

日粮纤维源对四川白鹅腿肌品质及营养成分的影响

陈霏瑶¹, 何航², 向邦全², 武秋申¹, 田旭¹, 章杰¹, 廖勤丰^{2,*}

(1.西南大学动物科学学院, 重庆 402460; 2.重庆三峡职业学院动物科技学院, 重庆 404155)

摘要: 选取1日龄健康的四川白鹅120只, 随机分为苜蓿组、黑麦草组、燕麦草组和花生秧组, 每组设3个重复, 每个重复10只鹅, 实验期共70 d, 探究不同纤维源日粮对鹅腿肌品质和营养成分的影响。结果表明: 花生秧组肌肉的 $\text{pH}_{24\text{h}}$ 极显著高于其他处理组 ($P < 0.01$); 黑麦草组肌肉色度值 (C) 极显著高于其他处理组 ($P < 0.01$), 但色调值 (H) 极显著低于其他处理组 ($P < 0.01$); 苜蓿组、黑麦草组、燕麦草组肌肉的剪切力值无显著差异 ($P > 0.05$); 花生秧组肌肉的蒸煮损失率和滴水损失率极显著高于其他处理组 ($P < 0.01$); 黑麦草组肌肉的水分含量显著高于花生秧组和苜蓿组 ($P < 0.05$); 花生秧组肌肉的粗蛋白含量极显著低于其他处理组 ($P < 0.01$); 苜蓿组和黑麦草组肌肉的粗脂肪含量极显著高于燕麦草组和花生秧组 ($P < 0.01$); 苜蓿草组肌肉的缬氨酸含量极显著高于黑麦草组 ($P < 0.01$); 花生秧组肌肉的苯丙氨酸含量最低, 苜蓿草组氨基酸总量最高; 除缬氨酸外, 各组必需氨基酸的氨基酸评分均大于1, 对于化学评分而言, 除赖氨酸外, 其他氨基酸评分均小于1, 必需氨基酸指数以苜蓿组最大, 花生秧组最小。饲以苜蓿源纤维有利于提高四川白鹅肌肉品质及营养成分。

关键词: 纤维源; 四川白鹅; 肉品质; 营养成分; 氨基酸

Effects of Dietary Fiber Sources on Thigh Muscle Quality and Nutritional Composition of Sichuan White Geese

CHEN Peiyao¹, HE Hang², XIANG Bangquan², WU Qiushen¹, TIAN Xu¹, ZHANG Jie¹, LIAO Qinfeng^{2,*}

(1.College of Animal Science, Southwest University, Chongqing 402460, China;

2.College of Animal Science and Technology, Chongqing Three Gorges Vocational College, Chongqing 404155, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of different dietary fiber sources on the quality and nutritional composition of thigh muscle from Sichuan white geese. A total of 120 one-day-old healthy geese were divided into four groups with three replicates of 10 animals each, which received dietary supplementation of alfalfa, ryegrass, oat grass and peanut seedlings for 70 days, respectively. The results showed that the muscle $\text{pH}_{24\text{h}}$ of the peanut seedling group increased significantly compared with the other groups ($P < 0.01$). The muscle chroma value (C) of the ryegrass group was significantly higher than that of the remaining groups ($P < 0.01$), while the hue value (H) was significantly lower ($P < 0.01$). There existed no significant difference in shear stress value between all groups except the peanut seedling group ($P > 0.05$). The cooking loss rate and drip loss rate of the peanut seedling group were significantly higher than those of any other groups ($P < 0.01$). The water content of the ryegrass group was significantly higher than that of the peanut seedling and alfalfa groups ($P < 0.05$). The crude protein content in the peanut seedling group was significantly lower than that in any other groups ($P < 0.01$). The crude fat content in the ryegrass and alfalfa groups was significantly higher compared with the other two groups ($P < 0.01$). Amino acid composition demonstrated that the valine content of the alfalfa group was significantly higher than that of the ryegrass group ($P < 0.01$); the phenylalanine content in the peanut seedling group was the lowest and the total amino acid in the alfalfa group was the highest. The essential amino acid scores (except valine) of each group were greater than 1, and the chemical scores for all amino acids except lysine were also less than 1. Essential amino acid

收稿日期: 2019-04-03

基金项目: 重庆市教委科学技术研究项目 (KJ1733440)

第一作者简介: 陈霏瑶 (1998—) (ORCID: 0000-0002-7702-1489), 女, 本科生, 研究方向为家禽饲养管理。

E-mail: 410051568@qq.com

*通信作者简介: 廖勤丰 (1980—) (ORCID: 0000-0003-4082-4824), 男, 副教授, 博士, 研究方向为兽医微生物与免疫。

E-mail: lqf1980love@126.com

index (EAAI) was the largest in the alfalfa group and smallest in the peanut seedling group. The above findings showed that feeding alfalfa fiber could improve the muscle quality and nutrients of Sichuan white geese.

