 10\%$ 。

1.3 试验设计

采用单因素试验设计,选取3~4月龄体重约38 kg的育肥湖羊公羊120只,随机分为4组,每组5个重复,每个重复6只羊。试验分为育肥前期(1~60 d)和育肥后期(61~90 d)2个阶段,育肥前期和育肥后期基础饲粮精粗比分别为60:40和75:25。育肥全期(1~90 d)对照组均饲喂基础饲粮;育肥前期,试验组在基础饲粮中分别添加5(A组)、10(B组)、20 g/d(C组)的YC;育肥后期,试验组在基础饲粮中分别添加10(A组)、20(B组)、40 g/d(C组)的YC。预试期7 d,正试期90 d。

1.4 基础饲粮

根据肉羊日增重为300 g的营养需要量^[14-18]标准配制基础饲粮,在羊场自行配制成全混合日粮(TMR)。基础饲粮组成及营养水平见表1。

1.5 饲养管理

试验场地为封闭式羊圈,试验开始前对圈舍、食槽等进行冲洗和消毒,提前打好耳号、驱虫并按正常免疫程序做好免疫。试验全期采用TMR形式进行饲喂,每天饲喂2次(07:00和16:00),且在每天07:00将提前称量好的YC撒在TMR中,混合均匀后饲喂给试验羊。正试期开始后,每天收集1次剩料,计算羊只在此阶段的平均采食量。试验全期自由饮水,按照自由采食的要求,以剩料占投料量的10%调整后续的投料量,保证均为自由采食。

表1 基础饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (DM basis)

%

原料 Ingredients	含量 Content		营养水平 Nutrient levels ²⁾	含量 Content	
	1~60 d	61~90 d		1~60 d	61~90 d
玉米 Corn	36.0	54.0	干物质 DM	66.96	67.10
豆粕 Soybean meal	15.0	13.5	消化能 DE/(MJ/kg)	13.87	14.62
麸皮 Wheat bran	6.0	5.0	代谢能 ME/(MJ/kg)	12.06	12.72
花生秧 Peanuts straw	35.0	20.0	粗蛋白质 CP	16.37	15.21
豆腐渣 Tofu residue	6.0	5.0	中性洗涤纤维 NDF	42.26	28.97
食盐 NaCl	0.5	0.7	酸性洗涤纤维 ADF	23.30	12.66
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.8	0.8	钙 Ca	1.25	0.88
预混料 Premix ¹⁾	0.7	1.0	总磷 TP	0.45	0.33
合计 Total	100.0	100.0			

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the followings per kg of diets: VA 15 000 IU, VD 2 200 IU, VE 50 IU, Fe 55 mg, Cu 12.5 mg, Mn 47 mg, Zn 24 mg, Se 0.5 mg, I 0.5 mg, Co 0.1 mg。

2) 除消化能和代谢能为计算值外,其他营养水平均为实测值。Nutrient levels were measured values except DE and ME.

1.6 测定指标及方法

1.6.1 生长性能

每天饲喂前,记录投料量和前 1 天剩料量,每天收集 1 次饲料和剩料,计算干物质含量,用于计算整个试验期各组羊的干物质采食量。每 30 d 对试验羊进行 1 次称重,计算每个阶段的平均日增重和料重比。

1.6.2 屠宰性能和内脏器官发育

试验结束时,每组选取 5 只羊进行屠宰,用于测定其屠宰性能、内脏器官重量和肉质指标。待宰试验羊禁食 12 h,屠宰前称重,颈静脉放血屠宰。屠宰后去头、蹄、内脏,剥皮后称量胴体重和内脏各器官重量。将瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃分离,清除内容物并冲洗干净后称重。用硫酸纸描绘倒数第 1 与第 2 肋骨之间脊椎上眼肌(背最长肌)的轮廓,待测眼肌面积;用游标卡尺测量在第 12 与第 13 肋骨之间、距离背脊中线 11 cm 处的组织厚度,即 GR 值。主要指标计算公式如下:

胴体重(kg)=宰前活重-头、蹄、皮、毛、尾、生殖器官及周围脂肪、内脏(保留肾脏和周围脂肪)的重量;

