

活性酵母与复合酶组合产品对杜寒羊生长性能、 屠宰性能和肉品质的影响

■ 张常华¹ 柴明杰² 何家俊¹ 王东² 解祥学^{1*}

(1.广东溢多利生物科技股份有限公司,广东珠海 519060;2.甘肃农业大学动物科学技术学院,甘肃兰州 730070)

摘要: 试验研究饲料中添加活性酵母与复合酶组合产品(YE)对肉羊生长性能、屠宰性能及肉品质的影响。试验选择平均日龄(56±5) d和平均体重(25.2±0.96) kg的30只健康的杜寒断奶羔羊,随机分为3组,每组10只。分别饲喂0 g/d(试验1组)、15 g/d(试验2组)和30 g/d(试验3组)的YE。结果显示,试验3组的末重、平均日增重和日均采食量都显著升高($P<0.05$)。试验3组的屠宰率、净肉率和眼肌面积显著高于试验1组($P<0.05$),与试验2组的屠宰率差异不显著($P>0.05$),试验2组的净肉率和眼肌面积与试验1组和试验3组差异不显著($P>0.05$)。背最长肌的pH_{45 min}在各组间差异均不显著($P>0.05$),试验1组与试验2组背最长肌的蒸煮损失和剪切力显著高于试验3组($P<0.05$),试验1组背最长肌的失水率显著高于试验2组与试验3组($P<0.05$)。添加YE对肉羊背最长肌中的肉豆蔻油酸、棕榈酸、棕榈油酸、十七烷酸、顺-10-十七碳一烯酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、花生酸、 α -亚麻酸、山萘酸、二高- γ -亚麻酸、花生四烯酸、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)有显著影响($P<0.05$)。试验3组的谷氨酸、组氨酸、异亮氨酸和苯丙氨酸显著升高($P<0.05$)。结果表明:饲料中添加30 g/d的YE可以显著提高杜寒羊的生长性能,对杜寒羊肌肉的品质也有促进作用。添加15 g/d的YE对生长性能的影响不大,但对肉质有一定的改善作用。

关键词: 活性酵母;复合酶制剂;杜寒羊;生长性能;肉品质

doi: 10.13302/j.cnki.fi.2020.09.002

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-991X(2020)09-0007-07

Effects of yeast culture and compound enzyme preparation combination product on growth performance, slaughter performance and meat quality of Du Han sheep

Zhang Changhua, Chai Mingjie, He Jiajun, Wang Dong, Xie Xiangxue

Abstract: The objective of this study was to determine the effects of yeast culture and compound enzyme preparation (YE) on growth performance, slaughter performance and meat quality of mutton sheep. Thirty healthy Du Han weaning lambs with an average age of (56±5) d and an average body weight (25.2±0.96) kg were randomly divided into 3 groups of 10 animals each. YE of 0 g/d (test 1 group), 15 g/d (test 2 group), and 30 g/d (test 3 group) were added to the diet, respectively. The results showed that the final weight, average daily gain and daily average feed intake of the experimental group 3 were significantly increased ($P<0.05$). The slaughter rate, net meat rate and eye muscle area of the experimental group 3 were significantly higher than those of the experimental group 1 ($P<0.05$), and the slaughter rate ratio of the experimental group 2 was not significantly different ($P>0.05$). There was no significant difference between the experimental group 1 and the experimental group 3 ($P>0.05$). The pH_{45 min} of the longissimus dorsi muscle was not significantly different between the groups ($P>0.05$). The cooking loss and shearing force of the longissimus dorsi muscle in the experimental group 1 and the experimental group 2 were significantly higher than those in the experimental group 3 ($P<0.05$). The water loss rate of the lon-

作者简介:张常华,硕士,研究方向为动物饲料与营养。

通讯作者:解祥学,博士,高级工程师。

收稿日期:2020-03-20

gissimus dorsi muscle in the experimental group 1 was significantly higher than that in the experimental group 2 and the experimental group 3 ($P<0.05$). Adding YE to the longest muscle of the back of the mutton, nutmeg, linoleic acid, palmitic acid, palmitoleic acid, leucovorin acid, cis-10-heptadecenoic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, arachidonic acid, α -linolenic acid, behenic acid, dihomono- γ -linolenic acid, arachidonic acid, EPA, DHA had significant effects ($P<0.05$). The glutamate, histidine, isoleucine and phenylalanine in the test group 3 were significantly increased ($P<0.05$). The results showed that the addition of 30 g/d of YE could significantly improve the growth performance of the mutton sheep and promote the muscle quality of the mutton sheep. Adding 15 g/d of YE has little effect on growth performance, but it has a certain improvement effect on meat quality.