Keywords: fiber source; Sichuan white geese; meat quality; nutrient composition; amino acid

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190403-072

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2019) 06-0013-06

引文格式:

陈霏瑶, 何航, 向邦全, 等. 日粮纤维源对四川白鹅腿肌品质及营养成分的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(6): 13-18.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190403-072 http://www.rlyj-net.cn

CHEN Peiyao, HE Hang, XIANG Bangquan, et al. Effects of dietary fiber sources on thigh muscle quality and nutritional composition of Sichuan white geese[J]. Meat Research, 2019, 33(6): 13-18. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20190403-072. http://www.rlyj-net.cn

粗纤维是植物细胞壁的主要组成成分, 包括纤维素、半纤维素、木质素及角质等, 具有水合性、黏性、可发酵性、阳离子交换能力、吸附和填充作用等理化性质, 可增加粪便的排除速度及体积^[1], 促进畜禽小肠及后肠系统的微生态发育^[2], 显著提高大多数营养素的利用率^[3-4]。鹅为草食水禽, 其腺胃、肌胃内的酸性环境有利于纤维的分解, 且盲肠相比其他家禽发达, 更适合肠道微生物的增殖, 从而提升对纤维的利用率^[5]。研究表明, 不同纤维源由于其粗纤维、酸性洗涤纤维等组成不同, 对畜禽的肠道微生物、生长性能^[6]及消化代谢^[7-8]等均有不同影响。但目前关于纤维源对鹅肌肉品质及营养成分的影响研究较少。因此, 本研究以四川白鹅为研究对象, 探究不同纤维源日粮对鹅腿肌品质和营养成分的影响, 旨在为生产中合理应用纤维源提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

选取120只体况基本一致的1日龄四川白鹅, 采用单因素试验设计, 随机分成4个处理组, 即苜蓿草粉、黑麦草粉、燕麦草粉和花生秧粉组, 每个处理设3个重复, 每个重复10只鹅。实验期为70 d, 自由采食和饮水, 4种草粉纤维含量见表1, 实验日粮组成及营养成分见表2。

表1 不同草粉的纤维含量
Table 1 Fiber contents of different forages

项目	苜蓿草粉	黑麦草粉	燕麦草粉	花生秧粉
粗纤维	24.57	27.06	23.49	21.59
中性洗涤纤维	52.01	50.52	49.71	46.45
酸性洗涤纤维	27.78	29.07	27.33	33.35
半纤维素	24.24	21.45	22.38	13.10

表2 日粮组成及营养成分
Table 2 Dietary composition and nutrients

项目	处理组			
	黑麦草粉	花生秧粉	苜蓿草粉	燕麦草粉
玉米	56.20	48.79	54.49	52.00
豆粕	15.00	16.00	15.00	16.00
小麦麸	4.13	5.00	5.00	2.00
苜蓿	0.00	0.00	19.09	0.00
燕麦草粉	0.00	0.00	0.00	20.79
黑麦草	17.50	0.00	0.00	0.00
花生秧	0.00	23.54	0.00	0.00
蚕蛹	2.00	2.45	2.00	4.43
赖氨酸盐酸盐	0.17	0.13	0.14	0.08
蛋氨酸	0.00	0.00	0.00	0.00
磷酸氢钙	1.00	0.90	0.99	0.95
石粉	0.80	0.00	0.10	0.55
盐	0.20	0.20	0.20	0.20
预混料	3.00	3.00	3.00	3.00
合计	100.00	100.00	100.00	100.00
代谢能/(MJ/kg)	10.60	10.37	10.50	10.33
粗蛋白	14.71	14.80	15.00	14.73
粗纤维	6.90	6.80	6.80	6.80
总钙	0.80	0.90	0.81	0.78
有效磷	0.38	0.38	0.38	0.44
赖氨酸	0.83	0.85	0.85	0.85
蛋氨酸	0.31	0.34	0.33	0.34

注: 每千克预混料含VA 120 000 IU、VD 340 000 IU、VE 200 mg、VK 320 mg、VB₁ 130 mg、VB₂ 120 mg、VB₆ 60 mg、VB₁₂ 0.3 mg、生物素2 mg、烟酸400 mg、泛酸150 mg、叶酸12 mg、氯化胆碱4 500 mg、植酸酶6 000 U、赖氨酸0.3%、蛋氨酸2%、铜120 mg、铁1 000 mg、锌1 700 mg、锰1 600 mg、碘20 mg、硒4 mg、钙50 mg、磷25 mg、氯化钠30 mg。