屠宰率(%)=100×胴体重/宰前活重。

1.6.3 肉质

pH 测定:使用便携式 pH 计测定屠宰 24 h 后背最长肌的 pH,分别测定背最长肌上、中、下 3 个部位的 pH,取平均值为该样品的 pH。

滴水损失率:屠宰后取眼肌 2 块,规格为 5 cm×3 cm×2 cm,称取初样重,之后分别悬挂于一次性纸杯中,保持密闭且肉样不与杯壁接触,置于 4 ℃ 的冰箱中 24 h 后取出,用滤纸吸干表面水分

并称取末样重。滴水损失率计算公式如下:

$$\text{滴水损失率}(\%) = 100 \times (\text{初样重} - \text{末样重}) / \text{初样重}^{[19]}$$

肉色指标:现场采用柯尼卡美能达 CR-10 色差计测定每只羊相同部位背最长肌的亮度(L*)、红度(a*)和黄度(b*)值,每个样品测定 3 次后取平均值作为最终结果。

1.7 数据处理分析

采用 SAS 9.1 统计软件的 ANOVA 过程进行单因素方差分析(one-way ANOVA),差异显著则用 Duncan 氏法进行多重比较检验,以 $P < 0.05$ 为差异显著性判断标准, $0.05 \leq P < 0.10$ 为有趋势的显著性判断标准。

2 结果

2.1 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊生长性能的影响

由表 2 可知,试验羊在初始体重差异不显著($P > 0.05$)的情况下,在育肥前期,饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊的 60 d 体重及平均日增重均无显著影响($P > 0.05$),但 A 组料重比有低于对照组的趋势($P = 0.077$);在育肥后期,A 组平均日增重显著高于对照组($P < 0.05$),A 组料重比显著低于对照组和 C 组($P < 0.05$),B 组料重比显著低于对照组($P < 0.05$);在育肥全期,A 组平均日增重显著高于对照组($P < 0.05$),料重比显著低于对照组($P < 0.05$)。此外,在育肥后期,A 组干物质采食量有高于其他 3 组的趋势($P = 0.080$);在育肥前期和育肥全期,各组之间干物质采食量均无显著差异($P > 0.05$)。

表 2 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary different supplemental levels of YC on growth performance of fattening Hu sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	对照 CON	A	B	C		
初始体重 IBW/kg	38.19	37.98	37.70	38.54	0.36	0.872
60 d 体重 60 d BW/kg	49.07	50.21	49.18	50.25	0.45	0.686
90 d 体重 90 d BW/kg	52.06	54.64	52.93	53.56	0.53	0.365
育肥前期 Early stage of fattening						
平均日增重 ADG/(g/d)	184.32	207.25	194.71	198.54	3.86	0.203
干物质采食量 DMI/(g/d)	1 501.56	1 558.14	1 532.68	1 509.80	3.52	0.105
料重比 F/G	8.21	7.41	7.95	7.69	0.12	0.077

续表 2

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	对照 CON	A	B	C		
育肥后期 Later stage of fattening						
平均日增重 ADG/(g/d)	99.86 ^b	147.87 ^a	124.93 ^{ab}	110.45 ^b	6.49	0.047
干物质采食量 DMI/(g/d)	1 466.97	1 574.04	1 538.44	1 448.48	35.03	0.080
料重比 F/G	14.14 ^a	10.59 ^c	12.02 ^{bc}	12.84 ^{ab}	0.41	0.008
育肥全期 Whole stage of fattening						
平均日增重 ADG/(g/d)	155.85 ^b	187.24 ^a	171.19 ^{ab}	168.85 ^{ab}	3.92	0.038
干物质采食量 DMI/(g/d)	1 495.74	1 558.76	1 547.65	1 508.19	17.08	0.570
料重比 F/G	9.69 ^a	8.31 ^b	8.95 ^{ab}	8.88 ^{ab}	0.17	0.031

同行数据肩标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 ($P < 0.01$), 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 ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P < 0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

2.2 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊屠宰性能的影响

由表 3 可知, 各组之间宰前活重、胴体重、屠宰率、眼肌面积、GR 值差异均不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊内脏器官发育的影响

由表 4 可知, A 组肾脏重量显著高于对照组 ($P < 0.05$), 但肾脏占宰前活重比例与对照组差异

不显著 ($P > 0.05$)。各组之间心脏、肝脏、肺脏、脾脏重量及其占宰前活重比例差异均不显著 ($P > 0.05$)。

2.4 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊复胃发育影响

由表 5 可知, 各组之间瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃重量及其占宰前活重比例差异均不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊屠宰性能的影响

