

# 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔生长性能、屠宰性能和肌肉品质的影响

刘公言<sup>1</sup> 王勇<sup>2</sup> 赵桂省<sup>2</sup> 白莉雅<sup>1</sup> 李萌<sup>3</sup> 孙海涛<sup>1\*</sup> 徐云华<sup>2\*</sup>

(1.山东省农业科学院畜牧兽医研究所,山东省畜禽疫病防治与繁育重点实验室,济南 250100;2.山东省济南市畜牧技术推广站,济南 250100;3.济南市莱芜黑兔种业科技有限公司,济南 250100)

**摘要:** 本试验旨在研究饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔生长性能、屠宰性能和肌肉品质的影响。试验选取45日龄育肥期莱芜黑兔160只,随机分为4组,饲喂分别以0(对照)、5%、10%和15%生姜秸秆粉替代花生秧粉的全价配合饲料,每组5个重复,每个重复8只(公母各占1/2)。预试期7d,正试期47d。试验结束当天每个重复选取1只公兔和1只母兔屠宰,统计屠宰性能,同时采集背腰最长肌检测肌肉品质。结果表明:1)饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔平均日增重无显著影响( $P>0.05$ ),对平均日采食量和料重比有显著影响( $P<0.05$ );与对照组相比,15%替代组平均日采食量显著提高( $P<0.05$ ),料重比显著降低( $P<0.05$ )。2)饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔商业胴体重、半净膛胴体重和全净膛胴体重有显著影响( $P<0.05$ ),15%替代组的商业胴体重、半净膛胴体重和全净膛胴体重显著低于对照组( $P<0.05$ )。3)饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉肉色的红度( $a^*$ )和黄度( $b^*$ )值有显著影响( $P<0.05$ ),15%替代组的 $a^*$ 和 $b^*$ 值显著高于对照组( $P<0.05$ )。4)饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉中粗蛋白质、烟酸和 $\alpha$ -生育酚含量有显著影响( $P<0.05$ );与对照组相比,试验组肌肉中粗蛋白质、烟酸和 $\alpha$ -生育酚含量均显著增加( $P<0.05$ ),分别在5%、10%和5%替代组达到最大值。综上所述,饲料中生姜秸秆替代花生秧的适宜比例对莱芜黑兔的生长性能和肌肉品质无明显不良影响,且能提高肌肉营养价值。因此,生姜秸秆可用作家兔饲料原料,但由于生姜秸秆中酸性洗涤纤维含量偏高,使用比例不宜过高,以5%~10%为宜。

**关键词:** 生姜秸秆;莱芜黑兔;生长性能;屠宰性能;肌肉品质

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)03-1633-10

生姜在我国大量种植,种植面积达200万 $\text{hm}^2$ 。生姜作为调味品在人们日常生活中广泛使用,其中山东莱芜、安丘、昌邑等产地的生姜尤为知名。人们对生姜的研究主要集中在地下块茎,对于纤维较高的地上部分秸秆的研究鲜有报道。全国每年生姜秸秆产量约1000万t,山东

省年生姜干秸秆的产量可达150万t以上,然而在生姜主产区,生姜秸秆被随意抛弃、焚烧的现象愈演愈烈,造成资源浪费和环境污染以及病虫害扩散传播等。推进生姜秸秆的利用,有利于提高农民收入,也有利于减轻环境污染,稳定农业生态平衡,促进绿色农业循环产业的发展<sup>[1]</sup>。随着养兔

收稿日期:2020-08-11

基金项目:山东省现代农业产业技术体系特种经济动物创新团队建设项目(SDAIT-21);山东省农业良种工程(南种北繁)项目(2017LZN008);山东省农业重大应用技术创新兔舍环境测控设备及大数据分析应用平台项目(SF1805301301)

作者简介:刘公言(1989—),男,山东巨野人,助理研究员,博士,主要从事动物营养和家兔生产研究。E-mail: gongyanliu@foxmail.com

\*通信作者:孙海涛,副研究员,E-mail: www8888@163.com;徐云华,研究员,E-mail: lwxmjstgzx@163.com

业的规模化发展,常规饲料资源缺口日益严重,给养兔业的发展带来了巨大的挑战。挖掘非常规饲料、拓宽饲料种类是促进家兔生产持续健康发展的关键<sup>[2]</sup>。因此,充分利用生姜秸秆既能减少资源浪费,又能缓解兔业发展带来的粗饲料资源短缺的问题。目前,国内外大量研究表明,饲料中添加一定比例的非常规饲料资源,如桑叶<sup>[3]</sup>、柑橘果皮<sup>[4]</sup>、木瓜叶<sup>[5]</sup>、柚叶<sup>[6]</sup>等,对家兔生长性能无不良影响,且能降低饲料成本,提高经济效益。花生是我国北方地区的重要经济作物,其收获后的副产物花生秧是家兔生产中最为经常使用的粗饲料原料。大量研究报道,饲料适宜水平的花生秧能够提高饲料营养物质的表观消化率,提高繁殖母兔的产仔数、窝均活仔数以及仔兔断奶体重<sup>[7-10]</sup>。最新研究表明,生姜粉具有改进畜禽生长性能、提高抗氧化性能的作用<sup>[11]</sup>。然而关于生姜秸秆作为草食动物粗饲料原料尚未见报道,生姜秸秆作为家兔粗饲料原料替代花生秧在家兔生产上的应用尚无人进行研究。本试验以莱芜黑兔为研究对