1.2 仪器与设备

PB303-N电子精密天平 瑞士Mettler Toledo公司;
Testo 205肌肉pH值测试仪 德国Testo公司; AF790手持式成像分光色差仪 英国Lovibond公司; C-LM3B数显式肌肉嫩度仪 东北农业大学; A-1750马弗炉 美国Neytech公司; SER-148脂肪测定仪 意大利Velp公司; KJELTEC 2200凯氏定氮仪 瑞典Foss公司。



1.3 方法

1.3.1 样品处理

在实验结束前1 d, 每个处理组随机选择5只鹅屠宰, 取腿肌样品, 尽可能剔除鹅肌肉组织表面筋膜、可见脂肪和结蹄组织, 一部分样品切成大小约为5 cm×2 cm×2 cm的肉块, 用于物理性质测定, 另外一部分样品利用组织搅碎机搅碎、匀浆后用于化学组成分析。

1.3.2 指标测定

pH值: 屠宰后取肉样于4℃保存, 45 min和24 h后参照GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品pH值的测定》测定其pH值; 肉色: 利用色差仪直接测定肌肉亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*), 并利用公式(1)~(2)分别计算色度值(C)和色调值(H)。

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$H = \frac{a^*}{b^*} \quad (2)$$

蒸煮损失和滴水损失: 参照农业行业标准NY/T 1333—2007《畜禽肉质的测定》; 剪切力: 参照NY/T 1180—2006《肉嫩度的测定 剪切力测定法》; 水分: 参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》; 粗蛋白: 参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》; 粗脂肪: 参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》; 灰分: 参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》; 氨基酸: 参照GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》。

氨基酸评价: 根据联合国粮农组织/世界卫生组织(United Nations Food Agriculture Organization/World Health Organization, FAO/WHO)提出的氨基酸评分法, 对氨基酸进行评价, 氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemistry score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)按照公式(3)~(5)计算。

$$AAS = \frac{m_1}{m_2} \quad (3)$$

$$CS = \frac{m_1}{m_3} \quad (4)$$

$$EAAI = \sqrt{\frac{100a}{A} \times \frac{100b}{B}, \dots, \frac{100h}{H}} \quad (5)$$

式中: m_1 为样品氨基酸含量/%; m_2 为FAO/WHO评分标准中同种氨基酸含量/%; m_3 为鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量/%; n 为必需氨基酸个数; $a, b, \dots, h$ 为样品中必需氨基酸含量/%; $A, B, \dots, H$ 为全鸡蛋蛋白质必需氨基酸含量/%。

1.4 数据处理

每个指标重复测定3次, 所有结果以“平均值±标准差”表示; 采用Excel软件整理后, 用SPSS 20.0软件中

的One-Way ANOVA程序包对数据进行单因素方差分析, 如果存在显著差异, 用Duncan's法作多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 日粮纤维源对四川白鹅肌肉品质的影响

表3 不同日粮纤维源对四川白鹅腿肌肉品质的影响
Table 3 Effects of different dietary fiber sources on thigh muscle quality of Sichuan white geese

项目	苜蓿组	黑麦草组	燕麦草组	花生秧组
pH _{45 min}	5.74±0.08 ^a	5.77±0.16 ^a	5.67±0.09 ^a	5.80±0.16 ^a
pH _{24 h}	5.66±0.07 ^B	5.84±0.07 ^A	5.68±0.09 ^B	5.90±0.12 ^A
L^*	41.03±1.80 ^B	46.33±1.52 ^A	44.93±1.30 ^A	39.46±3.08 ^B
a^*	9.33±0.56 ^{AB}	9.90±1.03 ^A	9.63±0.76 ^A	8.52±0.59 ^B
b^*	12.73±0.15 ^B	13.71±0.75 ^A	8.99±0.38 ^C	9.30±0.65 ^C
C	15.79±0.30 ^B	16.93±0.90 ^A	13.19±0.43 ^C	12.62±0.72 ^C
H	0.73±0.05 ^C	0.72±0.08 ^C	1.08±0.12 ^A	0.92±0.07 ^B
剪切力/N	47.47±5.14 ^A	37.67±8.38 ^{AB}	46.16±5.26 ^A	29.11±6.39 ^B
蒸煮损失率/%	29.52±1.14 ^C	33.11±1.34 ^B	31.17±0.98 ^{BC}	36.25±2.14 ^A
滴水损失率/%	4.40±0.25 ^C	3.68±0.31 ^D	5.68±0.20 ^B	7.21±0.54 ^A