Table 3 Effects of dietary different supplemental levels of YC on slaughter performance of fattening *Hu* sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	对照 CON	A	B	C		
宰前活重 Live weight before slaughter/kg	55.68	57.60	54.64	56.92	0.50	0.161
胴体重 Carcass weight/kg	29.31	31.07	29.09	30.21	0.33	0.122
屠宰率 Dressing percentage/%	52.62	53.98	53.28	53.07	0.41	0.734
眼肌面积 Eye area/cm ²	23.81	30.10	23.89	25.46	1.15	0.173
GR 值 GR value/mm	2.60	2.77	2.59	2.53	0.60	0.590

表 4 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊内脏器官发育的影响

Table 4 Effects of dietary different supplemental levels of YC on visceral organ development of fattening *Hu* sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value	
	对照 CON	A	B	C			
心脏	重量 Weight/g	191.06	177.32	171.00	184.29	3.42	0.184
Heart	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.34	0.31	0.31	0.32	0.01	0.103
肝脏	重量 Weight/g	847.44	813.27	846.14	894.03	18.80	0.539
Liver	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.52	1.41	1.55	1.57	0.03	0.285

续表 4

项目 Items		组别 Groups				SEM	P 值 P-value
		对照 CON	A	B	C		
肺脏	重量 Weight/g	485.69	507.48	489.69	506.42	3.94	0.084
Lung	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.87	0.88	0.90	0.89	0.00	0.748
肾脏	重量 Weight/g	123.44 ^b	136.19 ^a	127.80 ^{ab}	128.04 ^{ab}	1.71	0.047
Kidney	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.22	0.24	0.23	0.22	0.00	0.254
脾脏	重量 Weight/g	60.21	71.43	59.08	63.58	2.63	0.359
Spleen	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.11	0.12	0.11	0.11	0.00	0.580

表 5 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊复胃发育的影响

Table 5 Effects of dietary different supplemental levels of YC on complex stomach development of fattening *Hu* sheep

项目 Items		组别 Groups				SEM	P 值 P-value
		对照 CON	A	B	C		
瘤胃 Rumen	重量 Weight/g	714.39	662.92	704.78	703.68	18.19	0.787
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.24	1.19	1.29	1.24	0.03	0.776
网胃 Reticulum	重量 Weight/g	121.62	111.04	115.73	126.99	2.83	0.216
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.22	0.19	0.21	0.22	0.01	0.534
瓣胃 Omasum	重量 Weight/g	110.23	107.41	118.70	120.80	4.92	0.761
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.20	0.19	0.22	0.21	0.01	0.710
皱胃 Abomasum	重量 Weight/g	177.50	192.40	194.81	199.38	5.38	0.542
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.31	0.35	0.36	0.35	0.01	0.416

2.5 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊肉品质的影响

肉色差异均不显著 ($P>0.05$)。

由表 6 可知, 各组之间肌肉 pH、滴水损失率、

表 6 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊肉品质的影响

Table 6 Effects of dietary different supplemental levels of YC on meat quality of fattening *Hu* sheep

项目 Items		组别 Groups				SEM	P 值 P-value
		对照 CON	A	B	C		
pH		5.53	5.38	5.35	5.48	0.35	0.235
滴水损失率 Drip loss rate/%		5.72	5.33	5.42	5.73	0.22	0.898
肉色 Meat color	亮度 L*	33.89	31.14	33.94	31.21	0.79	0.422
	红度 a*	23.10	23.48	22.32	22.78	0.50	0.885
	黄度 b*	12.83	14.35	12.16	14.37	0.58	0.458

3 讨论

3.1 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊生长性能的影响

YC 作为一种安全环保的饲料添加剂, 具有提

高饲料消化率、促进采食和提高生长性能的作用, 已在畜禽养殖中得到了广泛应用和研究。在反刍动物体内、体外进行的试验均表明, YC 能够提高饲料在瘤胃内的消化率, 促进饲料中有机物和纤维的降解^[20-22]。但由于 YC 生产工艺不同, 产品