象,探讨饲料中不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔生长性能、屠宰性能、内脏器官发育和肌肉品质的影响,为生姜秸秆作为粗饲料原料在家兔生产上应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验选用 45 日龄、体重相近、健康状况良好的莱芜黑兔 160 只,按性别和体重随机分为 4 组,饲喂分别以 0(对照)、5%、10%和 15%生姜秸秆粉替代花生秧粉的全价配合饲料,每组 5 个重复,每个重复 8 只(公母各占 1/2),分为 4 笼饲养,每笼 2 只。试验所用生姜秸秆粉和花生秧粉化学组成见表 1。饲料配方参考 NRC(1977)<sup>[12]</sup>和 De Blas 等<sup>[13]</sup>的育肥兔饲养标准配制而成,其组成及营养水平见表 2。预试期 7 d,正试期 47 d。试验期间,采用常规饲养管理和免疫程序,兔舍结构为半封闭式,自然采光和自然通风。试验兔每天饲喂 2 次,自由采食和自由饮水。

表 1 生姜秸秆粉和花生秧粉化学组成(风干基础)

Table 1 Chemical composition of ginger straw powder and peanut seedling powder (air-dry basis) %

项目 Items	干物质 DM	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	酸性洗涤木质素 ADL	粗灰分 Ash	钙 Ca	磷 P
生姜秸秆粉 Ginger straw powder	89.37	11.20	1.10	52.00	44.80	6.90	17.30	1.34	0.31
花生秧粉 Peanut seedling powder	89.24	14.50	1.60	42.00	28.30	11.00	16.80	1.64	0.16

表 2 饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis) %

项目 Items	替代比例 Substitution ratio/%			
	0(对照 Control)	5	10	15
原料 Ingredients				
玉米 Corn		15.0	15.0	15.0
豆粕 Soybean meal		10.0	10.0	10.0
麸皮 Wheat bran		20.0	20.0	20.0
玉米胚芽粕 Corn germ meal		15.0	15.0	15.0
稻壳粉 Rice hull powder		7.0	7.0	7.0
花生秧粉 Peanut seedling powder		30.0	25.0	20.0
生姜秸秆粉 Ginger straw powder			5.0	10.0
预混料 Premix <sup>1)</sup>		3.0	3.0	3.0
合计 Total		100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>				
消化能 DE/(MJ/kg)		10.29	10.25	10.20

续表 2

项目 Items	替代比例 Substitution ratio/%			
	0(对照 Control)	5	10	15
粗蛋白质 CP	16.70	16.40	16.20	16.00
粗脂肪 EE	2.40	2.50	2.40	2.20
中性洗涤纤维 NDF	42.40	42.90	43.30	43.80
酸性洗涤纤维 ADF	20.30	21.10	21.93	22.69
酸性洗涤木质素 ADL	5.60	5.20	4.80	4.50
粗灰分 Ash	11.60	11.20	11.80	11.10
钙 Ca	1.54	1.75	1.64	1.55
磷 P	0.62	0.67	0.75	0.68
赖氨酸 Lys	0.75	0.74	0.73	0.73
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.48	0.47	0.46	0.45

1) 预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diets: VA 10 000 IU, VD<sub>3</sub> 2 000 IU, VE 50 mg, VK<sub>3</sub> 2.5 mg, 硫胺素 thiamine 5 mg, 核黄素 riboflavin 10 mg, 烟酸 nicotinic acid 20 mg, 泛酸 pantothenic acid 50 mg, 叶酸 folic acid 2.5 mg, VB<sub>12</sub> 1 mg, 氯化胆碱 choline chloride 400 mg, Fe 100 mg, Zn 50 mg, Cu 40 mg, Mn 30 mg, I 0.5 mg, Se 0.05 mg, 磷酸氢钙 calcium hydrophosphate 15 g, 氯化钠 NaCl 5 g, 赖氨酸 Lys 1.5 g, 蛋氨酸 Met 1.5 g, 其余用杂粕载体补足 the rest was miscellaneous meal carrier complement.

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 测定指标和方法

### 1.2.1 生长性能指标的测定

在试验正式开始和结束当日,以重复为单位称量每个重复家兔重量,并准确统计试验期间采食量,并根据以下公式计算平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G):

$$ADG = \frac{[\text{终末体重}(\text{FBW}) - \text{初始体重}(\text{IBW})]}{(\text{正试期试验天数} \times \text{该重复试验兔只数})};$$

$$ADFI = \frac{\text{每个重复正试期总采食量}}{(\text{正试期试验天数} \times \text{该重复试验兔只数})};$$

$$F/G = ADFI/ADG.$$

### 1.2.2 屠宰性能指标的测定

试验结束前 1 天晚上禁食,试验结束当天每个重复选取 1 只与该重复平均体重相近的公兔和 1 只与该重复平均体重相近的母兔屠宰,称重并记录宰前活体重。颈静脉放血处死后,立即剥皮,在腕关节处去除前肢及在跗关节处去后肢,移走肠道及内容物和泌尿生殖器官后(保留头、气管、食管、胸腔器官、肝脏和肾脏及肾周脂肪)称重即为商业胴体重;商业胴体重在第 1 颈椎处去头,同时去除气管、食管,并保留肝脏、肾脏及肾周脂肪称重,即为半净膛胴体重。半净膛胴体重去心脏、肾脏及肾周脂肪后称重即为全净膛胴体重,并分别除以宰前活体重,计算商业屠宰率、半净膛屠宰