注: 同行小写字母不同, 表示差异显著($P < 0.05$); 同行大写字母不同, 表示差异极显著($P < 0.01$)。下同。

由表3可知: 各处理肌肉pH_{45 min}差异不显著($P > 0.05$), 但与pH_{45 min}相比较, 黑麦草组、燕麦草组和花生秧组的pH_{24 h}均出现上升趋势, 且黑麦草组与花生秧组pH_{24 h}极显著高于苜蓿组和燕麦草组($P < 0.01$); 黑麦草组肌肉 C 极显著高于其他处理组($P < 0.01$), 苜蓿组极显著高于燕麦草组和花生秧组($P < 0.01$); 黑麦草组和苜蓿组肌肉 H 极显著低于燕麦草组和花生秧组($P < 0.01$), 但黑麦草组和苜蓿组无显著差异($P > 0.05$); 花生秧组肌肉的剪切力极显著低于苜蓿组和燕麦草组($P < 0.01$), 苜蓿组、黑麦草组、燕麦草组之间差异不显著($P > 0.05$); 花生秧组肌肉的蒸煮损失极显著高于其他3组($P < 0.01$), 黑麦草组和燕麦草组之间差异不显著($P > 0.05$); 花生秧组肌肉的滴水损失极显著高于其他3组($P < 0.01$), 黑麦草组极显著低于其他3组($P < 0.01$)。

2.2 日粮纤维源对四川白鹅肌肉营养成分的影响

表4 不同日粮纤维源对四川白鹅腿肌营养成分含量的影响
Table 4 Effects of different dietary fiber sources on nutritional composition of thigh muscle of Sichuan white geese

项目	苜蓿组	黑麦草组	燕麦草组	花生秧组
水分含量	64.69±1.15 ^b	65.86±0.44 ^a	65.11±0.32 ^{ab}	64.54±1.03 ^b
灰分含量	1.86±0.08 ^A	1.54±0.12 ^{BC}	1.70±0.10 ^{AB}	1.48±0.09 ^C
粗蛋白含量	18.50±0.30 ^A	18.26±0.09 ^A	17.94±0.47 ^{AB}	17.53±0.54 ^B
粗脂肪含量	2.25±0.32 ^A	1.94±0.07 ^B	1.59±0.06 ^C	1.60±0.15 ^C

%

由表4可知：黑麦草组肌肉的水分含量显著高于苜蓿组和花生秧组 ($P<0.05$)；苜蓿组肌肉的灰分含量极显著高于黑麦草组和花生秧组 ($P<0.01$)，花生秧组极显著低于燕麦草组和苜蓿组 ($P<0.01$)，黑麦草组与燕麦草组无显著差异 ($P>0.05$)；花生秧组肌肉的粗蛋白含量显著低于其他3组 ($P<0.05$)；苜蓿组肌肉的粗脂肪含量极显著高于其他3组 ($P<0.01$)。

2.3 日粮纤维源对四川白鹅肌肉氨基酸含量的影响

表5 不同日粮纤维源对四川白鹅腿肌氨基酸含量的影响
Table 5 Effects of different dietary fiber sources on amino acid contents in thigh muscle of Sichuan white geese

氨基酸名称	苜蓿草组		黑麦草组		燕麦草组		花生秧组	
	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
天冬氨酸 (Asp)	1.43±0.29 ^a		1.24±0.02 ^a		1.26±0.01 ^a		1.26±0.01 ^a	
苏氨酸 (Thr)	0.64±0.02 ^a		0.63±0.00 ^a		0.62±0.00 ^a		0.63±0.01 ^a	
丝氨酸 (Ser)	0.58±0.02 ^a		0.56±0.04 ^a		0.61±0.10 ^a		0.50±0.01 ^a	
谷氨酸 (Glu)	2.30±0.48 ^a		2.07±0.05 ^a		2.05±0.03 ^a		2.07±0.05 ^a	
甘氨酸 (Gly)	0.83±0.20 ^a		0.73±0.07 ^a		0.63±0.23 ^a		0.79±0.17 ^a	
丙氨酸 (Ala)	0.81±0.02 ^a		0.82±0.03 ^a		0.83±0.14 ^a		0.82±0.04 ^a	
胱氨酸 (Cys)	0.16±0.02 ^a		0.14±0.02 ^{AB}		0.13±0.01 ^B		0.14±0.01 ^{AB}	
缬氨酸 (Val)	0.65±0.02 ^A		0.61±0.00 ^B		0.62±0.02 ^{AB}		0.63±0.02 ^{AB}	
蛋氨酸 (Met)	0.37±0.02 ^a		0.40±0.08 ^a		0.33±0.02 ^a		0.34±0.02 ^a	
异亮氨酸 (Ile)	0.70±0.02 ^a		0.66±0.04 ^a		0.71±0.14 ^a		0.60±0.01 ^a	
亮氨酸 (Leu)	1.12±0.03 ^a		1.12±0.05 ^a		1.13±0.05 ^a		1.05±0.01 ^a	
酪氨酸 (Tyr)	0.41±0.06 ^a		0.37±0.02 ^a		0.40±0.02 ^a		0.39±0.02 ^a	
苯丙氨酸 (Phe)	0.60±0.01 ^a		0.60±0.02 ^a		0.58±0.01 ^{AB}		0.57±0.17 ^B	
赖氨酸 (Lys)	1.30±0.22 ^a		1.13±0.05 ^a		1.10±0.01 ^a		1.08±0.02 ^a	
氮	0.24±0.03 ^a		0.22±0.01 ^a		0.23±0.01 ^a		0.23±0.02 ^a	
组氨酸 (His)	0.38±0.02 ^a		0.37±0.02 ^a		0.38±0.02 ^a		0.38±0.02 ^a	
精氨酸 (Arg)	0.84±0.01 ^a		0.87±0.04 ^a		0.86±0.02 ^a		0.82±0.01 ^a	
脯氨酸 (Pro)	0.52±0.04 ^a		0.58±0.09 ^a		0.51±0.01 ^a		0.51±0.02 ^a	
氨基酸总量	13.91±0.65 ^A		13.12±0.13 ^{AB}		12.97±0.19 ^{AB}		12.80±0.11 ^B	