质量存在差异,目前在实际应用中尚没有统一标准的添加量,不同管理模式以及不同的饲料组成,导致其在反刍动物上的使用效果并不一致。本试验采用育肥中常用的营养模式,即高精料饲料条件下,在育肥前期精粗比为 60:40 的饲料中,各组育肥羊平均日增重在 200 g/d 左右,干物质采食量在 1 500 g/d 左右,饲料中添加 YC 没有提高育肥湖羊的平均日增重和干物质采食量,仅在料重比方面有降低的趋势。这与那日苏等^[23]研究在育肥羊饲料中添加 10 g/d YC 对其平均日增重没有影响的结果一致。与之类似的,耿春银^[24]在杂交育肥牛精粗比为 60:40 的饲料中添加 50 g/d YC,发现 YC 对肉牛的平均日采食量、平均日增重及料重比均无显著影响。

Dias 等^[22]研究发现,在高精料饲料或低精料向高精料饲料过渡期间,YC 对反刍动物生长性能和维持瘤胃功能方面效果更为显著。本试验中,育肥后期饲料精粗比由 60:40 调整为 75:25 后,A 组有提高育肥后期干物质采食量的趋势,且平均日增重显著提高,料重比显著降低。这与 Tripathi 等^[25]研究精粗比为 75:25 的饲料条件下,酿酒 YC 可以显著提高羔羊平均日增重的结果一致。研究表明,当饲料能量水平低时(如粗饲料为主的饲料),干物质采食量随能量水平增加而增加;但当饲料能量水平高时(如以高精料为主的饲料),干物质采食量随能量水平增加而降低^[26]。但在本试验以高精料饲料喂的研究中,A 组育肥湖羊在育肥后期更换为高精料饲料时,干物质采食量有高于其他 3 组的趋势,并且相比育肥前期干物质采食量并没有降低,这说明添加 YC 有促进采食的作用。这与寇慧娟等^[8]的研究结果一致;同时,Bach 等^[27]研究也表明 YC 可以通过影响反刍动物的采食行为,如通过增加采食频率等来抑制采食后瘤胃 pH 的降低,从而保持瘤胃的健康状态,达到最佳的生长性能。

从育肥全期看,低添加水平的 YC 提高了育肥羊生长性能,高添加水平却没有表现出显著的效果,这与在奶牛^[11-12]和肉牛^[3]中添加高水平的 YC 并没有表现出剂量效应的结果相似,其原因可能是与 YC 中的 β -葡聚糖有关。据报道,YC 中的酵母细胞壁的有效成分主要由 β -葡聚糖(30%~34%)、甘露寡糖(30%)、糖蛋白(22.0%)和几丁质组成^[28]。在本试验所使用的 YC 中甘露寡糖的

含量 $\geq 1\%$ 。通过添加剂量估算,A、B、C 组中 β -葡聚糖含量在育肥前期分别为 27.6、55.6 和 111.1 mg/kg,试验后期分别为 55.6、111.1 和 222.2 mg/kg。魏占虎等^[29]研究表明,在 71~91 日龄的羔羊饲料中分别添加 37.5、75.0、112.5 和 150.0 mg/kg 的 β -葡聚糖,以 37.5 mg/kg 添加组的平均日增重最高,75.0 mg/kg 添加组次之,但两者之间差异不显著;且周怿等^[30]研究表明,在犊牛饲料中添加 100 和 200 mg/kg 的 β -葡聚糖反而降低了犊牛的生长性能。这说明饲料中 YC 添加水平过高有可能会对提供的 β -葡聚糖含量过高,从而对动物机体健康产生不利影响。这可能是因为过量饲喂 YC,其中的活性成分可能会刺激白细胞的吞噬作用,增加活性氧、炎症介质和细胞因子的产生^[31],但其具体原因还需进一步研究证实。