率、全净膛屠宰率。

### 1.2.3 内脏器官发育指标的测定

屠宰过程中小心剥离心脏、肺脏、肝脏、肾脏和脾脏,称重后计算其所占宰前活体重的比率,即为相应脏器指数,以 g/kg 表示。

### 1.2.4 肌肉物理性状的测定

采集背腰最长肌放于 0~4 °C 冰箱 24 h,测定 pH、肉色、剪切力、滴水损失、失水率和熟肉率,具体测定方法参考文献[14]。

### 1.2.5 肌肉营养成分的测定

背腰最长肌中干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、胆固醇和粗灰分(Ash)含量分别采用国家标准 GB 5009.3—2016、GB 5009.5—2016、GB/T 14772—2008、GB 5009.128—2016 和 GB/T 9695.18—2008<sup>[15-19]</sup>测定。烟酸、 $\alpha$ -生育酚和硫胺素含量分别采用国家标准 GB 5009.89—2016、GB/T 9695.30—2008、GB/T 14772—2008<sup>[20-22]</sup>在液相色谱仪(Agilent, 型号:1260)上测定。

## 1.3 数据处理

所有检测指标均为每个重复的公母试验兔结果求取平均值作为该重复的最终值,用 SAS 9.1.3 统计软件中的 GLM 进行数据的方差分析,用 Duncan 氏法进行数据的多重比较,结果以平均值 $\pm$ 标

准误表示,  $P < 0.05$  为差异显著水平。

## 2 结果与分析

### 2.1 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔生长性能的影响

由表 3 可以看出, 在初始体重无显著差异 ( $P > 0.05$ ) 的情况下, 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比

例对莱芜黑兔 ADFI 和 F/G 有显著影响 ( $P < 0.05$ )。与对照组相比, 5% 和 10% 替代组的 ADFI 和 F/G 无显著变化 ( $P > 0.05$ ), 但 15% 替代组 ADFI 显著提高 ( $P < 0.05$ ), F/G 显著降低 ( $P < 0.05$ )。饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔 ADG 和终末体重无显著影响 ( $P > 0.05$ ), 但对终末体重有降低的趋势 ( $P = 0.0911$ )。

表 3 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔生长性能的影响

Table 3 Effects of different ratios of ginger straws replacing peanut seedlings in diets on growth performance of *Laiwu* black rabbits

项目 Items	替代比例 Substitution ratio/%				P 值 P-value
	0(对照 Control)	5	10	15	
初始体重 IBW/g	1 431.75±21.19	1 457.55±10.51	1 467.50±6.14	1 465.75±8.47	0.221 7
终末体重 FBW/g	2 677.25±19.39	2 649.48±32.25	2 707.60±25.34	2 565.35±26.22	0.091 1
平均日增重 ADG/(g/d)	26.50±0.56	25.36±0.51	26.39±0.60	25.34±0.63	0.320 1
平均日采食量 ADFI/(g/d)	98.91±0.37 <sup>b</sup>	98.91±0.69 <sup>b</sup>	100.54±0.59 <sup>ab</sup>	101.80±0.19 <sup>a</sup>	0.047 1
料重比 F/G	3.74±0.12 <sup>b</sup>	3.90±0.07 <sup>ab</sup>	3.81±0.07 <sup>ab</sup>	4.02±0.10 <sup>a</sup>	0.049 3

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 ( $P < 0.05$ ), with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

### 2.2 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔屠宰性能的影响

由表 4 可以看出, 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔商业胴体重、半净膛胴体重和全净膛胴体重有显著影响 ( $P < 0.05$ )。与对照组相比, 5% 和 10% 替代组的商业胴体重、半净膛胴

体重和全净膛胴体重无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 但 15% 替代组显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔宰前活体重、商业屠宰率、半净膛屠宰率和全净屠宰率无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

表 4 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔屠宰性能的影响

Table 4 Effects of different ratios of ginger straws replacing peanut seedlings in diets on slaughter performance of *Laiwu* black rabbits

项目 Items	替代比例 Substitution ratio/%				P 值 P-value
	0(对照 Control)	5	10	15	
宰前活体重 Pre-slaughter body weight/g	2 675.00±34.17	2 626.00±34.40	2 602.00±35.87	2 513.00±60.81	0.095 9
商业胴体重 Commercial carcass weight/g	1 694.20±19.40 <sup>a</sup>	1 645.60±24.69 <sup>ab</sup>	1 633.40±26.82 <sup>ab</sup>	1 568.80±41.62 <sup>b</sup>	0.036 2
半净膛胴体重 Half carcass weight/g	1 526.70±17.91 <sup>a</sup>	1 488.54±21.87 <sup>ab</sup>	1 476.64±22.41 <sup>ab</sup>	1 416.31±40.06 <sup>b</sup>	0.048 1
全净膛胴体重 All carcass weight/g	1 416.10±17.48 <sup>a</sup>	1 379.30±15.68 <sup>ab</sup>	1 366.60±19.33 <sup>ab</sup>	1 313.40±36.95 <sup>b</sup>	0.033 7
商业屠宰率 Commercial slaughter ratio/%	63.36±0.77	62.66±0.35	62.77±0.26	62.43±0.86	0.746 6
半净膛屠宰率 Half eviscerated ratio/%	57.10± 0.77	56.68±0.31	56.75±0.22	56.36±0.88	0.865 2
全净膛屠宰率 All eviscerated ratio/%	52.96± 0.70	52.53±0.18	52.52±0.24	52.26±0.72	0.822 9