由表5可知，鹅腿肌含17种氨基酸，其氨基酸组成合理。不同纤维源日粮对四川白鹅腿肌胱氨酸和苯丙氨酸含量影响显著 ($P<0.05$)，对缬氨酸和氨基酸总量影响极显著 ($P<0.01$)，对其他氨基酸含量影响不显著 ($P>0.05$)。其中，胱氨酸含量在苜蓿草组最高，为0.16%，燕麦草组最低，为0.13%；苜蓿草组缬氨酸含量极显著高于黑麦草组 ($P<0.01$)，其他2组差异不显著 ($P>0.05$)；花生秧组的苯丙氨酸含量最低，分别低于苜蓿草组、黑麦草组和燕麦草组0.03%、0.03%、0.01%；苜蓿草组氨基酸总量最高，达13.91%。

2.4 日粮纤维源对四川白鹅肌肉氨基酸评分的影响

由表6可知：除缬氨酸外，各组必需氨基酸AAS均大于1；对于CS而言，除赖氨酸外，其他氨基酸评分均小于1；EAAI以苜蓿草组最大，为74.42，花生秧组最小，为71.79。

表6 日粮纤维源对四川白鹅腿肌氨基酸评分的影响
Table 6 Effect of different dietary fiber sources on amino acid scores of thigh meat protein from Sichuan white geese

必需氨基酸	苜蓿草组		黑麦草组		燕麦草组		花生秧组	
	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
苏氨酸	1.16	0.87	1.15	0.86	1.15	0.87	1.19	0.89
缬氨酸*	0.88	0.55	0.83	0.52	0.86	0.54	0.90	0.56
异亮氨酸	1.26	0.68	1.21	0.65	1.33	0.71	1.14	0.61
亮氨酸	1.01	0.77	1.03	0.79	1.05	0.81	1.00	0.77
赖氨酸	1.56	1.30	1.38	1.15	1.37	1.14	1.37	1.14
苯丙氨酸+酪氨酸	1.10	0.60	1.07	0.59	1.10	0.60	1.10	0.60
蛋氨酸+半胱氨酸	1.15	0.64	1.17	0.65	1.03	0.57	1.10	0.61
EAAI	74.42		72.03		72.40		71.79	

注：*，第一限制性氨基酸。

3 讨论

3.1 日粮纤维源对四川白鹅肌肉常规品质的影响

肉品质是一个复杂的性状，其主要评价指标包括肌肉pH值、肉色、嫩度、系水力等。肌肉pH值反映动物屠宰后肌糖原酵解速率和强度，其直接影响肉的颜色、嫩度、保水性和贮藏期^[9]，宰后45~60 min的pH值是公认的区分正常肉和异常肉的重要指标^[10]，鹅肉宰后45 min后，其pH值在5.5~6.0之间，属于正常范围。本研究宰后45 min鹅肉pH值为5.6~5.8，表明鹅肉正常。宰后动物由于肌肉缺氧，将肌糖原转变为乳酸积累在肌肉中，导致pH值下降^[11]。本研究中，除苜蓿组外，其他各处理组pH_{24h}略有升高，原因可能与鹅腿肌排酸速率有关，其可能在24 h内完成排酸，因此pH_{24h}略有升高，但具体机制有待进一步研究。