3.2 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊屠宰性能及肉品质的影响

屠宰性能和肉品质分别是生产者和消费者关注的重要指标。本试验通过检测屠宰率、眼肌面积和 GR 值等指标研究了饲料添加不同水平 YC 对屠宰性能的影响,通过检测肌肉 pH、肉色、滴水损失率等指标研究了饲料添加不同水平 YC 对肉品质的影响,结果发现,育肥湖羊屠宰率为 52.62%~53.98%,饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊的屠宰性能和肉品质指标均无显著影响。其他研究者也发现了类似的现象。闫佰鹏等^[10]以育肥湖羊为研究对象,发现在饲料中添加 1% 的 YC 对其屠宰率、GR 值均无显著影响,但提高了眼肌面积;耿春银^[24]研究表明,在杂交育肥牛饲料中添加 50 g/d YC,对屠宰性能和肉品质均无显著影响;黄文明等^[32]在育肥牛饲料中添加 YC 对牛肉的肉色和滴水损失率无显著影响。综合前人及本试验结果,表明当羔羊达到一定日龄阶段时,其胴体及肉品质达到稳定的生理状态^[33],饲料添加 YC 对屠宰性能和肉品质无改善作用。

3.3 饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊内脏器官及复胃发育的影响

内脏器官的重量和指数在一定程度上反映了动物机体的机能状况,对于理论研究和生产实践有重要的意义^[34-35]。在本试验中,各组试验羊的内脏器官重量占宰前活重比例均在正常数值范围内。各组之间心脏、肝脏、脾脏、肺脏重量及其占宰前活重比例均没有显著差异,表明饲料中添加

不同水平 YC 未影响育肥湖羊内脏器官的正常生长发育,符合动物具有调控内脏器官与机体生长发育相适应的本能。肾脏的重要功能是通过尿液的形式排泄代谢废物,本试验发现 A 组肾脏重量显著提高,但肾脏重量占宰前活重比例并没有显著提高。可能是随着干物质采食量的升高,被消化的营养物质增多,代谢废物增加,使得肾脏质量不断增加以满足这种不平衡,肾脏快速生长,达到与体重相适应的比例,才能承担起新陈代谢作用,具体原因有待于进一步研究证实。

瘤胃是反刍动物充分发挥生长性能,提高饲料转化效率的基础。反刍动物从出生到成年,瘤胃重量和体积发生了巨大变化,这与饲料组成息息相关。精饲料发酵产生的挥发性脂肪酸(VFA)等物质的化学刺激促进瘤胃上皮细胞增殖,这种细胞水平的增殖是瘤胃体积和重量变化的基础^[36]。在本试验中,各组之间瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃重量及其占宰前活重比例均没有显著差异,说明在营养水平一致的饲料条件下,饲料中添加 YC 未影响复胃的正常生长发育,羊只的胃部发育与机体的增长相协调。

4 结 论

本试验条件下,在精粗比为 75:25 高精料饲料中添加 10 g/d YC,可提高育肥后期湖羊的生长性能。饲料添加不同水平 YC 对育肥湖羊屠宰性能、肉质及内脏器官和复胃发育均无显著影响。

参考文献:

- [1] POPPY G D, RABIEE A R, LEAN I J, et al. A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95 (10): 6027–6041.
- [2] WAGNER J J, ENGLE T E, BELKNAP C R, et al. Meta-analysis examining the effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on feedlot performance and carcass traits [J]. *The Professional Animal Scientist*, 2016, 32 (2): 172–182.
- [3] DETERS E L, STOKES R S, GENTHER-SCHROEDER O N, et al. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product in receiving diets of newly weaned beef steers. I. Growth performance and antioxidant defense [J]. *Journal of Animal Science*, 2018, 96 (9): 3897–3905.
- [4] DETERS E L, STOKES R S, GENTHER-SCHROEDER O N, et al. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product in receiving diets of newly weaned beef steers. II. Digestibility and response to a vaccination challenge [J]. *Journal of Animal Science*, 2018, 96 (9): 3906–3915.
- [5] TITI H H, ABDULLAH A Y, LUBBADEH W F, et al. Growth and carcass characteristics of male dairy calves on a yeast culture-supplemented diet [J]. *South African Journal of Animal Science*, 2008, 38 (3): 174–183.
- [6] SWYERS K L, WAGNER J J, DORTON K L, et al. Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product as an alternative to monensin on growth performance, cost of gain, and carcass characteristics of heavy-weight yearling beef steers [J]. *Journal of Animal Science*, 2014, 92 (6): 2538–2545.
- [7] GENG C Y, REN L P, ZHOU Z M, et al. Comparison of active dry yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and yeast culture for growth performance, carcass traits, meat quality and blood indexes in finishing bulls [J]. *Animal Science Journal*, 2016, 87 (8): 982–988.
- [8] 寇慧娟, 陈玉林, 刘敬敏, 等. 酵母培养物对羔羊生产性能、营养物质表现消化率及瘤胃发育的影响 [J]. *西北农林科技大学学报 (自然科学版)*, 2011, 27 (8): 45–50.
- [9] MALEKKHAHI M, TAHMASBI A M, NASERIAN A A, et al. Effects of essential oils, yeast culture and malate on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance and nutrient digestibility of Baluchi lambs fed high-concentrate diets [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2015, 99 (2): 221–229.
- [10] 闫佰鹏, 兰贵生, 李国彰, 等. 不同淀粉来源饲料中添加酵母培养物对育肥湖羊生长性能、养分消化率及瘤胃发酵参数的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (12): 5145–5152.
- [11] RAMSING E M, DAVIDSON J A, FRENCH P D, et al. Effects of yeast culture on peripartum intake and milk production of primiparous and multiparous Holstein cows [J]. *The Professional Animal Scientist*, 2009, 25 (4): 487–495.
- [12] ZAWORSKI E M, SHRIVER-MUNSCH C M, FADDEN N A, et al. Effects of feeding various dosages of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product in