### 2.3 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔内脏器官发育的影响

由表5可以看出, 饲料不同生姜秸秆替代花

生秧比例对莱芜黑兔心脏指数、肺脏指数、肝脏指数、肾脏指数和脾脏指数均无显著影响 ( $P>0.05$ )。

表5 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔内脏器官发育的影响

Table 5 Effects of different ratios of ginger straws replacing peanut seedlings in diets on visceral organ development of *Laiwu* black rabbits

项目 Items	替代比例 Substitution ratio/%				P 值 P-value
	0(对照 Control)	5	10	15	
心脏指数 Heart index	3.19±0.19	2.88±0.32	3.14±0.21	3.46±0.27	0.466 6
肺脏指数 Lung index	6.77±0.51	6.94±0.31	6.98±0.27	6.01±0.42	0.297 3
肝脏指数 Liver index	26.96±0.83	27.38±0.83	27.27±0.84	26.79±0.67	0.947 8
肾脏指数 Kidney index	5.80±0.19	5.86±0.16	5.79±0.10	5.74±0.12	0.954 3
脾脏指数 Spleen index	0.41±0.02	0.32±0.04	0.34±0.04	0.44±0.04	0.091 2

### 2.4 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉物理性状的影响

由表6可以看出, 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉肉色红度 ( $a^*$ ) 和黄度 ( $b^*$ ) 值有显著影响 ( $P<0.05$ ), 15% 替代组显著高

于对照组 ( $P<0.05$ )。饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉 pH、亮度 ( $L^*$ ) 值、剪切力、滴水损失、失水率、熟肉率等物理性状影响均无显著影响 ( $P>0.05$ )。

表6 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉物理性状的影响

Table 6 Effects of different ratios of ginger straws replacing peanut seedlings in diets on muscle physical properties of *Laiwu* black rabbits

项目 Items	替代比例 Substitution ratio/%				P 值 P-value
	0(对照 Control)	5	10	15	
pH	6.26±0.02	6.31±0.01	6.25±0.01	6.27±0.04	0.285 7
亮度 $L^*$	60.47±0.61	58.37±1.11	59.98±1.95	58.36±0.82	0.519 6
红度 $a^*$	5.86±0.46 <sup>b</sup>	6.70±0.41 <sup>b</sup>	6.94±0.29 <sup>ab</sup>	8.02±0.40 <sup>a</sup>	0.011 5
黄度 $b^*$	8.18±0.24 <sup>b</sup>	8.03±0.35 <sup>b</sup>	8.92±0.46 <sup>ab</sup>	9.60±0.59 <sup>a</sup>	0.048 8
剪切力 Shear force/kgf	2.68±0.06	2.62±0.10	2.60±0.11	2.58±0.10	0.894 4
滴水损失 Drip loss ratio/%	1.73±0.22	1.75±0.26	1.78±0.11	1.62±0.14	0.941 6
失水率 Water loss ratio/%	21.07±0.41	20.65±0.98	19.67±0.73	19.89±0.77	0.539 2
熟肉率 Cooked meat ratio/%	64.94±1.18	65.03±1.22	65.99±0.23	63.61±0.91	0.414 0

### 2.5 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉营养成分的影响

由表7可以看出, 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉中粗蛋白质、烟酸和  $\alpha$ -生育酚含量有显著影响 ( $P<0.05$ )。与对照组相比, 试验组肌肉中粗蛋白质、烟酸和  $\alpha$ -生育酚含量显著增加 ( $P<0.05$ ), 分别在 5%、10% 和 5% 替代组达到最大值。饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉干物质、粗脂肪、胆固醇、粗灰分和硫胺素含量无显著影响 ( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔生长性能的影响

家兔是一种小型草食性动物, 作为非反刍单胃草食动物, 具有能够消化多种天然牧草、农副产品、树枝树叶的能力。纤维是家兔饲料的主要成分之一, 粗饲料几乎占家兔全价配合饲料配方的 40%~50%。饲料中纤维可以刺激胃肠道的蠕动, 影响食糜排空速度, 在盲肠内微生物作用下产生

挥发性脂肪酸,维持肠道健康<sup>[23-25]</sup>。生姜秸秆是生姜成熟后的地上部分,含有大量纤维素,且难以被动物消化、吸收和利用。花生秧与生姜秸秆均为农作物副产物,且均为粗饲料原料。生姜秸秆和花生秧的干物质、粗脂肪、粗灰分、钙和磷含量相似,粗蛋白质含量低于花生秧(11.20% vs. 14.50%),中性洗涤纤维(52.00% vs. 42.00%)和酸性洗涤纤维含量(44.80% vs. 28.30%)高于花生秧,尤其是酸性洗涤纤维含量比花生秧高58.30%,木质素含量低于花生秧(6.90% vs. 11.00%)。因

此,生姜秸秆的营养价值低于花生秧,属于劣质粗饲料原料。本试验结果表明,饲料中适宜比例的生姜秸秆替代花生秧(5%和10%替代组)对育肥期莱芜黑兔生长性能无不良影响,这与饲料中添加一定比例的非常规饲料资源,如桑叶<sup>[3]</sup>、柑橘果皮<sup>[4]</sup>、木瓜叶<sup>[5]</sup>、柚叶<sup>[6]</sup>等报道结果基本一致。然而,15%替代组的采食量提高,生长速度变慢,饲料转化率降低,这与生姜秸秆的纤维含量高于花生秧、生姜秸秆营养价值低于花生秧密切相关。