Key words: yeast culture; compound enzyme preparation; Du Han sheep; growth performance; meat quality

活性酵母与复合酶组合产品(YE)是一种饲料添加剂,通过一系列复杂的发酵工艺,最后经过合理的干燥和培养基的灭菌熟化工艺,所获得高生物活性活性干酵母,再加上复合酶制剂组合的产品,其富含蛋白质、氨基酸、葡聚糖、甘露聚糖及各种维生素等营养物质,在动物生产中得到广泛的运用^[1-3]。活性酵母有利于维持反刍动物瘤胃内pH值的稳定^[4],从而调节瘤胃微生物的动态平衡^[5],与苜蓿皂苷混合饲喂可以减少反刍动物甲烷的产生量^[6]。它还可以增加反刍动物的免疫功能^[7],提高反刍动物的生产性能,改善其肉品质^[8]。在生产中,活性酵母的添加量一直有争议。有研究表明,在饲料中添加14 g/(头·d)的活性酵母可以提高育肥牛的生长性能^[9]。也有报道指出,在饲料中添加14 g/(头·d)或28 g/(头·d)的活性酵母对育肥牛的生长性能没有显著影响^[10]。Geng等(2016)研究发现增加活性酵母的添加量[50 g/(头·d)]可以改善牛肉的肉品质,使其更加鲜嫩^[11]。刘学文等^[12]研究发现添加20 g/(头·d)的活性酵母可以显著提高羔羊的生长性能。许勤智等^[13]认为在山羊基础日粮中添加15 g/(头·d)活性酵母最为合理。可见,关于活性酵母对反刍动物生长性能的影响存在一定的不确定性。同时,外源酶制剂对于提高反刍动物饲料消化率、减轻瘤胃酸中毒和改善肉品质具有明显的积极作用。因此,本试验旨在以杜寒杂交育肥羊为研究对象,研究在饲料中活性酵母与复合酶组合产品的不同添加量对杜寒杂交育肥羊生长性能、屠宰性能及肉品质的影响,为YE在育肥羊饲料中的应用提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验选择平均日龄(56±5) d和平均体重(25.20±0.96) kg的30只健康的杜寒断奶羔羊,随机分为3组,

每组10只。试验1组饲喂基础日粮不添加YE,试验2组和试验3组分别在基础日粮中添加15 g/d和30 g/d YE。试验共70 d,其中预试期10 d,正式试验期60 d。本试验于2019年4~7月在甘肃武威某羊场进行。试验结束后,测定肉羊的生长性能、屠宰性能和肉品质。

活性酵母与复合酶制剂组合产品由广东溢多利生物科技股份有限公司提供(斯特灵S-7001),活性酵母及复合酶制剂组合产品的简单生产工艺为:酒厂底料(生产白酒产生的湿糟)为发酵原料,进入车间进行灭菌净化和接种混合,再经酵母发酵,二次补料,产生代谢物,经休眠、低温干燥和粉碎,形成活性干酵母及复合酶制剂组合产品。活性干酵母及复合酶制剂组合产品营养物质成分如下:粗蛋白≥17.00%、水分≤10.00%、粗纤维≥20.00%、粗灰分≥10.00%、粗脂肪≥5.00%、总氨基酸≥14.32%、钙≥0.30%、磷≥0.60%、益生菌总数≥5×10⁹ CFU/g、乳酸≥5.0%、乙酸≥3.0%、纤维素酶≥290 U/g、淀粉酶≥210 U/g。

1.2 试验饲料及饲养管理

基础日粮配制参考中国肉羊饲养标准(NY/T816—2004)营养要求设计。基础饲料组成及营养水平见表1。试验开始前对羊舍、饲养笼、食槽、水槽进行彻底打扫并消毒。试验羊逐只进行编号、驱虫,并单栏饲喂。投料时间分别为上午7:00,下午17:00,共两次。自由采食和饮水。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 饲料中养分含量的测定

饲料粗蛋白含量的测定方法参照GB/T 6432—1994^[14],粗脂肪含量的测定方法参照GB/T 6433—2006^[15],粗纤维含量的测定方法参照GB/T 6434—1994^[16],钠(Na)和钙(Ca)含量测定方法参照GB/T 13885—2017^[17],总磷(P)、氯(Cl)含量测定参照GB/T

6439—2007和GB/T 6437—2002^[18-19]。赖氨酸和蛋氨酸测定方法按照GB/T 15398—1994^[20]、GB/T18246—2000^[21]。

表1 育肥羊基础日粮组成和营养水平

日粮组成	含量(%)	营养水平	
玉米	36.0	消化能(MJ/kg)	12.3
豆粕	19.5	粗蛋白(%)	14.6
麸皮	9.0	粗纤维(%)	6.19
石粉	2.0	钠(%)	0.08
食盐	1.0	氯(%)	0.13
预混料	1.0	钙(%)	0.81
磷酸氢钙	0.8	磷(%)	0.24
玉米秸秆	30.7	赖氨酸(%)	0.35
合计	100.0	蛋氨酸(%)	0.16