- transition dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(5):3081-3098.
- [13] ÖZSOY B, YALÇIN S, ERDOĞAN Z, et al. Effects of dietary live yeast culture on fattening performance on some blood and rumen fluid parameters in goats [J]. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 2013, 164(5):263-271.
- [14] MA T, DENG K D, TU Y, et al. Effect of dietary concentrate; forage ratios and undegraded dietary protein on nitrogen balance and urinary excretion of purine derivatives in Dorper × thin-tailed *Han* crossbred lambs [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2014, 27(2):161-168.
- [15] MA T, DENG K D, TU Y, et al. Effect of feed intake on metabolizable protein supply in Dorper × thin-tailed *Han* crossbred lambs [J]. *Small Ruminant Research*, 2015, 132:133-136.
- [16] DENG K D, DIAO Q Y, JIANG C G, et al. Energy requirements for maintenance and growth of Dorper crossbred ram lambs [J]. *Livestock Science*, 2012, 150(1/2/3):102-110.
- [17] 邓凯东. 育肥绵羊的能量和蛋白质需要量研究 [R] // 中国农业科学院博士后研究报告. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [18] XU G S, MA T, JI S K, et al. Energy requirements for maintenance and growth of early-weaned Dorper crossbred male lambs [J]. *Livestock Science*, 2015, 177:71-78.
- [19] 周利华, 郭源梅, 段艳宇, 等. 在白色杜洛克 × 二花脸资源家系中定位影响猪肉滴水损失的 QTL [J]. *中国农业科学*, 2011, 44(10):2131-2138.
- [20] 刘相玉, 毛胜勇, 朱伟云. 高精料日粮条件下酵母培养物对瘤胃细菌体外发酵的影响 [J]. *动物营养学报*, 2009, 21(2):199-204.
- [21] 杨平平, 甄玉国, 王晓磊, 等. 不同精粗比底物下不同添加剂对绵羊瘤胃体外发酵的影响 [J]. *饲料工业*, 2013(9):25-29.
- [22] DIAS A L G, FREITAS J A, MICAAI B, et al. Effects of supplementing yeast culture to diets differing in starch content on performance and feeding behavior of dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 101(1):186-200.
- [23] 那日苏, 桂荣, 敖长金, 等. 酵母培养物对绵羊瘤胃发酵及生产性能的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2004, 31(1):6-9.
- [24] 耿春银. 活性酵母与酵母培养物饲喂育肥牛生长性能、胴体指标和牛肉品质的比较 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [25] TRIPATHI M K, KARIM S A. Effect of individual and mixed live yeast culture feeding on growth performance, nutrient utilization and microbial crude protein synthesis in lambs [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2010, 155(2/3/4):163-171.
- [26] 吴秋珏, 徐廷生, 黄定洲. 影响反刍动物干物质采食量的因素 [J]. *饲料与畜牧*, 2006(12):31-34.
- [27] BACH A, IGLESIAS C, DEVANT M. Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 136(1/2):146-153.
- [28] 彭小芳, 朱建军. 酵母细胞壁多糖的生理功能及其应用研究进展 [J]. *湖南饲料*, 2011(5):13-14.
- [29] 魏占虎, 李冲, 李发弟, 等. 酵母 β-葡聚糖对早期断奶羔羊生产性能和采食行为的影响 [J]. *草业学报*, 2013, 22(4):212-219.
- [30] 周怿. 酵母 β-葡聚糖对早期断奶犊牛生长性能及胃肠道发育的影响 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [31] WILLIAMS P E, TAIT C A G, INNES G M, et al. Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers [J]. *Journal of Animal Science*, 1991, 69(7):3016-3026.
- [32] 黄文明, 谭林, 王芬, 等. 酵母培养物对育肥牛生长性能、屠宰性能及肉品质的影响 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31(3):1317-1325.
- [33] MANCINI R A, HUNT M C. Current research in meat color [J]. *Meat Science*, 2005, 71(1):100-121.
- [34] AGUAYO-ULLOA L A, MIRANDA-DE LA LAMA G C, PASCUAL-ALONSO M, et al. Effect of feeding regime during finishing on lamb welfare, production performance and meat quality [J]. *Small Ruminant Research*, 2013, 111(1/2/3):147-156.
- [35] 张晋青, 岳度兵, 罗海玲, 等. 日粮中维生素 E 水平对敖汉细毛羊内脏器官生长发育的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2010, 46(17):43-46.
- [36] 解彪, 张乃锋, 张春香, 等. 粗饲料对幼龄反刍动物瘤胃发育的影响及其作用机制 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(4):1245-1252.