表7 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉营养成分的影响

Table 7 Effects of different ratios of ginger straws replacing peanut seedlings in diets on muscle nutritional components of *Laiwu* black rabbits

项目 Items	替代比例 Substitution ratio/%				P 值 P-value
	0(对照 Control)	5	10	15	
干物质 Dry matter/%	26.30±0.10	25.84±0.27	25.71±0.23	26.08±0.14	0.191 1
粗蛋白质 Crude protein/%	21.78±0.30 <sup>b</sup>	23.86±0.42 <sup>a</sup>	23.06±0.38 <sup>a</sup>	23.04±0.36 <sup>a</sup>	0.008 8
粗脂肪 Ether extract/%	0.88±0.12	0.94±0.08	0.88±0.11	0.76±0.04	0.593 5
胆固醇 Cholesterol/(mg/kg)	444.46±19.57	447.49±10.36	428.48±15.47	457.47±15.41	0.625 5
粗灰分 Crude ash/%	1.31±0.13	1.15±0.07	1.20±0.10	1.29±0.06	0.587 9
烟酸 Nicotinic acid/(mg/kg)	7.39±0.22 <sup>b</sup>	8.44±0.33 <sup>a</sup>	8.81±0.43 <sup>a</sup>	8.56±0.33 <sup>a</sup>	0.041 6
α-生育酚 α-tocopherol/(mg/kg)	3.09±0.73 <sup>b</sup>	7.38±1.29 <sup>a</sup>	6.64±0.42 <sup>a</sup>	5.98±0.81 <sup>a</sup>	0.015 9
硫胺素 Thiamine/(mg/kg)	0.58±0.01	0.64±0.01	0.67±0.03	0.63±0.03	0.136 0

### 3.2 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔屠宰性能的影响

屠宰率是评定畜禽产肉性能的重要指标之一,广泛应用于国内外畜禽生产和科学研究中,其高低与计算方法密切相关。目前,国内家兔屠宰率通常使用胴体重/肉兔宰前活重的百分比表示,其中胴体重分为全净膛胴体重和半净膛胴体重,因此屠宰率又有全净膛屠宰率和半净膛屠宰率。然而国外通常将活兔放血、去皮、尾、前脚(腕关节以下)、后脚(跗关节以下)、胃肠道以及泌尿生殖道后定义为商业胴体,即在全净膛胴体的基础上,保留头、心脏、肺脏、气管、食管、胸腺、肝脏、肾脏和腹壁脂肪<sup>[26]</sup>。商业屠宰率即为商业胴体重占宰前活重的百分比。商业胴体不仅符合鲜活市场兔肉销售习惯,还可减少因胴体测定的人为操作误差对屠宰率测定带来的影响<sup>[27]</sup>。在不影响生长速度下降情况下,饲料纤维含量的升高一般不会对屠宰率产生显著的影响<sup>[28]</sup>。本研究发现,随着饲料生姜秸秆替代花生秧比例升高,莱芜黑兔商业

胴体重、半净膛胴体重和全净膛胴体重随之降低,这与宰前活体重随着饲料生姜秸秆替代花生秧比例升高有降低趋势密切相关。另外,饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔宰前活体重、商业屠宰率、半净膛屠宰率和全净屠宰率无显著影响,这与饲料中添加一定比例的非常规饲料资源,如桑叶<sup>[3]</sup>、柑橘果皮<sup>[4]</sup>、木瓜叶<sup>[5]</sup>、柚叶<sup>[6]</sup>等报道结果基本一致。

### 3.3 饲料不同生姜秸秆替代花生秧比例对莱芜黑兔肌肉品质的影响

肉用动物的肌肉品质反映了肉的消费性能和潜在营养价值。目前,评价肌肉品质物理性状的指标主要有pH、嫩度(剪切力)、肉色、保水性能(滴水损失、失水率)、蒸煮损失(熟肉率)等。唐中海等<sup>[29]</sup>报道添加油橄榄叶能显著影响獭兔肉的品质,延缓肌肉pH下降,增加獭兔肌肉持水性,降低兔肉蒸煮损失,增加肉嫩度,影响肌肉颜色。然而本研究发现,饲料中生姜秸秆以不同比例替代花生秧对莱芜黑兔肌肉pH、剪切力、滴水损失、失

水率、熟肉率等物理性状均无显著影响,这与苜蓿秸秆、甜菜渣、橄榄油作为家兔粗饲料原料对其肌肉品质的影响结果<sup>[30-32]</sup>基本一致。兔肉化学指标则与兔肉营养价值密切相关。兔肉营养价值在很大程度上取决于家兔饲料营养水平,饲料不同营养成分对兔肉品质影响并不完全相同。徐兴军等<sup>[33]</sup>研究报道,马铃薯渣发酵饲料能够提高兔肉蛋白质的利用率,增加肌肉中脂肪的含量。黄秀声等<sup>[34]</sup>研究报道,山地豆科牧草能够增加兔肉肌肉中必需氨基酸含量。本研究发现,生姜秸秆替代花生秧能够增加肌肉中粗蛋白质、烟酸和 $\alpha$ -生育酚含量。