注:预混料为每千克饲粮提供:VA 10 000 IU、VD 320 000 IU、VE 50 mg、Fe 30 mg、Cu 12 mg、Zn 100 mg、Mn 120 mg、Se 0.3 mg、I 1.5 mg、Co 0.5 mg。

1.3.2 生长性能测定

试验开始第1 d和试验结束的第2 d,在晨饲前称量试验羊的体重计算平均日增重。试验期内,每10 d的前3 d和后3 d连续称量每头羊的投放料和剩余料,计算肉羊的平均日采食量,计算每头羊的料重比。

1.3.3 屠宰性能测定

屠宰前,试验羊禁食24 h、断水12 h。测定每头羊的胴体重、净肉重、眼肌面积和GR值,计算屠宰率、净肉率。

1.3.4 肌肉品质测定

测定肌肉45 min和24 h两个时间点的pH值。用便携式pH酸度计在左侧胴体12~13肋骨间背最长肌处测定肌肉的pH值。并测定肌肉剪切力、蒸煮损失和失水率。

1.3.5 脂肪酸和氨基酸含量测定

屠宰后立即采集同一部位的背最长肌,置于-20℃冰柜保存。参照GB/T 22223—2008的方法,用气相色谱仪测定背最长肌的脂肪酸含量,并按照GB/T 5009.124—2010的方法,测定氨基酸含量。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据经Excel 2010初步统计整理,采用SPSS 22.0中单因素方差分析,并用多重比较分析,结果用“平均值±标准误”表示, $P<0.05$ 为差异显著, $P>0.05$ 为差异不显著。

2 结果与分析

2.1 YE对杜寒羊生长性能的影响

由表2可知, YE对肉羊生长性能影响较大,试验3组的末重、平均日增重、日均采食量显著高于试验

2组和试验1组($P<0.05$),且试验2组和试验1组差异不显著($P>0.05$)。试验1组和试验2组的料重比显著高于试验3组($P<0.05$)。其中,试验1组、试验2组和试验3组的末重相对于始重分别增加了41.05%、46.05%、54.42%。试验2组与试验3组的平均日增重分别较试验1组,增加了12.42%和33.75%。

表2 YE对肉羊生长性能的影响

项目	试验1组	试验2组	试验3组
始重(kg)	25.11±1.43	25.17±1.31	25.34±0.97
末重(kg)	35.42±0.87 ^b	36.76±1.63 ^b	39.13±0.95 ^a
平均日增重(g)	171.83±7.51 ^b	193.17±8.37 ^b	229.83±9.55 ^a
日均采食量(g)	848.84±22.63 ^b	923.35±23.51 ^b	1 025.04±20.75 ^a
料重比	4.94±0.15 ^a	4.78±0.20 ^a	4.46±0.19 ^b

注:同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著($P>0.05$),不同字母表示差异显著($P<0.05$);下表同。

2.2 YE对杜寒羊屠宰性能的影响

表3 YE对肉羊部分屠宰和肉质指标的影响

项目	试验1组	试验2组	试验3组
屠宰率(%)	45.47±1.89 ^b	47.63±1.77 ^a	47.94±1.54 ^a
净肉率(%)	30.33±1.87 ^b	30.15±1.65 ^{ab}	31.48±1.42 ^a
GR值(cm)	0.93±0.03 ^b	1.07±0.05 ^a	1.05±0.06 ^{ab}
眼肌面积(cm ²)	18.32±1.62 ^b	19.67±1.89 ^{ab}	19.75±1.83 ^a

由表3可知,试验3组的屠宰率显著高于试验1组($P<0.05$),与试验2组比差异不显著($P>0.05$)。试验1组的净肉率相对于试验3组显著降低($P<0.05$),试验2组的净肉率与试验1组和试验3组比差异不显著($P>0.05$)。试验3组的GR值与试验1组和试验2组对比差异不显著($P>0.05$),试验2组的GR值显著高于试验1组($P<0.05$)。试验3组的眼肌面积显著高于试验1组($P<0.05$),而试验2组与试验1组和试验3组比差异不显著($P>0.05$)。

2.3 YE对杜寒羊肉品质的影响

表4 YE对肉羊肉品质的影响

项目	试验1组	试验2组	试验3组
pH _{45 min}	6.25±0.31	6.33±0.45	6.31±0.55
pH _{24 h}	5.65±0.39 ^b	5.73±0.45 ^a	5.81±0.42 ^a
蒸煮损失(%)	42.32±5.33 ^a	41.67±5.25 ^a	40.25±6.16 ^b
失水率(%)	26.32±1.62 ^a	25.67±1.89 ^b	25.75±1.83 ^b
剪切力(kgf)	5.54±0.32 ^a	5.17±0.41 ^a	4.32±0.56 ^b

