



动物营养学报
Chinese Journal of Animal Nutrition
ISSN 1006-267X, CN 11-5461/S

《动物营养学报》网络首发论文

题目： 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

作者： 赵国宏，王世国，王芬，王宏，刁其玉，王世琴，张乃锋

收稿日期： 2019-11-05

网络首发日期： 2020-02-10

引用格式： 赵国宏，王世国，王芬，王宏，刁其玉，王世琴，张乃锋. 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[J/OL]. 动物营养学报.
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5461.S.20200207.1730.024.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

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($P>0.05$)。4) 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)05-0000-00

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),并且在高精料饲料中效果更为显著。Malekhhahi等^[9]发现,饲料中添加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,在高淀粉饲料中添加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]在育肥期山羊饲料中分别添加0.1%、3%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,饲料添加不同水平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由北京英惠尔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。

1.4 基础饲料

根据肉羊日增重为300 g的营养需要量^[14-18]标准配制基础饲料,在羊场自行配制成全混合日粮(TMR)。基础饲料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 基础饲料组成及营养水平(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) 预混料为每千克饲料提供 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、内脏器官重量和肉品质指标。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(%) = $100 \times \text{胴体重} / \text{宰前活重}$ 。

1.6.3 肉品质

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 饲粮添加不同水平 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 饲粮添加不同水平 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 饲粮添加不同水平 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 饲粮添加不同水平 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 能够提高饲粮在瘤胃内的消化率, 促进饲粮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;且周悻等^[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提供 β -葡聚糖含量过高,从而对动物机体健康产生不利影响。这可能是由于过量饲喂 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 ,刘敬敬 ,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 ,李国影 ,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, MICAIAI 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] 周悻. 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 10081 , 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)]

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

* Corresponding author , professor , E-mail: zhangnaifeng@caas.cn

(责任编辑 武海龙)