肌肉的颜色主要是由肌红蛋白和血红蛋白决定的,在肉兔屠宰充分放血后,肌红蛋白化学存在形式及构成比例是构成肉色的决定因素,肉色的变化与肌红蛋白的氧化密切相关<sup>[35]</sup>。肌肉中维生素等抗氧化成分可以抑制氧合肌红蛋白被氧化为高铁肌红蛋白,同时还可抑制脂肪的氧化,改善肌肉颜色功能<sup>[36]</sup>。Arnold等<sup>[37]</sup>研究表明,新鲜牛肉的肉色稳定性和脂质稳定性会随 $\alpha$ -生育酚含量的增加而增加,且 $\alpha$ -生育酚可维持富含n-3脂肪酸的牛排的氧化稳定性,减轻酸败<sup>[38]</sup>。Ma等<sup>[39]</sup>对影响肉色和氧化的相关代谢物分析表明烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NAD)含量与 $a^*$ 值呈显著正相关。本研究发现,15%替代组 $a^*$ 和 $b^*$ 值显著高于对照组,这可能与生姜秸秆中的特殊营养成分能够增加肌肉中烟酸和 $\alpha$ -生育酚含量有关。

## 4 结 论

饲料中生姜秸秆以适宜比例替代花生秧对莱芜黑兔的屠宰性能和肌肉品质无明显不良影响,且能提高兔肉中蛋白质、烟酸和 $\alpha$ -生育酚含量。因此,生姜秸秆可用作家兔饲料原料,但由于生姜秸秆中纤维含量偏高,使用比例不宜过高,以5%~10%为宜。

## 参考文献:

[1] 高强,孙志民,张成保.大姜秸秆的应用现状、对策及技术展望[J].农业装备与车辆工程,2019,57(增刊):178-181.  
GAO Q, SUN Z M, ZHANG C B. Current situation, countermeasures and technology prospect of ginger straw[J]. Agricultural Equipment and Vehicle Engineering,

2019, 57(Suppl.): 178-181. (in Chinese)

[2] 刘婷婷,陈宝江.2018年国内家兔饲料研究进展[J].中国养兔,2019(6):18-20,24.  
LIU T T, CHEN B J. Research progress of domestic rabbit feed in 2018[J]. Chinese Journal of Rabbit Farming, 2019(6): 18-20, 24. (in Chinese)

[3] PRASAD R, MISRA A K, SANKHYAN S K, et al. Growth performance and caecal fermentation in growing rabbits fed on diets containing graded levels of mulberry (*Morus alba*) leaves[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2003, 16(9): 1309-1314.

[4] HENRY A J, WILLIAM G A, EFFIONG O O. Linear body measurements and carcass characteristics of rabbits fed orange (*Citrus sinensis*) waste meal as alternative fibre source in diet[J]. Advances in Natural Science, 2013, 6(1): 20-24.

[5] ADERINBOYE R Y, OLADEJI O T, ABAIRE M A, et al. Performance of weaner rabbits fed a concentrate diet supplemented with pawpaw leaves[J]. Tropical Animal Health and Production, 2015, 47(2): 323-329.

[6] 田刚,谢文梅,余冰,等.饲料中不同水平柚叶对生长兔兔生长性能、饲料养分全肠表观消化率和屠宰性能的影响[J].动物营养学报,2016,28(4):1145-1151.  
TIAN G, XIE W M, YU B, et al. Effects of different levels of pummelo leaves in diets on growth performance, total tract apparent digestibility of nutrients in diets and slaughter performance of growing rabbits[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(4): 1145-1151. (in Chinese)

[7] 陆小虹,冯清泉.花生秧粉代替苜蓿草粉对兔饲养效果的初步观察[J].上海实验动物科学,1995,15(4):233-234.  
LU X H, FENG Q Q. Preliminary observation on the feeding effect of peanut seedling powder instead of alfalfa powder on rabbits[J]. Shanghai Laboratory Animal Science, 1995, 15(4): 233-234. (in Chinese)

[8] 马佳,郭东新,田河,等.花生秧在肉兔中的表观消化能和主要养分消化率的评定[J].饲料工业,2010,31(21):62-64.  
MA J, GUO D X, TIAN H, et al. Evaluation of apparent digestibility and digestibility of main nutrients of peanut seedlings in meat rabbits[J]. Feed Industry, 2010, 31(21): 62-64. (in Chinese)