从表4可知,肉羊背最长肌的pH_{45 min}在各组间差异不显著($P>0.05$)。经过24 h后,试验3组的pH_{24 h}显著高于试验1组($P<0.05$),与试验2组比差异不显著($P>0.05$)。而试验1组的蒸煮损失显著高于试验3组,与试验2组比差异不显著($P>0.05$)。试验1组的失水

率和剪切力都显著高于试验3组($P<0.05$)。试验2组的失水率与试验3组比差异不显著($P>0.05$),却显著低于试验1组($P>0.05$)。试验2组的剪切力与对照

组比差异不显著($P>0.05$),与试验3组比差异显著($P<0.05$)。

2.4 YE对肉羊背最长肌脂肪酸的影响

表5 YE对肉羊背最长肌脂肪酸的影响(%)

项目	试验1组	试验2组	试验3组
羊蜡酸(C10:0)	3.51±0.15	3.33±0.26	3.38±0.32
月桂酸(C12:0)	11.24±0.34	11.53±0.53	10.91±0.63
肉豆蔻酸(C14:1)	173.32±11.53	169.34±10.84	172.35±9.04
肉豆蔻油酸(C14:1n5)	8.32±1.65 ^b	8.83±1.34 ^b	9.32±1.57 ^a
十五碳酸(C15:0)	43.36±5.32	42.64±4.63	44.17±8.94
棕榈酸(C16:0)	917.53±35.84 ^a	654.33±42.97 ^a	877.94±36.81 ^b
棕榈油酸(C16:1)	65.42±6.64 ^b	57.42±5.71 ^c	73.85±8.42 ^a
十七烷酸(C17:0)	105.63±11.55 ^a	89.65±4.64 ^b	87.76±4.38 ^b
顺-10-十七碳一烯酸(C17:1)	37.84±6.52 ^a	36.74±7.32 ^a	32.54±5.78 ^b
硬脂酸(C18:0)	864.54±45.32 ^a	768.95±36.72 ^b	776.84±32.84 ^b
反油酸(C18:1n9t)	236.64±18.64	219.96±22.74	207.95±16.74
油酸(C18:1n9c)	1 685.53±89.75 ^b	1 874.64±65.75 ^a	1 885.43±73.64 ^a
亚油酸(C18:2n6c)	276.54±31.64 ^a	305.63±53.83 ^b	327.65±43.78 ^a
花生酸(C20:0)	5.12±0.32 ^b	6.19±0.75 ^{ab}	7.17±0.65 ^a
顺-11-二十碳一烯酸(C20:1)	7.53±0.43	7.85±0.78	8.13±1.04
α-亚麻酸(C18:3n3)	15.54±4.21 ^c	27.78±4.77 ^b	33.76±5.63 ^a
二十一碳酸(C21:0)	28.54±7.96	27.54±6.32	24.75±7.41
山嵛酸(C22:0)	8.64±0.74 ^a	12.65±1.64 ^b	14.65±2.53 ^a
二高-γ-亚麻酸(C20:3n6)	4.65±0.11 ^b	5.53±0.14 ^a	5.43±0.32 ^a
花生四烯酸(C20:4n6)	138.54±7.54 ^b	143.87±8.65 ^{ab}	152.95±8.54 ^a
EPA(C20:5n3)	24.64±3.77 ^b	26.10±4.12 ^{ab}	27.78±4.76 ^a
DHA(C22:6n3)	3.51±0.11 ^b	4.53±0.23 ^{ab}	4.76±0.10 ^a
总脂肪酸	4 666.13±545.13 ^b	4 505.03±471.30 ^a	4 789.47±327.95 ^a
单不饱和脂肪酸(MUFA)	2 041.28±437.85 ^a	2 205.44±210.96 ^b	2 217.22±375.83 ^a
多不饱和脂肪酸(PUFA)	463.42±56.83 ^a	513.44±76.94 ^b	552.33±87.05 ^a
不饱和脂肪酸(UFA)	2 504.7±321.74 ^b	2 718.88±265.95 ^a	2 769.55±235.85 ^a
饱和脂肪酸(SFA)	2 161.43±143.76 ^a	1 786.15±112.07 ^a	2 019.92±127.83 ^b