肉的颜色决定了消费者的购买欲望，是人们评价肉质的最直观指标^[12]。肌肉的色泽主要取决于肌肉中血红蛋白和肌红蛋白的含量和比例。日粮中的含铁量、肌肉中血液和氧供应量的多少决定了肌红蛋白的含量，从而影响肌肉颜色。在评价肉色时，常用C值和H值，C值越高，H值越低，表明肉的颜色越佳^[13]。本研究中，苜蓿组和黑麦草组C值最高，H值最低，因此二者肉色最佳，其原因可能是苜蓿和黑麦草中的铁含量丰富，且更容易被机体吸收和利用；肉色越深，pH值越高，反之则越低^[14]，本研究中，肉色与pH值的变化趋势符合前人报道。

嫩度反映切断一定厚度肉块所需要的作用力大小，由肌肉中的各种蛋白质结构特性所决定，是消费者评判肉质优劣的常用指标，通常用剪切力表示^[15]。剪切力与总胶原蛋白^[16]、肌纤维直径呈正相关，肌纤维越细，剪切力越小^[17]。本研究中，花生秧组剪切力最低，这可能是由于花生秧中VE和黄酮等活性物质含量丰富，提高了可降解肌原纤维相关酶的活性，进而加速肌肉熟化，提高肌肉嫩度^[18]。

系水力是肌肉组织保持水分的能力,它影响肉的嫩度、色泽、多汁性等特性。蒸煮损失是反映肉系水力的重要指标,肉经过加热后出现明显的汁液流失、体积变小、质量减轻等现象,其中流失的汁液包括自由水、脂肪、肌浆蛋白、可溶性胶原蛋白和肌浆等^[19]。滴水损失是指在只受重力作用时蛋白质系统释放的液体量,也称自由滴水^[20],其反映肌肉保水性。研究表明,肌肉保水性与饲料纤维含量有关,中性洗涤纤维含量越高,其肌肉保水性越好^[21]。本研究中,花生秧组蒸煮损失率及滴水损失率最高,保水性最差;苜蓿组、黑麦草组保水性均较好,这可能与苜蓿和黑麦草中性洗涤纤维含量较高,半纤维素含量也较高,进而提高了肌肉系水力有关,但具体机制有待进一步研究。

3.2 日粮纤维源对四川白鹅肌肉常规营养成分的影响

水分是肌肉中含量最多的成分,其含量高低直接影响畜禽鲜肉加工、贮藏和食用等品质,肉类水分含量过高,细菌、霉菌繁殖加剧,容易引起肉的变质。肌肉水分含量不同主要由肌肉对不易流动水的保持能力高低造成^[22]。水分含量越高,肉的多汁性越好。本研究中,黑麦草组水分含量显著高于苜蓿和花生秧组,这表明饲喂黑麦草纤维可能与提高鹅肉适口性有关,但具体机制有待进一步研究。

灰分由矿物质或无机盐类物质组成,其含量高低与肉中矿物质含量有关。一般认为,动物产品的灰分含量比较稳定^[23]。本研究中,各处理组之间灰分含量变化较小,这表明饲喂纤维对鹅腿肌矿物质含量可能无显著影响。

蛋白质是肌肉中重要的营养成分,其含量越高,表明肉的营养价值越好。本研究中,苜蓿组粗蛋白含量最高,这可能与苜蓿作为豆科牧草,其自身含有大量的可消化蛋白质有关,从而促进肌肉蛋白质的沉积。花生秧组粗蛋白含量极显著低于其他处理,原因可能是花生秧中含有的抗营养因子导致动物机体对蛋白质的利用率较低^[24],进而导致肌肉蛋白质沉积受到一定影响。

粗脂肪不仅是能量来源,而且还影响肉的风味^[25]。花生秧组脂肪含量较低,这可能是由于花生秧含有较多木质素和部分抗营养因子,对降解酸和碱催化水解具有抗性,导致消化道对脂肪吸收较少。本研究中,不同纤维源处理组之间粗脂肪含量存在差异,这可能是由于不同牧草含有的特殊活性成分具有差异,如苜蓿草富含皂苷和黄酮等,而燕麦草则富含多酚等活性物质,进而导致鹅对营养物质的消化吸收能力存在差异。

3.3 日粮纤维源对四川白鹅肌肉氨基酸含量的影响

氨基酸是维持生命的物质基础,它是蛋白质的基本组成单位,能维持机体正常的新陈代谢^[26]。饲料中的氨基酸被动物消化吸收后,主要在肌肉组织中氧化降解,故对肉质也有一定影响。本研究中,检出17种氨基酸,