[9] 田小蜜,苏加义.用花生藤粉饲喂繁殖獭兔的应用研

- 究[J].安徽农学通报,2009,15(9):189,211.
- TIAN X M, SU J Y. Study on the application of peanut vine powder in breeding Rex rabbits [J]. Anhui Agricultural Bulletin, 2009, 15(9): 189, 211. (in Chinese)
- [10] 李海利.不同替代比例的花生秧、玉米和豆粕对生长獭兔营养物质表观消化率的影响[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2015.
- LI H L. Effects of peanut seedlings, corn and soybean meal with different substitution ratios on apparent digestibility of nutrients in growing Rex rabbits [D]. Master's Thesis. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [11] 杨在宾,于彩云,周雪梅,等.生姜粉在饲料储藏和畜禽生产中应用研究进展[J].饲料工业,2018,39(18):1-8.
- YANG Z B, YU C Y, ZHOU X M, et al. Research progress of application of ginger powder in feed storage and livestock production [J]. Feed Industry, 2018, 39(18): 1-8. (in Chinese)
- [12] NRC. Nutrient requirements of rabbits [S]. 2nd ed. Washington, D. C.: National Academy of Science, 1977.
- [13] DE BLAS C, WISEMAN J. The nutrition of the rabbit [M]. New York: CABI Publishing, 1998: 297-308.
- [14] 刘公言,孙海涛,刘策,等.饲料不同粗饲料原料对闽西南黑兔屠宰性能和肌肉品质的影响[J].动物营养学报,2020,32(9):4277-4284.
- LIU G Y, SUN H T, LIU C, et al. Effects of different roughage material diets on slaughter performance and muscle quality of *Minxinan* black rabbits [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(9): 4277-4284. (in Chinese)
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.GB 5009.3—2016 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,2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 5009.3—2016, Determination of moisture in food [S]. Beijing: China Standards Press, 2017. (in Chinese)
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.GB 5009.5—2016 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,2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, State Food and Drug Control Management Administration. GB 5009.5—2016 Determination of protein in food [S]. Beijing: China Standards Press, 2017. (in Chinese)
- [17] 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 14772—2008 食品中粗脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2009.
- State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China, China Standardization Administration. GB/T 14772—2008 Determination of crude fat in foods [S]. Beijing: China Standards Press, 2009. (in Chinese)
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.GB 5009.128—2016 食品安全国家标准 食品中胆固醇的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China, State Food and Drug Control Management Administration. GB 5009.128—2016 Determination of cholesterol in food [S]. Beijing: China Standards Press, 2017. (in Chinese)
- [19] 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 9695.18—2008 肉与肉制品 总灰分测定[S].北京:中国标准出版社,2009.
- State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China, China Standardization Administration. GB/T 9695.18—2008 Determination of total ash in meat and meat products [S]. Beijing: China Standards Press, 2009. (in Chinese)
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.GB 5009.89—2016 食品安全国家标准 食品中烟酸和烟酰胺的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China, State Food and Drug Control Management Administration. GB 5009.89—2016 Determination of nicotinic acid and nicotinamide in food [S]. Beijing: China Standards Press, 2016. (in Chinese)
- [21] 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 9695.30—2008 肉与肉制品 维生素E含量测定[S].北京:中国标准出版社,2009.
- State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China, China Standardization Administration. GB/T 9695.30—2008 Determination of vitamin E in meat and meat products [S]. Beijing: China Standards Press, 2009. (in Chinese)
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.GB/T

- 5009.84—2003 食品中硫胺素(维生素 B<sub>1</sub>)的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.
- State Bureau of Technical Supervision of the People's Republic of China.GB/T 5009.84—2003 Determination of thiamine (Vitamin B<sub>1</sub>) in food[S].Beijing: China Standards Press,2004. (in Chinese)
- [23] DE BLAS J C, GARCÍA J, CARABAÑO R. Role of fiber in rabbit diets. A review[J]. *Annales de Zootechnie*, 1999, 48(1): 3-13.
- [24] GIDENNE T, JEHL N, LAPANOUSE A, et al. Inter-relationship of microbial activity, digestion and gut health in the rabbit: effect of substituting fibre by starch in diets having a high proportion of rapidly fermentable polysaccharides [J]. *British of Nutrition*, 2004, 92(1): 95-104.
- [25] GÓMEZ-CONDE M S, DE ROZAS A P, BADIOLA I, et al. Effect of neutral detergent soluble fibre on digestión, intestinal microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits[J]. *Livestock Science*, 2009, 125(2/3): 192-198.
- [26] BLASCO A, OUHAYOUN J, MASOERO G. Status of rabbit meat and carcass: criteria and terminology[J]. *Options Méditerranéennes-Série Séminaires*, 1992, 4(17): 105-120.
- [27] 李丛艳, 雷岷, 唐良美. 关于家兔屠宰率测定方法的研讨[J]. *中国养兔*, 2018(3): 21-24.
- LI C Y, LEI M, TANG L M. Discussion on the determination method of rabbit slaughter rate[J]. *Chinese Journal of Rabbit Farming*, 2018(3): 21-24. (in Chinese)
- [28] OUHAYOUN J. La composition corporelle du lapin[J]. *INRA Productions Animales*, 1989, 2(3): 215-226.
- [29] 唐中海, 马纓, 涂朝勇, 等. 日粮中不同油橄榄叶添加水平对育肥獭兔肉质及抗氧化能力的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(15): 274-278.
- TANG Z H, MA Y, TU C Y, et al. Effects of different dietary olive leaf levels on meat quality and antioxidant capacity of Rex rabbits during fattening period[J]. *Food Science*, 2012, 33(15): 274-278. (in Chinese)
- [30] 樊爱芳, 王芳, 上官明军, 等. 饲料中添加苜蓿秸秆对肉兔生产性能、屠宰性能和肉品质的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2020, 56(1): 135-137, 152.
- FAN A F, WANG F, SHANGGUAN M J, et al. Effect of naked oat straw in diet on production performance and slaughter performance of meat rabbits and meat quality[J]. *Chinese Journal of Animal Husbandry*, 2020, 56(1): 135-137, 152. (in Chinese)
- [31] GARCÍA G, GÁLVEZ J F, DE BLAS C. Effect of substitution of sugarbeet pulp for barley in diets for finishing rabbits on growth performance and on energy and nitrogen efficiency [J]. *Journal of Animal Science*, 1993, 71(7): 1823-1830.
- [32] DAL BOSCO A, MOURVAKI E, CARDINALI R, et al. Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits[J]. *Meat Science*, 2012, 92(4): 783-788.
- [33] 徐兴军, 张伟伟, 吕建伟, 等. 马铃薯渣发酵饲料对肉兔生产性能及肉品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(11): 5005-5006, 5019.
- XU X J, ZHANG W W, LYU J W, et al. Effect of fermented feed from potato residue on meat rabbits performance and meat quality[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(11): 5005-5006, 5019. (in Chinese)
- [34] 黄秀声, 应朝阳, 翁伯琦, 等. 山地豆科牧草草粉对兔肉质影响效果研究[J]. *家畜生态学报*, 2009, 30(5): 84-88, 93.
- HUANG X S, YING C Y, WENG B, et al. Effects of feeding leguminous grass powder on rabbit meat quality[J]. *Journal of Livestock Ecology*, 2009, 30(5): 84-88, 93. (in Chinese)
- [35] 姚国佳. *PPAR $\delta$*  和 Myoglobin 基因表达对猪肉色的影响及机制研究[D]. 博士学位论文. 杭州: 浙江大学, 2011.
- YAO G. Effects of *PPAR $\delta$*  and Myoglobin gene expression on pork color and its mechanism[D]. Ph.D. Thesis. Hangzhou: Zhejiang University, 2010. (in Chinese)
- [36] YANG A, LANARI M C, BREWSTER M, et al. Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement [J]. *Meat Science*, 2002, 60(1): 41-50.
- [37] ARNOLD R N, ARP S C, SCHELLER K K, et al. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef [J]. *Journal of Animal Science*, 1993, 71(1): 105-118.
- [38] JUÁREZ M, DUGAN M E R, ALDAI N, et al. Beef quality attributes as affected by increasing the intramuscular levels of vitamin E and omega-3 fatty acids [J]. *Meat Science*, 2012, 90(3): 764-769.
- [39] MA D, KIM Y H B, COOPER B R, et al. Metabolomics profiling to determine the effect of postmortem aging on color and lipid oxidative stabilities of different bovine muscles [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, 65(31): 6708-6716.