由表5可以得出,添加YE对肉羊背最长肌中的羊蜡酸、月桂酸、肉豆蔻酸、十五碳酸、反油酸、二十一碳酸及顺-11-二十碳一烯酸差异不显著($P>0.05$),对肉豆蔻油酸、棕榈酸、棕榈油酸、十七烷酸、顺-10-十七碳一烯酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、花生酸、α-亚麻酸、山嵛酸、二高-γ-亚麻酸、花生四烯酸、EPA、DHA有显著影响($P<0.05$)。试验3组的总脂肪酸、MUFA和PUFA显著高于其他两组($P<0.05$),试验1组的MUFA和PUFA显著低于试验2组($P<0.05$),试验2组的总脂肪酸与试验1组相比显著降低($P<0.05$)。而试验1组中的UFA显著低于试验2组和试验3组($P<0.05$),且试验2组和试验3组之间相比差异不显著($P>0.05$)。试验2组的SFA与试验1组和试验3组相比显著降低($P<0.05$),且试验1组的SFA显著高于试验3组($P<0.05$)。

2.5 YE对杜寒羊背最长肌氨基酸的影响

通过表6可以发现,在非必需氨基酸中,丝氨酸、丙氨酸、胱氨酸、精氨酸、酪氨酸和甘氨酸在各组中差

异不显著($P>0.05$)。试验3组的谷氨酸显著高于试验1组和试验2组($P<0.05$),试验1组的谷氨酸和试验2组相比差异显著($P<0.05$)。试验3组的脯氨酸显著低于试验1组和试验2组($P<0.05$),试验1组的脯氨酸显著高于试验2组($P<0.05$)。在必需脂肪酸中,蛋氨酸、苏氨酸和亮氨酸在各组中差异不显著($P>0.05$)。试验3组的组氨酸和试验2组比差异不显著($P>0.05$),与试验1组的组氨酸相比差异显著($P<0.05$)。试验2组的赖氨酸和缬氨酸与试验1组相比显著升高($P<0.05$),而试验3组与试验1组和试验2组比差异不显著($P>0.05$)。试验3组的异亮氨酸显著高于试验1组($P<0.05$),试验2组的异亮氨酸与试验1组和试验3组比差异不显著($P>0.05$)。试验3组的苯丙氨酸与试验2组和试验1组相比差异显著升高($P<0.05$),且试验2组与试验1组相比差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 YE对杜寒羊生长性能的影响

表6 YE对肉羊背最长肌氨基酸的影响(g/kg)

项目	氨基酸	试验1组	试验2组	试验3组
非必需氨基酸	丝氨酸(Ser)	3.45±0.57	3.95±0.71	3.50±0.46
	谷氨酸(Glu)	14.64±1.85 ^a	15.48±1.97 ^b	17.87±1.62 ^c
	丙氨酸(Ala)	3.54±1.02	4.08±1.11	4.02±1.20
	胱氨酸(Cys)	1.42±0.39	1.24±0.15	1.45±0.32
	精氨酸(Arg)	13.75±1.31	12.33±1.21	13.17±1.32
	酪氨酸(Tyr)	5.94±5.24	5.94±5.21	5.92±5.62
	甘氨酸(Gly)	7.48±0.65	7.74±0.71	8.44±0.72
	脯氨酸(Pro)	18.69±1.89 ^a	15.56±4.20 ^b	13.99±5.12 ^c
必需氨基酸	组氨酸(His)	2.20±1.15 ^b	4.69±0.36 ^a	4.40±0.41 ^a
	赖氨酸(Lys)	13.72±1.59 ^b	14.88±1.12 ^a	14.57±1.23 ^{ab}
	蛋氨酸(Met)	4.83±0.41	4.51±0.38	4.77±0.42
	苏氨酸(Thr)	8.31±0.78	8.56±0.76	8.00±0.82
	缬氨酸(Val)	4.73±0.92 ^b	5.30±0.95 ^a	5.19±1.20 ^{ab}
	异亮氨酸(Ile)	3.89±0.85 ^b	4.12±0.88 ^{ab}	4.84±0.79 ^a
	亮氨酸(Leu)	7.02±1.32	7.57±1.42	7.32±1.32
	苯丙氨酸(Phe)	4.16±0.63 ^c	5.20±0.71 ^b	7.23±0.65 ^a
氨基酸总量(AA)		117.77	121.15	124.68
必需氨基酸总量(EAA)		48.86	54.83	56.32
非必需氨基酸总量(NEAA)		68.91	66.32	68.36
EAA/TAA		41.49	45.26	45.17
EAA/NEAA		70.90	82.67	82.39