表明鹅肉氨基酸组成丰富,但色氨酸未检出,其原因可能是酸水解将色氨酸分解。缬氨酸(Val)和苯丙氨酸(Phe)是人类的必需氨基酸。Val在转氨酶和 α 支链酮酸脱羧酶等作用下形成的产物进入丙酮酸-葡萄糖的糖异生途径,从而维持动物机体健康^[27],保证其产品的优质。本研究中,苜蓿组鹅腿肌缬氨酸含量最高,这表明在饲料中添加苜蓿草粉可能对动物机体健康有促进作用。Phe参与机体糖代谢和脂肪代谢,Phe缺乏时,可影响体内酪氨酸合成,导致甲状腺素水平降低,影响代谢活动。本研究中,苜蓿组Phe含量最高,表明苜蓿对防止甲状腺素过低有促进作用。肉的鲜美程度主要取决于呈味氨基酸(flavor amino acid, FAA)含量及比例,其中对肉鲜美程度起决定作用的是鲜味氨基酸^[28]。同时,Phe是鲜味氨基酸的主要组成成分,在其他氨基酸含量差异不显著的情况下,Phe对肉质提鲜具有很大的作用。

3.4 日粮纤维源对四川白鹅肌肉氨基酸评价的影响

氨基酸是蛋白质的基本组成单位,食品中必需氨基酸的数量、种类、组成和比例对蛋白质营养价值有显著影响,因此,生产中多用氨基酸评价来衡量食品中蛋白质的营养组成。本研究中,各处理组除缬氨酸外,其他6种必需氨基酸AAS均大于1;除赖氨酸外,其他必需氨基酸CS均小于1,这充分表明四川白鹅肉符合人体必需氨基酸的来源需求,是人们理想的膳食来源。本研究中,除蛋氨酸+半胱氨酸AAS和CS最大值集中在黑麦草组外,其他6种必需氨基酸AAS和CS最大值大多集中在苜蓿草组,这可能与苜蓿为豆科牧草,其含有大量植物蛋白,鹅盲肠微生物区系发达,能较好地转化植物蛋白供自身使用有关,同时也进一步验证了苜蓿作为“牧草之王”对草食动物具有较高营养供给的作用。AAS和CS可以有效反映蛋白质的限制性氨基酸缺乏度^[29]。本研究中,第一限制性氨基酸为缬氨酸,这与章杰等^[30]的研究基本一致。研究表明,EAAI与蛋白质的消化利用率呈正相关^[31]。本研究中,苜蓿组EAAI最大,表明在饲料中添加豆科类牧草,可以有效促进其对蛋白质的利用效率,原因主要与盲肠微生物区系有关。而花生秧组EAAI最低,这可能与花生秧含有某些抗营养物质有关,加之其酸性洗涤纤维含量较高,可能影响动物机体对蛋白质的吸收,但具体机制有待进一步研究。

4 结 论

不同纤维源对70日龄四川白鹅肉品质及营养成分的影响显著。总体来看,饲喂以苜蓿草为纤维源的日粮能有效改善四川白鹅肉品质,且具有一定保健功效,建议生产中在肉鹅饲料中适量添加苜蓿草粉。

参考文献:

- [1] 欧阳富龙, 张光磊, 彭媛媛, 等. 粗纤维饲料在单胃动物饲料中的应用[J]. 饲料研究, 2016(7): 5-9. DOI:10.13557/j.cnki-issn1002-2813-2016-07-002.
- [2] MATEOS G G, JIMENEZ M E, SERRANO M P, et al. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics[J]. The Journal of Applied Poultry Research, 2012, 21: 156-174. DOI:10.3382/japr.2011-00477.
- [3] AMERAH A M, RAVINDRAN V, LENTLE R G. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens[J]. British Poultry Science, 2009, 50: 366-375. DOI:10.1080/00071660902865901.
- [4] NIU Qing, LI Pinghua, HAO Shuaishuai, et al. Dynamic distribution of the gut microbiota and the relationship with apparent crude fiber digestibility and growth stages in pigs[J]. Scientific Reports, 2015, 5: 9938. DOI:10.1038/srep09938.
- [5] 周海柱. 鹅肠道菌群对日粮纤维响应规律及其功能研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2016: 1-15.
- [6] JIMENEZ M E, FRIKHA M, DE C S, et al. Oat hulls and sugar beet pulp for broiler diets: 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility Anim[J]. Animal Feed Science and Technology, 2013, 182: 33-43. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2013-03-011.
- [7] CHOCT M, HUGHES R J, WANG J, et al. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of nonstarch polysaccharides in chickens[J]. British Poultry Science, 1996, 37(3): 609-621. DOI:10.1080/00071669608417891.
- [8] LIU Q, ZHANG W M, ZHANG Z J, et al. Effect of fiber source and enzyme addition on the apparent digestibility of nutrients and physicochemical properties of digesta in cannulated growing pigs[J]. Animal Feed Science and Technology, 2016, 216(6): 262-272. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2016-04-002.
- [9] 刘太宇, 隋纪学, 程伟, 等. 高档牛肉不同条件下成熟WB-S、pH值的变化规律[J]. 郑州牧业工程高等专科学校学报, 1999, 19(3): 167-168.
- [10] WATANABE A, DALY C C, DEVINE C E. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing[J]. Meat Science, 1996, 42(1): 67-78. DOI:10.1016/0309-1740(95)00012-7.
- [11] VILLARROEL M, MARÍ A G A, SAÑUDO C, et al. Effect of transport time on sensorial aspects of beef meat quality[J]. Meat Science, 2003, 63(3): 353-357. DOI:10.1016/S0309-1740(02)00093-1.
- [12] KHLIJI S, VAN DE VEN R, LAMB T A, et al. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour[J]. Meat Science, 2010, 85(2): 224-229. DOI:10.1016/j.meatsci.2010-01-002.
- [13] CHEN B H, PENG H Y, CHEN H E. Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43(7): 1912-1918. DOI:10.1021/jf00055a029.
- [14] 苗燕, 武书庚, 齐广海, 等. 禽肉色泽影响因素研究进展[J]. 中国饲料, 2006(4): 8-10. DOI:10.3969/j.issn-1004-3314-2006-04-005.
- [15] 章杰, 邹朝文, 汪学荣, 等. 不同日龄鹅肉卤制后的理化性质[J]. 肉类研究, 2018, 32(6): 1-5. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201806001.
- [16] 舒鼎铭, 刘定发, 杨冬辉, 等. 鸡肉品质的评价方法[J]. 中国畜牧兽医, 2005, 32(4): 20-21. DOI:10.3969/j.issn-1671-7236-2005-04-008.
- [17] LI Chao, WANG Daoying, DONG Han, et al. Effect of final cooked temperature on tenderness, protein solubility and microstructure of duck breast muscle[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 51(1): 266-274. DOI:10.1016/j.lwt.2012.10-003.
- [18] 陈文雪, 王博, 齐胜利, 等. 苜蓿草粉替代花生秧对波尔山羊屠宰性能及肉品质的影响[J]. 草地学报, 2018, 26(5): 1241-1247. DOI:10.11733/j.issn-1007-0435-2018-05-029.
- [19] 计红芳, 张令文, 王方, 等. 加热温度对鹅肉理化性质、质构与微观结构的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 89-93. DOI:10.13995/j.cnki-11-1802/ts.201703016.
- [20] 刘冠勇, 罗欣. 影响肉与肉制品系水力因素之探讨[J]. 肉类研究, 2000, 14(3): 16-18.
- [21] 付晓悦. 甜高粱和玉米青贮饲粮育肥肉羊的养分利用与肉质性能研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2018: 28-35.
- [22] KRISTENSEN L, PURSLOW P P. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins[J]. Meat Science, 2001, 58(1): 17-23. DOI:10.1016/S0309-1740(00)00125-X.
- [23] BESERRA F J, MADRUGA M S, LEITE A M, et al. Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses[J]. Small Ruminant Research, 2004, 55(1): 177-181. DOI:10.1016/j.smallrumres.2004-02-002.
- [24] WOUT B, JUHN R, MARIE B. Lignin biosynthesis[J]. Annual Review of Plant Biology, 2003, 54: 519-546. DOI:10.1146/annurev-arplant.54-031902-134938.
- [25] 陈鹏, 程镜蓉, 陈之瑶. 鸡肉品质测定方法的研究进展[J]. 食品工业, 2016, 37(3): 244-247.
- [26] WU Guoyao. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition[J]. Amino Acids, 2009, 37(1): 1-17. DOI:10.1007/s00726-009-0269-0.
- [27] RICHERT B T, TOKACH M D, GOODBAND R D, et al. The effect of dietary lysine and valine fed during lactation on sow and litter performance[J]. Journal of Animal Science, 1997, 75(7): 1853-1860. DOI:10.2527/1997-7571853x.
- [28] KIRIMURA J, SHIMIZU A, KIMIZUKA A, et al. Contribution of peptides and amino acids to the taste of foods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1969, 17(4): 689-695. DOI:10.1021/jf60164a031.
- [29] 杨国青, 吴次南, 王华磊, 等. 蒸煮和微波加热对鲤鱼肌肉氨基酸含量的影响[J]. 山地农业生物学报, 2015, 34(2): 57-60. DOI:10.15958/j.cnki-sdnyswxb.2015-02-012.
- [30] 章杰, 何航, 揭晓蝶, 等. 四川白鹅氨基酸组成分析及营养评价[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 62-67. DOI:10.13652/j.issn-1003-5788-2018-09-013.
- [31] ALBANES A A. Protein and amino acid nutrition[M]. New York: Academic Press, 1959. DOI:10.1097/00000441-196107000-00042.