## Effects of Different Ratios of Ginger Straws Replacing Peanut Seedlings in Diets on Growth Performance, Slaughter Performance and Meat Quality of *Laiwu* Black Rabbits

LIU Gongyan<sup>1</sup> WANG Yong<sup>2</sup> ZHAO Guisheng<sup>2</sup> BAI Liya<sup>1</sup> LI Meng<sup>3</sup> SUN Haitao<sup>1\*</sup> XU Yunhua<sup>2\*</sup>

(1. *Animal Husbandry and Veterinary Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences; Shandong Key Laboratory of Animal Disease Control and Breeding, Jinan 250100, China*; 2. *Shandong Province Jinan Animal Husbandry Technology Extension Station, Jinan 250100, China*; 3. *Jinan Laiwu Black Rabbit Seed Industry Technology Co., Ltd., Jinan 250100, China*)

**Abstract:** The experiment was conducted to investigate the effects of different ratios of ginger straws replacing peanut seedlings in diets on growth performance, slaughter performance and meat quality of *Laiwu* black rabbits. A total of 160 fattening *Laiwu* black rabbits at 45 days of age were randomly divided into 4 groups with 5 replicates in each group and each replicate contained 8 rabbits (half male and half female). Rabbits in 4 groups were fed 0 (control), 5%, 10% and 15% ginger straws replacing peanut seedlings diets, respectively. The trial lasted for 7 days for adaptation, and 47 days for test. At the end of the experiment, one male rabbit and one female rabbit were slaughtered in each repetition, and slaughter performance was counted. Besides, the *longissimus dorsi* muscle was collected to detect muscle quality. The results showed as follows: 1) different ratios of ginger straw replacing peanut seedlings had no significant effects on the average daily gain (ADG) ( $P>0.05$ ), but had significant effects on the average daily feed intake (ADFI) and feed/gain (F/G) ( $P<0.05$ ). Compared with the control group, the ADFI in 15% replacement group significantly increased ( $P<0.05$ ), and the F/G significantly decreased ( $P<0.05$ ). 2) Different ratios of ginger straw replacing peanut seedlings had significant effects on commercial carcass weight, half-carcass weight and all-carcass weight of *Laiwu* black rabbits ( $P<0.05$ ). The commercial carcass weight, half-carcass weight and all-carcass weight in 15% replacement group was significantly lower than those in the control group ( $P<0.05$ ). 3) Different ratios of ginger straw replacing peanut seedlings had significant effects on the redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) values of *Laiwu* black rabbits ( $P<0.05$ ), and the  $a^*$  and  $b^*$  values in 15% replacement group were significantly higher than those in control group ( $P<0.05$ ). 4) Different ratios of ginger straw replacing peanut seedlings had significant effects on the contents of crude protein, nicotinic acid and  $\alpha$ -tocopherol in muscle in *Laiwu* black rabbits ( $P<0.05$ ). Compared with the control group, the contents of crude protein, nicotinic acid and  $\alpha$ -tocopherol in the muscle of the experimental groups significantly increased ( $P<0.05$ ), and reaching the maximum at 5%, 10% and 5% substitution levels, respectively. Replacing peanut seedlings with optimum ratio ginger straws in diet has no obvious adverse effects on growth performance and meat quality of *Laiwu* black rabbits, and can increase nutritive value in muscle. Therefore, ginger straw can be used as rabbit's feed raw material, but due to the high fiber content in ginger straw, the use ratio should not be too high, and it is suitable for use as 5% to 10%. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(3):1633-1642]

**Key words:** ginger straws; *Laiwu* black rabbits; growth performance; slaughter performance; meat quality

\* Corresponding authors: SUN Haitao, associate professor, E-mail: www8888@163.com; XU Yunhua, professor, E-mail: lwxmjstgzx@163.com (责任编辑 陈鑫)