Andringhetto I等(1993)研究发现在绵羊饲料中添加20 g/d和40 g/d的活性酵母可以增加绵羊的干物质采食量^[22]。寇慧娟等(2011)在不同精粗比中添加20 g/d的活性酵母可以提高绒山羊的日增重^[23]。许勤智等(2018)在基础日粮中添加10、20 g/d的活性酵母,得出添加20 g/d的活性酵母可以显著增加育肥羊的干物质采食量、总增重和平均日增重^[13]。Desnoyers M等(2009)指出动物的生产性能的提高,是因为酵母提供氨基酸、肽、维生素和有机酸等营养物质,从而刺激瘤胃内乳酸菌利用菌的生长^[1],起到稳定瘤胃内环境的作用,从而调节瘤胃微生物平衡,调控瘤胃内环境的稳定,以促进纤维消化细菌的增加^[24];其次,酵母还可以提高饲料在瘤胃内的消化率,促进纤维的降解^[25],并增加瘤胃微生物蛋白的产量,促进蛋白质的沉积^[26]。本试验产品YE中不仅有活性酵母,还含有反刍动物专用复合酶制剂,对于提高动物饲料消化率及生长性能和减轻瘤胃酸中毒具有明显的积极作用。复合酶制剂不仅能够提高某些酶针对的特殊组分的消化率,更能够提高瘤胃中总酶活,提高瘤胃总水解能力,通过复合酶协同技术,保证不同酶种在反刍动物不同的消化部位发挥作用,从而有效地提升日粮在全消化道的消化率。试验表明,在基础日粮中添加30 g/d的YE可以显著提高杜寒育肥羊的体重、平均日增重及日均采食量。而添加15 g/d的YE对育肥羊的体重、平均日增重及日均采食量的影响不大。说

明在本试验中,添加30 g/d的YE对杜寒育肥羊的生长发育效果最好。

3.2 YE对杜寒羊屠宰性能的影响

屠宰率和净肉率反映了相同活体重肉羊产肉量的多少,眼肌面积和GR值则反应肌肉的品质。YE对肉羊屠宰性能的报道较少。黄文明等(2019)在牛上的研究得出,添加150 g/d的活性酵母可以提高背膘厚度,有改善肉牛肉品质的作用^[8]。秦培鹏等(2014)^[27]在日粮中添加活性酵母对肉牛的屠宰性能的净肉重影响明显,但对屠宰率、净肉率没有影响。本试验中,试验3组的屠宰率和净肉率显著提高,虽然试验2组的屠宰率有提高,但试验2组的净肉率与其他两组相比差异不显著。说明添加30 g/d的YE比添加15 g/d的YE更能够提高肉羊的产肉率。但是从GR值和眼肌面积来看,试验3组的眼肌面积最大,试验2组次之,试验1组最小,而试验2组的GR值最高,说明试验2组肌肉沉积的脂肪含量最多。综上,有可能在三组中试验2组的口感最好。

3.3 YE对杜寒羊肉品质的影响

羊肉品质受遗传物质、营养水平、生存环境、交通运输和屠宰加工处理等因素的影响。肉色、pH值、嫩度、滴水损失、肌内脂肪、脂肪酸组成和风味物质等是评定肌肉品质的重要指标^[28]。其中,pH值的影响力最大。它会影响到肉质的剪切力、风味和持水力等^[8]。当屠宰时,血液循环停止,肌肉中糖原转化为乳酸,使肌

肉中 pH 值下降,进而影响肉质嫩度^[29]。屠宰 45 min 后,肌肉内 pH 值立即降到 5.8,称为 PSE 肉,持水性差,说明肌肉内含大量的糖原^[30]。当屠宰 24 h 后,pH 值依然高于 6.2,这种肌肉称为 DFD 肉,虽然持水性好,但保存性差,不宜食用^[29]。而在本试验中,屠宰 45 min 后,三组的 pH 值均高于 5.8,说明不是 PSE 肉。在经过 24 h 的排酸后,各组 pH 值均高于 5.5,说明肌肉内糖原含量低。评价嫩度的主要指标是剪切力,剪切力越低,表示肌肉越鲜嫩,肉质越好^[31]。本研究中,试验 3 组剪切力最低,试验 2 组相对于试验 1 组略低,但差异不显著,说明添加 30 g/d 的 YE 对肌肉肉质有改善的作用。失水率和蒸煮损失是描述鲜肉保水性的常用指标,在本测定结果中,试验 3 组的蒸煮损失和失水率与其他两组相比,保水性最好,说明添加 30 g/d 的 YE 可以改善杜寒羊肌肉的嫩度。