Effects of Dietary Different Supplemental Levels of Yeast Culture on Growth Performance, Slaughter Performance, Visceral Organ Development and Meat Quality of Fattening *Hu* Sheep

ZHAO Guohong^{1,2} WANG Shiguo² WANG Fen³ WANG Hong³ DIAO Qiyu¹
WANG Shiqin¹ ZHANG Naifeng^{1*}

(1. Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Jiangsu Dongxin Farm Co., Ltd., Lianyungang 222000, China; 3. Beijing Enhalar Biotechnology Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: The objective of this study was conducted to study the effects of dietary different supplemental levels of yeast culture (YC) on growth performance, slaughter performance, visceral organ development and meat quality of fattening *Hu* sheep. One hundred and twenty 3 to 4-month-old male fattening sheep with average body weight of 38 kg were randomly assigned to 4 groups with 5 replicates in each group 6 sheep in each replicate. The experiment was divided into two stages: early stage of fattening (1 to 60 d) and later stage of fattening (61 to 90 d), and the ratio of concentrate to roughage of basic diet were 60:40 and 75:25 during early stage of fattening and later stage of fattening, respectively. Sheep in the control group were fed a basal diet during whole stage of fattening (1 to 90 d); during early stage of fattening, sheep in experimental groups were fed the basal diet supplemented with 5 (group A), 10 (group B) and 20 g/d (group C) YC, respectively; during later stage of fattening, sheep in experimental groups were fed the basal diet supplemented with 10 (group A), 20 (group B) and 40 g/d (group C) YC, respectively. The pre-experimental period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 90 days. The results showed as follows: 1) during early stage of fattening, there was no significant difference in average daily gain among all groups ($P>0.05$); during later stage of fattening and whole stage of fattening, the average daily gain of group A was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$), and the ratio of feed to gain was significantly lower than that of the control group ($P<0.05$). 2) There were no significant differences in live weight before slaughter, carcass weight, dressing percentage, eye area and GR value among all groups ($P>0.05$). 3) The kidney weight of group A was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$), and there were no significant differences in heart, liver, lung and spleen weights and their percentages of live weight before slaughter among all groups ($P>0.05$). 4) There were no significant differences in rumen, reticulum, omasum and abomasum weights and their percentages of live weight before slaughter among all groups ($P>0.05$). 5) There were no significant differences in pH, drip loss rate and meat color among all groups ($P>0.05$). It is concluded that under this experimental condition, the supplementation of YC can not improve the slaughter performance and meat quality of fattening *Hu* sheep, diet supplemented with 10 g/d YC can increase the growth performance of *Hu* sheep during later stage of fattening. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(5):2273-2281]

Key words: fattening sheep; yeast culture; high-concentration diet; growth performance; slaughter performance; meat quality