3.4 YE 对杜寒羊肌肉脂肪酸和氨基酸组成的影响

脂肪酸的组成与肉质风味息息相关,长链饱和脂肪酸在降温时容易凝固,直接影响肉的口味^[32],饱和脂肪酸容易被氧化,其氧化产物直接影响风味物质的组成^[33]。饱和脂肪酸主要有月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸和硬脂酸^[34]。在不饱和脂肪酸中,亚麻油、 α -亚麻油和花生四烯酸和顺-11-二十碳一烯酸被称为人体必需脂肪酸,必须从食物中获得^[35]。在本试验中,添加 YE 对饱和脂肪酸中的月桂酸和肉豆蔻酸影响不大,对棕榈酸和硬脂酸有影响,试验 1 组的棕榈酸明显比试验 2 组和试验 3 组高,试验 2 组的棕榈酸含量最低,而试验 1 组的硬脂酸显著高于试验 2 组和试验 3 组,试验 2 组和试验 3 组变化不明显。添加 YE 对必需脂肪酸的亚油酸、 α -亚麻酸、花生四烯酸都有影响,试验 3 组的亚油酸和 α -亚麻酸比试验 2 组和试验 1 组显著升高,试验 3 组的花生四烯酸显著高于试验 1 组,但对顺-11-二十碳一烯酸无影响。并且 MUFA 和 PUFA 在试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组间均存在差异,试验 3 组的 MUFA 和 PUFA 含量最高,试验 2 组次之,试验 1 组含量最低。试验 3 组的饱和脂肪酸含量高于试验 2 组,低于试验 1 组。在脂肪代谢上,饱和脂肪酸含量高容易患相关脂肪代谢病,而添加 30 g/d 的 YE 可以提高杜寒羊背最长肌中不饱和脂肪酸的含量,降低饱和脂肪酸的含量^[34]。综上,本试验再次证明添加 30 g/d 的 YE 不仅可以提高肉羊肉品质,还可以预防脂肪代谢病的发生。

羊肉中氨基酸含量的变化与动物品种、日粮类型和不同发育阶段有关^[36-38]。Van 等(2006)研究发现谷

氨酸和天冬氨酸与香味物质形成有关,可通过美拉德反应与还原糖之间反应产生香味^[39]。黄文明等(2019)研究证明添加活性酵母对肉牛肌肉中总氨基酸的沉积及各种氨基酸的影响较小^[8]。在本试验中, YE 对肌肉中谷氨酸、脯氨酸、组氨酸、赖氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸有影响。其中,谷氨酸是构成肉鲜味的主要物质^[40],而且能在人体内和血氨结合形成对人体无害的谷氨酰胺,降低组织代谢过程中产生的氨毒害作用,并参与脑组织代谢,活跃脑功能。游离脂肪酸的滋味特征与含量对肉的整体滋味有重要作用,因为大部分氨基酸都是滋味的呈味或者前体物质。目前研究较清楚的是谷氨酸呈鲜滋味,甘氨酸呈甜滋味。在本试验中,试验 3 组的谷氨酸含量最多 17.87%,其次是试验 2 组含量为 15.48%,而甘氨酸的含量在各组中没有差异。可见,在试验中添加 YE 对杜寒羊肌肉中的氨基酸有一定影响,而且还可以增加肉的鲜味,再次证明添加 30 g/d 的 YE 对肉羊肉质有改善作用。

4 结论

在本试验条件下,添加 30 g/d 的 YE 可以显著提高肉羊的生长性能、对肉羊肌肉的品质也有促进作用。而添加 15 g/d 的 YE 对生长性能的影响不大,但对肉质有一定的改善作用。在生产运用上可根据需要添加。

参考文献

- [1] Desnoyers M, Giger-reverdin S, Bertin G, et al. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92(4): 1620-1632.
- [2] 赵国宏, 王世琴, 刁其玉, 等. 活性干酵母及复合酶制剂组合产品在反刍动物高精料饲料条件下的应用研究进展[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(8): 3473-3481.
- [3] 仲伟光, 祁宏伟, 赵玉民. 酵母菌制剂在调控反刍动物生产性能和瘤胃生态中的应用[J]. *中国畜牧杂志*, 2018, 54(8): 26-30.
- [4] 孙国强, 张成喜, 滕乐帮, 等. 半胱胺和活性干酵母及复合酶制剂组合产品对奶牛瘤胃微生物蛋白产量和养分消化率的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2017, 53(8): 79-83.
- [5] Williams P E, Tait C A, 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.
- [6] 徐晨晨, 郭婷婷, 刘策, 等. 苜蓿皂苷和活性干酵母及复合酶制剂组合产品对肉羊体外瘤胃发酵特性和甲烷产量的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(9): 4226-4234.
- [7] 谢明欣, 王海荣, 杨金丽, 等. 酵母甘露寡糖对蒙古绵羊生长性

- 能、血清免疫和炎症及抗氧化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(1): 219-226.
- [8] 黄文明, 谭林, 王芬, 等. 活性干酵母及复合酶制剂组合产品对育肥牛生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(3): 1317-1325.
- [9] Deters E L, Stokes R S, Genter-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.
- [10] Deters E L, Stokes R S, Genter-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.
- [11] 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.
- [12] 刘学文, 孙世锴. 活性干酵母及复合酶制剂组合产品对育肥羔羊生长性能和营养物质表观消化率的影响[J]. 中国饲料, 2019 (2): 49-53.
- [13] 许勤智, 樊均德, 梅杰, 等. 活性干酵母及复合酶制剂组合产品对沿河白山羊生产性能的影响[J]. 安徽农学通报, 2018, 24 (19): 41-43.
- [14] 国家饲料质量监督检验中心(北京). 饲料中粗蛋白测定方法[M]. 国家技术监督局, 1994: 8.
- [15] 国家饲料质量监督检验中心. 饲料中粗脂肪的测定[M]. 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, 2006: 12.
- [16] 饲料中粗纤维测定方法[M]. 国家技术监督局, 1994: 8.
- [17] 农业部饲料质量监督检验测试中心, 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所[国家饲料质量监督检验中心]. 饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定原子吸收光谱法[M]. 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, 2017: 20.
- [18] 国家饲料质量监督检验中心, 四川龙蟒集团有限责任公司. 饲料中总磷的测定分光光度法[M]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2002: 8.
- [19] 国家饲料质量监督检验中心, 广东恒兴集团有限公司. 饲料中水溶性氯化物的测定[M]. 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, 2007: 12.
- [20] 中国农业科学院分析测试中心. 饲料有效赖氨酸测定方法[M]. 国家技术监督局, 1994: 8.
- [21] 渤海罗纳普朗克公司. 饲料级DL-蛋氨酸[M]. 北京: 国家质量技术监督局, 1999: 12.
- [22] Andrighetto I, Bailoni L, Cozzi G, et al. Effects of yeast culture addition on digestion in sheep fed a high concentrate diet[J]. *Small Ruminant Research the Journal of the International Goat Association*, 1993, 12(1): 27-34.
- [23] 寇慧娟, 陈玉林, 刘敬敏, 等. 活性干酵母及复合酶制剂组合产品对羔羊生产性能、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, 39(8): 45-50.
- [24] 周珊, 瞿明仁. 活性干酵母及复合酶制剂组合产品在幼龄反刍动物中研究进展[J]. 饲料研究, 2015(16): 12-14.
- [25] Jiang Y, Ogunade I M, Qi S, et al. Effects of the dose and viability of *Saccharomyces cerevisiae*. 2. Diversity of ruminal microbes as analyzed by Illumina MiSeq sequencing and quantitative PCR [J]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(1): 325.
- [26] Hristov A N, Varga G, Cassidy T, et al. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93(2): 682-692.
- [27] 秦培鹏, 刘涛. 浅析屠宰工艺对PSE肉的影响[J]. 农业开发与装备, 2014(7): 77-79.
- [28] 路则庆, 熊海涛, 宋德广, 等. 大麦-高粱型饲料中添加活性干酵母及复合酶制剂组合产品对肥育猪生长性能及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(4): 1160-1167.
- [29] Eriksen M S, R. Dbotten R, Gr Ndahl A M, et al. Mobile abattoir versus conventional slaughterhouse—Impact on stress parameters and meat quality characteristics in Norwegian lambs[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2013, 149(1/2/3/4): 21-29.
- [30] 耿春银. 活性酵母与活性干酵母及复合酶制剂组合产品饲喂育肥牛生长性能、胴体指标和牛肉品质的比较[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [31] 孙芳, 吴民, 李培龙, 等. 简述评价牛肉品质的指标和测定方法[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010(18): 34-36.
- [32] Webb E C, O'neill H A. The animal fat paradox and meat quality [J]. *Meat Science*, 2008,80(1): 28-36.
- [33] Elmore J S, Cooper S L, Enser M, et al. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb[J]. *Meat Science*, 2005,69(2): 233-242.
- [34] 陈银基, 鞠兴荣, 周光宏. 饱和脂肪酸分类与生理功能[J]. 中国油脂, 2008(3): 35-39.
- [35] 李琪, 张翔. 多不饱和脂肪酸的生理功能概述[J]. 食品安全导刊, 2019(18): 55.
- [36] 张莹, 吴铁梅, 王雪, 等. 自然放牧与放牧补饲育肥对肉羊血浆和肌肉中氨基酸组成的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(7): 2162-2175.
- [37] 王玉琴, 田志龙, 施会彬, 等. 湖羊肌肉营养特点及肌纤维组织学特性[J]. 动物营养学报, 2017, 29(8): 2867-2874.
- [38] 曾勇庆, 王慧. 小尾寒羊肉品质氨基酸和矿物质营养特性研究[J]. 草食家畜, 2000(2): 15-18.
- [39] Van Boekel, M. A. J. S. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction[J]. *Biotechnology Advances*, 2006, 24(2): 230-233.
- [40] 侯川川, 马莲香, 邱家凌, 等. 饲料类型对育肥湖羊肌肉脂肪酸和氨基酸组成的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2019,55(12): 106-110.

(编辑:董玲,msdongling@163.com)